



ESCUELA DE TECNOLOGIA EN PRODUCCIÓN Y SEGURIDAD
INDUSTRIAL

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE APLICACIÓN DE PINTURA
Y SU INCIDENCIA EN LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN EN LA EMPRESA
MARESA ENSAMBLADORA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Tecnólogo en Producción y Seguridad Industrial.

Profesor Guía
Ing. Danny Trujillo

Autor
Edwin Daniel Cando Tipantuña

Año
2014

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUIA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódica con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los trabajos de titulación.”

Danny Trujillo
Ingeniero
C.C. 1720209962

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Edwin Daniel Cando Tipantuña
C.C.1717418501

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas a las que debo. Agradecer Durante toda mi formación.

A dios por darme la posibilidad de estudiar. Esta carrera.

A mi esposa e hijas por ser mi vida a mis padres por su apoyo

Incondicional.

A el ing. Dany Trujillo por su ayuda Incondicional en el desarrollo de este trabajo.

DEDICATORIA

A mi esposa e hijas por ser mi razón
de ser a mis padres por su apoyo
constante

RESUMEN

En este trabajo se realiza una propuesta para el mejoramiento del proceso de aplicación con el fin que se pueda mejorar el funcionamiento del área productiva con el fin de mejorar tiempos de ejecución de tareas y generar mayor satisfacción del cliente interno.

El presente trabajo pretende proponer un mejoramiento al proceso de aplicación de pintura en el área de pintura de la ensambladora Maresa, para este propósito se estructuró el documento de la siguiente forma.

Capítulo 1.- Este detalla las características del problema a bordar, así como los objetivos que se plantearon y el motivo de la propuesta de mejora.

Capítulo 2.- En este contiene todo el marco teórico en el que se basara para el desarrollo de la investigación.

Capítulo 3.- En este se nombra una breve historia de la empresa así como también se detalla los inconvenientes presentados en el proceso de pintura además en este también se realiza la propuesta de mejora para el proceso de pintura plásticos.

Capítulo 4.- En este se da las conclusiones del trabajo realizado a demás que se realiza recomendaciones para la mejora de otros factores que afectan al proceso.

ABSTRACT

This paper presents a proposal to improve the application process so that you can improve the performance of the productive area in order to improve execution times of tasks and generate greater internal customer satisfaction is realized.

This paper aims to propose an improvement to the process of application of paint in the painting area Maresa jointer, for this purpose the document was structured as follows.

Chapter 1 -. This issue features detailed embroidery and the proposed objectives and the reason for the proposed improvements.

Chapter 2 -. This contains all the theoretical framework on which to base the development of research.

Chapter 3 -. This a brief history of the company and details of the drawbacks presented in the painting process in this also refers the proposal to improve the process of painting plastic is also performed.

Chapter 4 -. Conclusions of this work to others advice on improving other factors affecting the process is carried out is given.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 ALCANCE.....	5
1.5 HIPOTESIS.....	5
2. MARCO TEORICO.....	6
2.1 ENSAMBLADORAS EN EL ECUADOR.....	6
2.1.3 Historia.....	6
2.2 PROCESOS.....	7
2.2.1 Definición.....	7
2.2.2 Características.....	7
2.2.3 Elementos.....	7
2.2.3.1 Input (entrada).....	7
2.2.3.3 Output (salida).....	8
2.3 TIPOS DE PROCESOS.....	8
2.3.1. Procesos por lote o partida.....	8
2.3.2. Procesos en línea.....	8
2.4 TIEMPO DE EJECUCIÓN.....	9
2.4.1 Estudio de tiempos.....	9
2.5 FLUJOGRAMAS.....	10
2.5.1 Ventajas.....	10
2.6 MEJORAMIENTO DE PROCESOS.....	11
2.6.1. Método sistemático.....	11
3. ANÁLISIS DE DATOS Y PROPUESTA.....	12
3.1 LA EMPRESA.....	12
3.1.1 Reseña histórica.....	12
3.1.2 Ubicación.....	13
3.1.3 Direccionamiento estratégico de la empresa.....	13
3.2. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	14
3.2.1. Soldadura.....	15
3.2.2. Metalfinish.....	15
3.2.3. Fosfato elpo.....	15
3.2.4. Pintura.....	15

3.2.5. Ensamblaje	16
3.3.1. Tratamiento superficial.....	17
3.3.2. Fondo (primer)	17
3.3.3. Esmalte (base primaria).....	18
3.3.4. Barniz (crear brillo).....	18
3.4. PROCESO FONDO (GOTTERT 1).....	20
3.4.1. Limpieza	21
3.4.2. Aplicación fondo.....	23
3.5. PROCESO DE PLASTICOS	24
3.5.1. Proceso de preparación.....	25
3.5.2. Proceso de limpieza.....	27
3.5.3 Proceso de aplicación base	29
3.5.4. Proceso de aplicación barniz	31
3.5.5. Horneo o secado.....	33
3.6. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN	33
3.6.1. Resumen de defectos	33
3.6.2. Pareto	35
3.6.3. Técnica del interrogatorio	37
3.7. PROPUESTA.....	37
3.7.2. Secuencia de actividades propuesta para el proceso de aplicación de fondo, base y barniz.....	40
3.7.3. La Técnica de aplicación	42
3.7.3.1. Posición de la pistola	42
3.7.3.2. Distancia de la pistola.....	42
3.7.3.3. Movimiento de la pistola	43
3.7.3.4. Traslape de las pasadas.....	43
3.7.3.5. Velocidad de la pistola	43
CAPITULO IV.....	44
4.1 CONCLUSIONES.....	44
4.2 RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS	46

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. SECUENCIA DE OPERACIONES DE LIMPIEZA DE CABINAS	20
TABLA 2. SECUENCIA DE OPERACIONES DE APLICACIÓN FONDO	20
TABLA 3. RESUMEN DE DEFECTOS	35
TABLA 4. SUMA DE FRECUENCIAS POR EVENTO	36
TABLA 5. PROPUESTA DE SECUENCIA DE OPERACIONES PARA APLICACIÓN DE BASE	40

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. COMPARACIÓN DE COSTOS POR REPARACIONES	2
FIGURA 2. RESUMEN DE DEFECTOS REPRESENTATIVOS ÚLTIMOS AÑOS.....	4
FIGURA 3. UBICACIÓN PLANTA MARESA ENSAMBLADORA.....	13
FIGURA 4. CABINA EN INICIO DEL PROCESO	16
FIGURA 5. FLUJO GRAMA DE DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES EN LA PLANTA DE PINTURA.....	19
FIGURA 6. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO ACTUAL DE LIMPIEZA DE CARROCERÍAS OPERARIOS 1Y 2 (LH) (RH).....	21
FIGURA 7. CÁMARA DE LIMPIEZA.....	22
FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO ACTUAL DE APLICACIÓN FONDO OPERARIOS 1Y 2 (LH) (RH).....	23
FIGURA 9. APLICACIÓN FONDO.....	24
FIGURA 10. PREPARACIÓN DE COCHES.....	25
FIGURA 11. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO ACTUAL DE PREPARACIÓN DE COCHES (G4).....	26
FIGURA 12. LIMPIEZA DE UNIDADES	27
FIGURA 13. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO ACTUAL DE LIMPIEZA DE UNIDADES.....	28
FIGURA 14. APLICACIÓN FONDO BASE	29
FIGURA 15. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ACTUAL DE APLICACIÓN FONDO Y BASE (G4).....	30
FIGURA 16. APLICACIÓN BARNIZ	31
FIGURA 17. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ACTUAL DE APLICACIÓN BARNIZ (G4)	32
FIGURA 18. HORNEO PLASTICOS	33
FIGURA 19. PARETO.....	36
FIGURA 20. GUARDACHOQUE DELANTERO	38
FIGURA 21. GUARDACHOQUE POSTERIOR.....	38
FIGURA 22. PARTES DE GUARDACHOQUE DELANTERO	39

FIGURA 23. PARTES DEL GUARDACHOQUE POSTERIOR	39
FIGURA 24. SECUENCIA PROPUESTA PARA APLICACIÓN DE FONDO	41
FIGURA 26. SECUENCIA PROPUESTA PARA APLICACIÓN DE BARNIZ	42

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Maresa la calidad en cada estación de trabajo es uno de los principales componentes de la cadena de ensamblaje. El montaje de la carrocería y del chasis, los acabados exteriores y la instalación de componentes electrónicos, mecánicos y accesorios son rigurosamente monitoreados sin embargo a pesar de los rigurosos filtros de calidad hay deficiencias que debemos mejorar en los procesos con la finalidad de optimizar procesos y generando un valor agregado que cumpla con estándares establecidos.

Dentro de los procesos de manufactura automotriz podemos encontrar que muchos de estos se realizan de forma manual por lo cual la probabilidad de que hayan fallos en el procesos operacionales son muy altos debido a muchos factores que inciden en el desarrollo de los mismos no basta con solo introducir filtros de inspección en los procesos sino que los procesos deben ser monitoreados constante mente para la consecución de los estándares establecidos de manufactura.

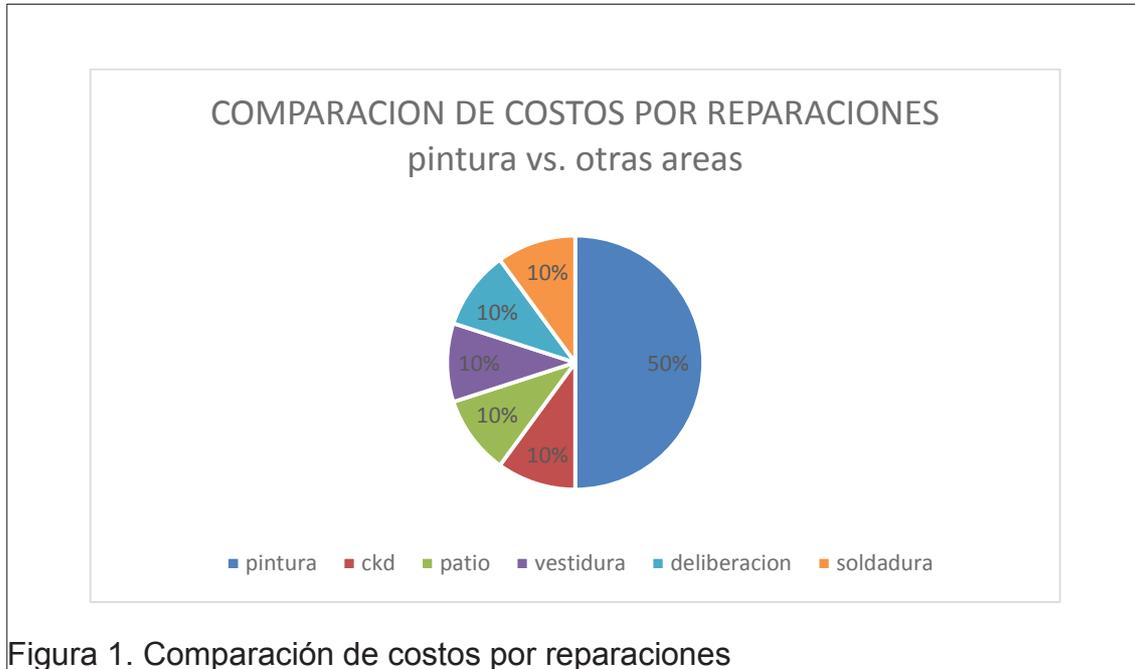
Ahora bien el aumento de producción no quiere decir que al producir más disminuirémos los costos de producción solo nos sirve para tomar en cuenta que se debe aprovechar ala mayor capacidad las instalaciones como la mano de obra existente.

Al realizar nuestra propuesta buscamos que el proceso de aplicación de pintura sea más eficiente, productivos y a la vez competitivo.

Esto debido a la existencia de defectos generados directamente por la mano de obra si bien muchos de estos son fáciles de repáralos ya que son superficiales como: cascara de naranja, goteo barniz, suciedades barniz, entre otros.

También existen otros que necesariamente generan un reproceso por ende mayor costo de producción como: escasez de clear, ampollado, veteado, golpes.

Si hacemos una comparación de costos de reparación de pintura veremos que estos son iguales en costos a la suma de defectos de todas las otras áreas esto debido a que los insumos que se utilizan en la sección de pintura tienen costos más elevados.



1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General.

Proponer una secuencia estandarizada de aplicación fondo, base y barniz en las piezas plásticas para obtener mejores resultados en la cámara de aplicación a través de la eliminación de desperdicios que no agregan valor tratando siempre de optimizar recursos.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Estudio de tiempos reales en la ejecución de tareas asignadas a los operarios.
- Realizar una propuesta de aplicación.
- Estandarizar de las operaciones de limpieza y aplicación de esmalte.
- Realizar una propuesta para reducir pérdidas por averías de equipos.
- La correcta realización de las tareas necesarias de acuerdo a la nueva propuesta.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las empresas automotrices en estos tiempos generan más competitividad a sus adversarios por lo cual se hace necesaria la innovación en los procesos de ensamblaje para ir a la mano con su competencia.

Si bien en la ensambladora Maresa los procesos se perfeccionan de manera constante muchos de estos tienen falencias que son posibles mejorarlas, es así que durante los últimos cinco años el Maresa enfocado sus esfuerzos para disminuir los defectos de calidad (DPU) ya que estos generan un costo importante en repáralos por ende una disminución de rentabilidad a la compañía.

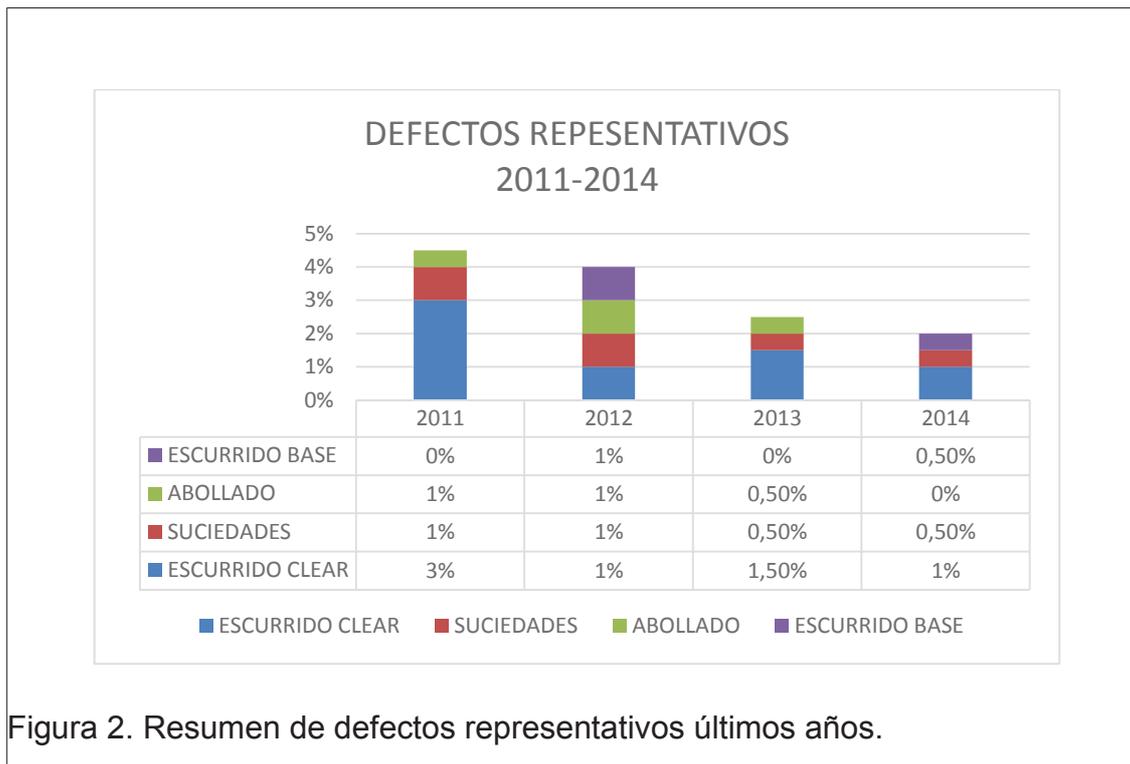


Figura 2. Resumen de defectos representativos últimos años.

Durante los últimos años la ensambladora Maresa ha logrado disminuir en gran cantidad los defectos por unidad pasando de 4.5 (dpu) en el último trimestre del 2011 a 4 (dpu) durante todo el año 2012 luego ya con la implementación de sistema integrado de gestión durante el año 2013 los defectos disminuyeron a 2,5 (dpu) luego ya durante el primer trimestre del 2014 se tiene una tendencia a la subida de defectos sin embargo en el segundo trimestre se vuelve a un promedio de 2(dpu) que se han mantenido hasta la presente fecha.

La propuesta de aplicación es necesaria debido a la variación en consumo de materiales, equipos, herramientas y reparaciones (reprocesos) así como en tiempos desproporcionados en la realización de tareas por cada uno de los operarios, es por eso que resulta necesario realizar un análisis del proceso de aplicación de pintura con la finalidad encontrar las fallas que afectan al mismo.

Mediante un análisis práctico trataremos de resolver los problemas encontrados que nos permitirán disminuir los desperdicios en las estaciones de trabajo.

1.4 ALCANCE

Nuestro trabajo va encaminado a mejorar al máximo las formas de realización de tareas de aplicación en las cámaras de pintura tratando de hacerlas más simples para ser realizadas debido a que realizar los operarios operaciones más simples les permiten una mayor concentración y facilidad en realizar sus tareas.

La propuesta de aplicación de pintura tiene dos partes fundamentales:

- Estudiar el proceso de aplicación de pintura.
- La propuesta de una forma correcta de aplicación y en caso de requerirlo se sugerirá el cambio de equipos como una recomendación.

1.5 HIPOTESIS

El estudio de los factores determinantes en el proceso de aplicación de pintura nos permitirá Identificar los focos de mejora que permitan disminuir los tiempos de ejecución en determinadas tareas.

Así como también la correcta aplicación de pintura en las cámaras de aplicación que consecuentemente facilitara la elaboración de tareas que por ende nos permitirá ser más eficientes en el proceso de aplicación.

2. MARCO TEORICO

2.1 ENSAMBLADORAS EN EL ECUADOR

Los automotores en el Ecuador tienen su introducción desde la década de los cincuenta siendo en un inicio importados desde los Estados Unidos teniendo como aumento en las décadas de los setentas debido al ingreso a las arcas fiscales por la venta del petróleo hasta que en esa década hace su aparición de la industria automotriz ecuatoriana.

En un principio el ensamble en Ecuador era básico es así que para armar un auto motor se demoraban el lapso de un día

2.1.3 Historia

La industria automotriz ha sido considerada a nivel de todo el mundo como el motor de crecimiento sostenido en los países del primer mundo y en los que están en vías de desarrollo.

La industria automotriz ha sido la primera en crear procesos ordenados como son los procesos en línea, celdas de trabajo entre otras.

En un inicio las tareas eran desorganizadas hasta la aparición en principios de siglo de Henry Ford quien invento los trabajos en líneas de montaje haciendo los trabajos desmenuzados poniendo tiempos para cada tarea así como la elaboración de productos estandarizados y en grandes proporciones.

La industria automotriz desde un inicio se interrelaciona con algunas de las industrias existentes como son la metalurgia, la textil, caucho, electrónica entre otras.

Y por otra parte generando cosas negativas en las ciudades como contaminación, circulación conflictiva, gases emanados por los automotores así como accidentes etc.

2.2 PROCESOS

2.2.1 Definición

“Un proceso de producción es un conjunto de pasos que se encuentran unidas unas con otras de tal forma que ayudan a la transformación de un producto. Todos estos pasos siempre orientados a conseguir un resultado predeterminado y específico.” (Carlos Fuquene Retamoso, 2003, pag.36)

Si hablamos de este contexto dentro de las empresas ensambladoras los procesos de trabajo son actividades operacionales que deben estar estandarizadas para dar un valor agregado en cada estación de trabajo y en tiempos reducidos

2.2.2 Características

Si bien los procesos productivos tienen entradas y salidas conjuntamente con la transformación (Raúl Mejía, 2000) nos dice que “La característica de los procesos productivos, está referida a la transformación de insumos en productos que varían considerablemente de acuerdo a la tecnología empleada.” (Raúl Mejía Estañol, 2000, pag.33).

2.2.3 Elementos

Todo proceso tiene los siguientes elementos:

2.2.3.1 Input (entrada)

Es un producto o servicio que proviene de un suministrador externo o interno; por lo general siempre es la salida de otro proceso o un de proceso del proveedor o cliente interno.

Entrada principal, producto con unas características objetivas que responda al estándar o criterio de aceptación definido.

2.2.3.2 Secuencia de actividades

Es la lista de operaciones que se deben realizar de forma ordenada y sistemática para la elaboración o ejecución de un proceso.

2.2.3.3 Output (salida)

Es un producto que va destinado a un usuario o cliente interno o externo.

Producto con calidad exigida por el estándar del proceso.

2.3 TIPOS DE PROCESOS

Dentro de los sistemas de manufactura existe una variación de tipos de procesos si bien todos son importantes nombraremos los que se son ejecutados en los procesos de manufactura automotriz ya que dentro de estas industrias se utilizan procesos parecidos unos con otros así:

2.3.1. Procesos por lote o partida

“Se distingue de otro proceso por sus características de variedad y cantidad, la diferencia principal es que los volúmenes son más altos porque los mismos productos o servicios se suministran repetidamente y pueden cambiar rápidamente de modelos un ejemplo de esto es en las empresas automotrices.” (Lee J. Krajewski, 2000, pag.93)

2.3.2. Procesos en línea

Según Lee J. Krajewski, (2000) estos se localizan entre los procesos por lotes y los continuos sus volúmenes pueden ser altos y bajos según la necesidad del

cliente y los productos y servicios se encuentran estandarizados la cual permite organizar los recursos en torno a un producto o servicio.” (Lee J. Krajewski, 2000, pag.93)

2.3.3 Procesos continuos

Según nos dice Lee J. Krajewsk, (2000) “Representa el extremo final de la producción estandarizada, de alto volumen y con flujo de línea rígidos su nombre proviene de la forma se desplazan.” Estos procesos tienen la característica que nos permiten encontrar los problemas en el momento exacto y por lo tanto solucionarlos rápidamente. (Lee J. Krajewski, 2000, pag.93)

2.4 TIEMPO DE EJECUCIÓN

Es el tiempo que se demora un operario en realizar una actividad dentro del proceso es decir desde que la inicia hasta que esta concluye.

2.4.1 Estudio de tiempos

Antes de estudiar cualquier trabajo concreto se debe dividir en partes y estudiar la secuencia de operación o ensamble solamente una causa justifica el estudio de movimientos cuando se quiere reducir costos principalmente en este paso se vuelve al principio y se repite el proceso para innovarlo pero cada vez mejor en este estudio para eliminar operaciones que no ayudan al valor agregado del producto final se deben realizar algunas preguntas.

1. ¿puede eliminar este paso?
2. ¿puedo combinar este paso con otro u otros?
3. ¿puedo reorganizar los pasos para hacer el flujo más breve e uniforme?
4. ¿puede simplificar el caso?

El estudio de tiempos nos da una visión más realista de los tiempos exactos en que se demora para desarrollar una operación y a la vez aprovechar estos

resultados para tomar acciones que puedan mejorarlos o corregir fallas en los mismos.

Los japoneses tienen una palabra para los desperdicios dentro de los procesos (muda) que es el centro de atención en todo el mundo. ¿Quién sabe mejor que el empleado de la producción que vive ocho horas al día en su trabajo como deducir el desperdicio? La meta según (Fred E. Meyers, 2006) es aprovechar este recurso dando a los empleados de producción las mejores herramientas disponibles. (Fred E. Meyers, 2006, pag.1)

2.5 FLUJOGRAMAS

En su libro Braulio Mejía García, (2007) nos dice que es un método para describir gráficamente un proceso, mediante la utilización de símbolos, líneas y palabras similares.

2.5.1 Ventajas

Existe una gran variedad de ventajas mediante el uso de flujogramas entre las principales tenemos:

- Facilita ejecutar trabajo.
- Describe diferentes pasos del proceso.
- Impide improvisaciones.
- Permite visualizar todos los procesos.
- Identifica las debilidades y fortalezas del proceso.
- Permite el equilibrio de las cargas laborales.
- Establece los límites del proceso.
- Genera calidad y productividad.

2.6 MEJORAMIENTO DE PROCESOS

Sin duda alguna, las empresas japonesas fueron las que con mayor énfasis tomaron de manera coherente los conceptos de los tres profesores norteamericanos:

Joseph Juran

Edwards Deming, y

Peter Drucker

Iniciando a mitad del siglo veinte uno de los conceptos más importantes para las industrias manufactureras como es la de la calidad total.

La calidad total no se basa solo en procesos sino que estos deben estar controlados desde los macro procesos hasta llegar a los sub procesos dentro de toda la cadena de valor en las organizaciones y aunque muchos han querido vender la idea de que los servicios son diferentes a los bienes en procesos estos son universales. (Mariño Navarrete, 2002, pag.3)

2.6.1. Método sistemático

Su aplicación es muy fácil ya que no requiere de mucho conocimiento técnico para su utilización es básico y nos permite mejorar los procesos mediante la utilización de esquema que detallamos a continuación.

- Selección del trabajo a mejorar que en este caso es el proceso de aplicación de pintura.
- Registrar a detalle las operaciones del trabajo.
- Análisis de fallos encontrados en el proceso mediante la utilización de preguntas como: (que, donde, cuando, para que, como, entre otras).
- Desarrollo de un método mejorado de acuerdo a un criterio técnico basado en los conocimientos y experiencia.
- Capacitación y aplicación del método mejorado a los operarios.

3. ANÁLISIS DE DATOS Y PROPUESTA

3.1 LA EMPRESA

3.1.1 Reseña histórica

Maresa fue Constituida el 18 de Agosto de 1976. Durante más de tres décadas, Maresa ha ensamblado camiones, pick-ups y autos de pasajeros de marcas reconocidas a nivel mundial siendo Mazda la marca más reconocida y la que actualmente ensambla.

La empresa es una generadora de puestos de trabajo muy importante en la zona industrial, tanto directos como indirectos, en su planta de ensamblaje ubicada en la parroquia de Pomasqui, donde desarrollan sus actividades alrededor de 500 personas que comprende tanto el personal operativo como el administrativo.

En Maresa el sistema de administración de calidad es una herramienta fundamental para la planificación, control, y administración de los procesos relacionados con el cliente desde la recepción de su pedido, hasta la entrega de nuestros vehículos y la provisión del servicio post venta.

Al ser Mazda una marca reconocida a nivel mundial la empresa ha trabajado siempre basándose en altos estándares de calidad con la única finalidad de buscar siempre la excelencia y la satisfacción de nuestros clientes.

3.1.2 Ubicación



Las instalaciones se encuentran en el extremo norte de la ciudad de Quito en la Av. Manuel Córdova Galarza en el Km. 12 ½ una vía de fácil acceso tanto de la ciudad como del puerto marítimo de Esmeraldas (este se encuentra ubicado a aproximadamente 5 horas de distancia de la planta industrial).

3.1.3 Direccionamiento estratégico de la empresa

Maresa ensambladora fue reconocida hace más de diez años con la certificación de su Sistema de Gestión de calidad SGC bajo la norma ISO 9001:2000, Actualizada hacia el año 2008.

Este hecho marco un hito en la gestión de sus actividades y con un claro norte en la mejora continua, inevitablemente esto desencadenó en una serie de iniciativas tanto grandes como pequeñas que han fortalecido día a día a la organización, tales como.

- Programa de ideas en acción.

- Proyectos Six Sigma.

- Gestión del talento humano a través de competencias técnicas.

Acorde con el desarrollo de proyectos de mejora continua en Maresa-ensambladora hace aproximadamente dos años se despertó una iniciativa que implicaría un reto importante en el sistema de gestión “integrar la gestión ambiental y de seguridad a nuestro sistema de calidad” para demostrar que la gestión de los aspectos ambientales y los riesgos en Maresa-ensambladora se hacen bajo los mismos procesos controlados e integrados que ya habían manejado para asegurar la calidad de sus productos.

Esta iniciativa quedo plasmada en el cuadro de objetivos de gestión y cuyo único indicador valido fue el logro de la certificación bajo normas internacionales reconocidas como son la norma ISO 1400:2004 en ambiente y OHSAS 18001:2007 en seguridad y salud ocupacional.

Este reconocimiento demuestra que la huella de su trabajo ya no solo se evidencia en la calidad de sus productos, sino también en el cuidado del medio ambiente y la salud de sus colaboradores.

3.2. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El proceso empieza desde el pedido de ckd a las plantas autopartistas localizadas en Japón y que luego estas envían los componentes al Ecuador vía marítima para luego ser transportadas en contenedores a la planta industrial.

Adicionalmente una parte de los componentes de los vehículos son fabricados por empresas ecuatorianas debido a las leyes del gobierno cabe destacar que estas deben cumplir con altos estándares de calidad.

Una vez con todos los componentes dentro de la planta empieza el proceso de ensamblaje de los vehículos dentro de este gran proceso así:

3.2.1. Soldadura

Se encarga de soldar todos los componentes metálicos que conforman el chasis y la carrocería por medio de soldadura de punto, mig entre otras.

3.2.2. Metalfinish

En este proceso se juntan todas las piezas que vienen elaboradas desde el país de origen como son puertas, guardafangos y capo además de esto se corrigen defectos visibles que pueden afectar al siguiente proceso.

3.2.3. Fosfato elpo

La carrocería así como el chasis es sometido a diferentes baños en tinas lo que permite su duración y la no oxidación de sus partes en el siguiente proceso la cabina (unidades) es sumergida en pintura de electrodeposición que luego es curada en un horno a 180 grados brindando protección anticorrosiva.

3.2.4. Pintura

Luego del proceso anterior la unidad es trasladada a la sección de pintura el primer paso comienza con el lijado de la unidad con la finalidad de crear adherencia a la superficie de la cabina y corregir posibles defectos de pasos anteriores luego de esto la unidad es sellada en la uniones de las sueldas con el fin de evitar el ingreso de agua al interior de la misma.

En este paso se encargan pintar las carrocerías según el color asignado que además de dar color la pintura se encarga de nivelar y dar brillo a la superficie así como resistencia química y mecánica. Posterior a cada uno de los sub

procesos de pintura la carrocería así como su chasis pasa por hornos a alta temperatura para ser curados.

3.2.5. Ensamblaje

En las líneas de ensamble se adiciona cada una de las piezas y componentes del vehículo como llantas, vidrios, motores, cables etc. Todo esto con herramientas que garantizan su adecuado funcionamiento.

Encada área se realiza un estricto control de calidad a cada uno de los procesos con personal especializado y capacitado.

Debido a que nuestro trabajo se realizará en proceso de pintura detallaremos más a este y nos basaremos en la cámara de aplicación plásticos (G4)

3.3. PROCESO DE PINTURA



Figura 4. Cabina en inicio del proceso

Maresa comprometida a trabajar con los mejores procesos de ensamble para entregar productos de alta calidad día a día se actualiza con los métodos más modernos en la protección de carrocería y protección de la pintura así como la realización de estos trabajos con calidad y garantía.

Para esto varios recubrimientos superficiales están involucrados:

- Tratamiento superficial.
- Fondo (primer).
- Esmalte (base).
- Barniz (brillo).

3.3.1. Tratamiento superficial

Antes de aplicar la capa en pintura es necesario suministrar un tratamiento superficial a la carrocería lo cual ayudara a la protección de la misma y una mejor adherencia de la pintura y conservación a través del tiempo.

El objetivo principal de este tratamiento es de adherir una capa cristalina de fosfato de zinc para evitar corrosión del metal al tener contacto con el medio ambiente. Esta estructura cristalina y porosa también prepara la superficie para la adherencia de la pintura.

3.3.2. Fondo (primer)

Proporciona resistencia a la corrosión y prepara la superficie para el acabado final y ayudando a corregir defectos de superficie .Por esta razón es necesario que la superficie llegue limpia y con los menores defectos posibles para realizar una aplicación uniforme con una capa de película suficiente para cumplir con su función.

Terminada la etapa de fondo se procede a la inspección de calidad para detectar defectos si lo hubiere para corregirlos o reprocesarlos.

3.3.3. Esmalte (base primaria)

Su función principal es brindar color y apariencia al vehículo. Es la capa de recubrimiento que aporta el color y los efectos estéticos, esta debe dar una apariencia uniforme.

La aplicación de doble capa húmeda sobre húmedo con el barniz forma una estructura tipo sándwich denominada tricapa que ayuda a la nivelación de la película después de la evaporación de los disolventes y mejora la resistencia a la disolución de la película en la aplicación del barniz.

3.3.4. Barniz (crear brillo)

Es la capa de recubrimiento que forma el último contacto con el medio ambiente es responsable de la mayor parte del desempeño de la pintura y debe tener capacidad para resistir las agresiones ambientales, las máquinas de lavado de autos y otros agentes externos.

Por ser a última capa del acabado tiene funciones especiales como.

- Nivelar.
- Dar brillo a la superficie.
- Proveer resistencia química y mecánica (resistencia a los solventes) protección UV (rayos solares y resistencia a la humedad).

Dentro de todos los procesos existe la interacción entre hombre maquina.

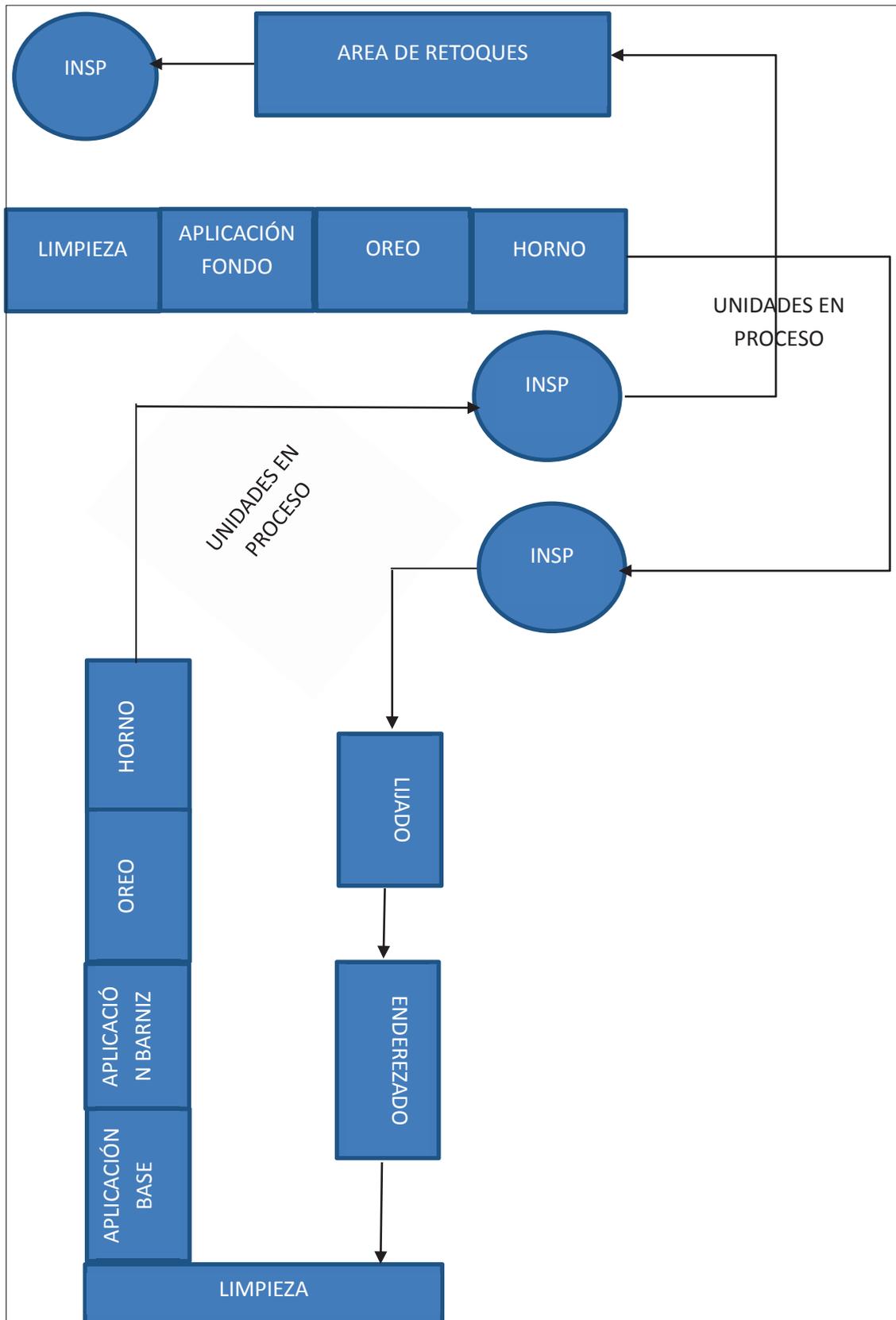


Figura 5. Flujo grama de distribución de operaciones en la planta de pintura

3.4. PROCESO FONDO (GOTTERT 1)

En esta cámara desarrollan sus actividades cuatro operarios dos de los cuales se encargan de la limpieza de unidades a ser pintadas y dos operarios se encargan de la aplicación de fondo así:

Limpieza con paños humedecidos con thinner.

Tabla 1. Secuencia de operaciones de limpieza de cabinas

Operario 1 (LH)	Operario 2 (RH)
Limpieza te techo (mitad)	Limpieza te techo (mitad)
Limpieza de capo (mitad)	Limpieza de capo (mitad)
Limpieza de laterales	Limpieza de laterales
Limpieza de interiores	Limpieza de interiores

Aplicación de fondo con pistola electrostática.

Tabla 2. Secuencia de operaciones de aplicación fondo

Operario 3 (LH)	Operario 4 (RH)
Pvc	Pvc
Techo (50%)	Techo (50%)
Capo (50%)	Capo (50%)
Laterales	Laterales
Entradas	Entradas
Espaldar	Recinto motor
Techo (50%)	Techo (50%)
Capo (50%)	Capo (50%)
Laterales	Laterales

3.4.1. Limpieza

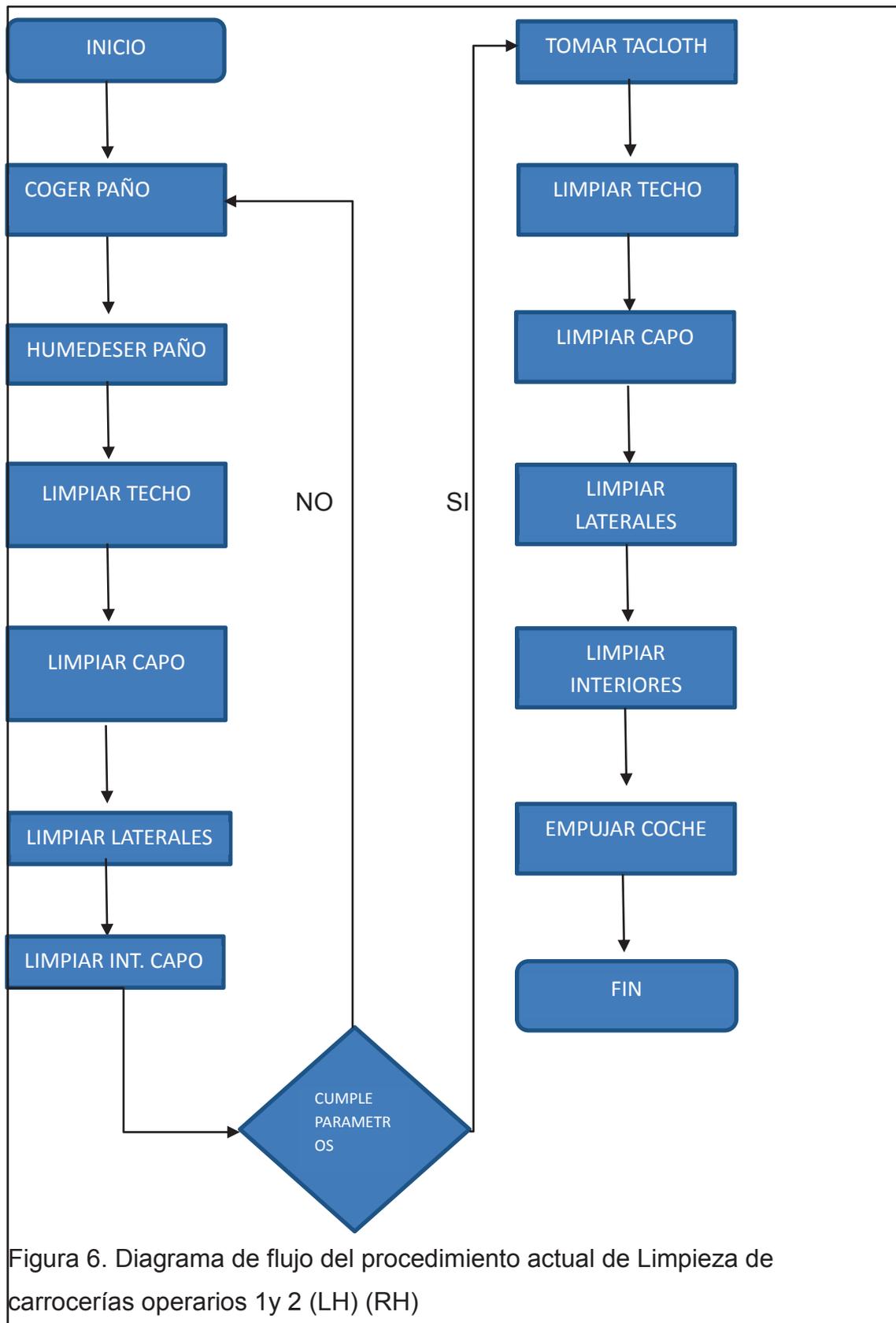


Figura 6. Diagrama de flujo del procedimiento actual de Limpieza de carrocerías operarios 1y 2 (LH) (RH)



Figura 7. Cámara de limpieza

Durante el proceso de pintura las cabinas pueden ir acumulando en sus superficies grasas, polvos, y otras impurezas que deben ser eliminados antes de pasar al proceso de aplicación para esto la cabina es limpiada.

La operación consiste en la limpieza de la unidad a ser pintada de todo agente extraño que pueda afectar en la aplicación de fondo así como de su apariencia esta operación se desarrolla en la primera estación dentro de la cámara (gotter1).

3.4.2. Aplicación fondo

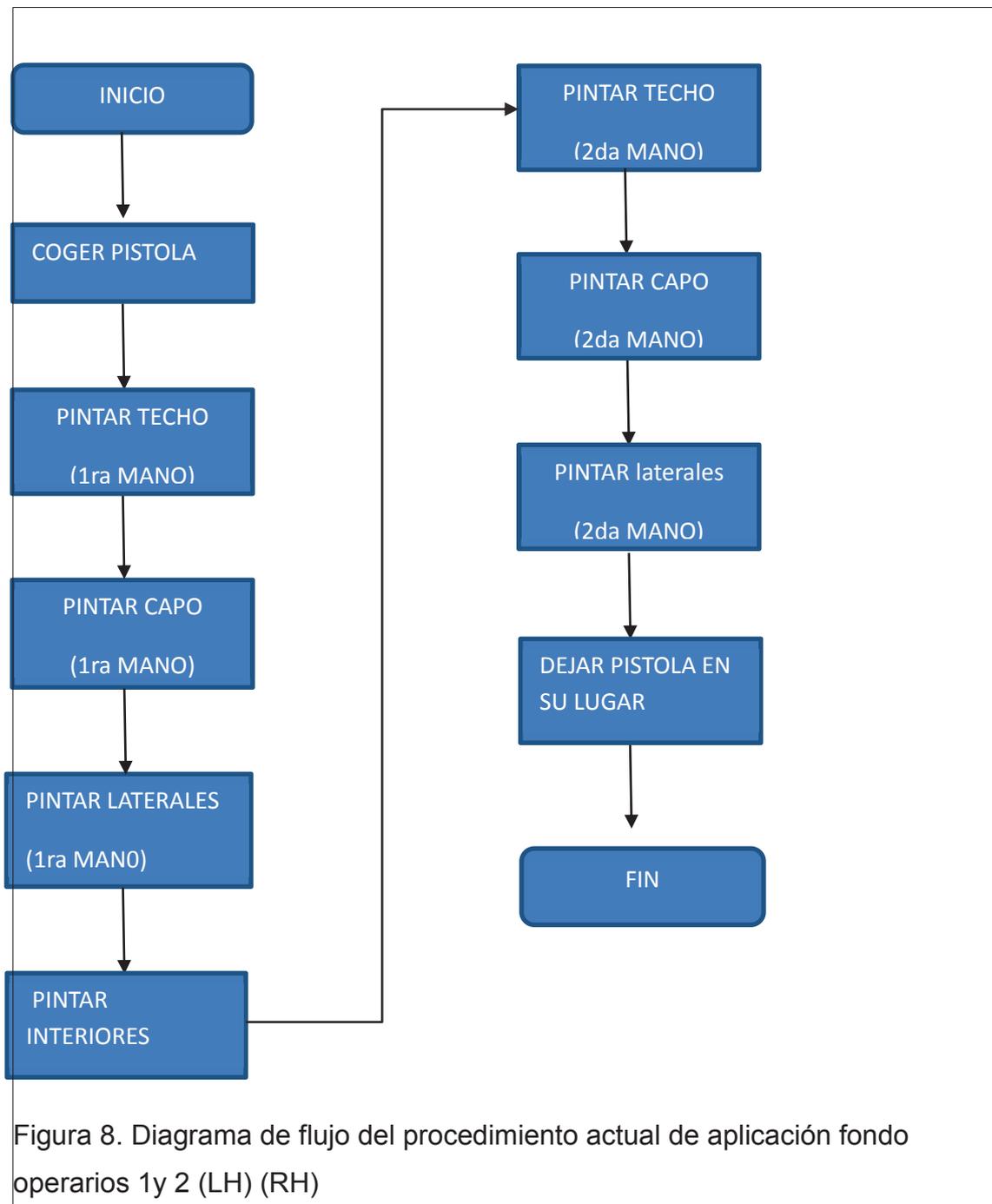




Figura 9. Aplicación fondo

La operación se desarrolla en la segunda estación dentro de la cámara y consiste en aplicar un color primario (fondo) que luego será cubierta por una capa de pintura que da el color final a la carrocería se encarga de añadir protección a las carrocerías.

Si bien las unidades están conformadas en gran parte de su carrocería están conformadas por partes metálicas hay un porcentaje de piezas plásticas las mismas que deben ser trabajadas de una forma diferente debido a su composición.

A continuación enunciamos el proceso de pintura de las piezas plásticas.

3.5. PROCESO DE PLASTICOS

Este proceso se desarrolla en sección conjunta a la planta de pintura de carrocerías en una sección asignada únicamente para pintar las partes plásticas de la carrocería que están compuestas de un bumper delantero y un guardachoque posterior además de esto según el modelo de camioneta llevan

un juego de overfender (molduras laterales) estos últimos dependen del tipo de modelo de camioneta que es ensamblando en la línea de producción.

En esta planta desarrollan sus actividades seis personas así (cinco operarios y un coordinador).

- Operario: Su función básica es trabajar en cada estación asignada siguiendo los procedimientos adecuados.
- Coordinador: Programa la producción diaria según los programas así como el abastecimiento de materiales y equipos de seguridad industrial.

A continuación se describe las operaciones mediante flujo gramas de cada una de las operaciones.

3.5.1. Proceso de preparación



Figura 10. Preparación de coches

Esta operación es realizada por un operario en una área adjunta a la cámara esta persona se encarga de ingresar los coches según el programa de producción a demás a esto se encarga de corregir defectos de fábrica cabe mencionar que ciertas operaciones no se encuentran descritos en los manuales de proceso.

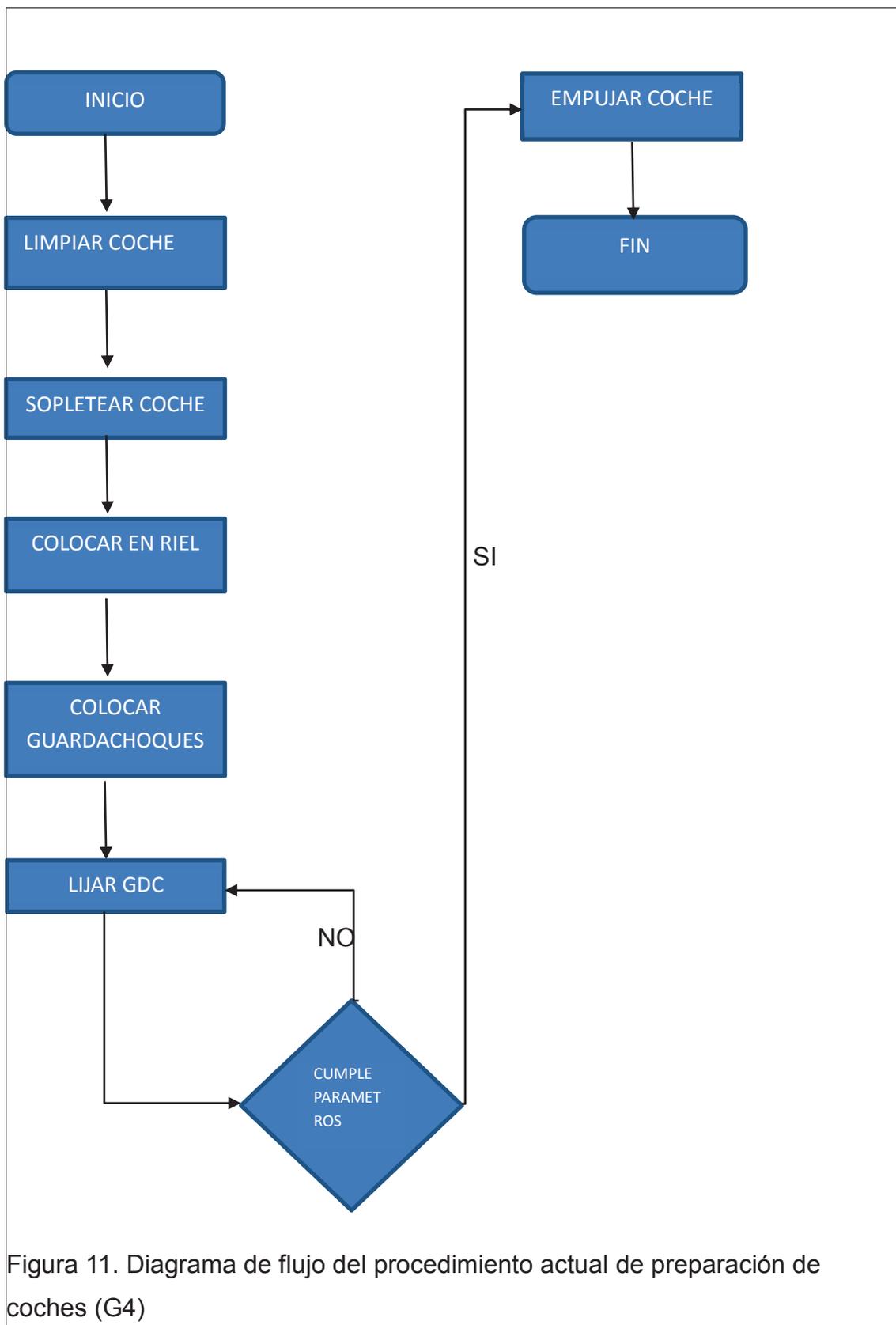


Figura 11. Diagrama de flujo del procedimiento actual de preparación de coches (G4)

3.5.2. Proceso de limpieza



Figura 12. Limpieza de unidades

Este proceso es desarrollado por un operario en el ingreso a la cámara consiste en soplar con aire ionizado las piezas a ser pintadas al mismo tiempo que pasa un paño sobre el mismo que sumado al aire ayuda a mover el polvo de la superficie que va ser pintada esta operación no se encuentra descrita en el manual de proceso.

El proceso de limpieza es realizado por el mismo operario que se encarga de soplar este se desarrolla en la primera estación dentro de la cámara y consiste en limpiar la superficie a ser pintada con un paño humedecido en solvente para eliminar residuos de polvo del proceso anterior así como de agentes contaminantes que inciden en la aplicación de pintura.

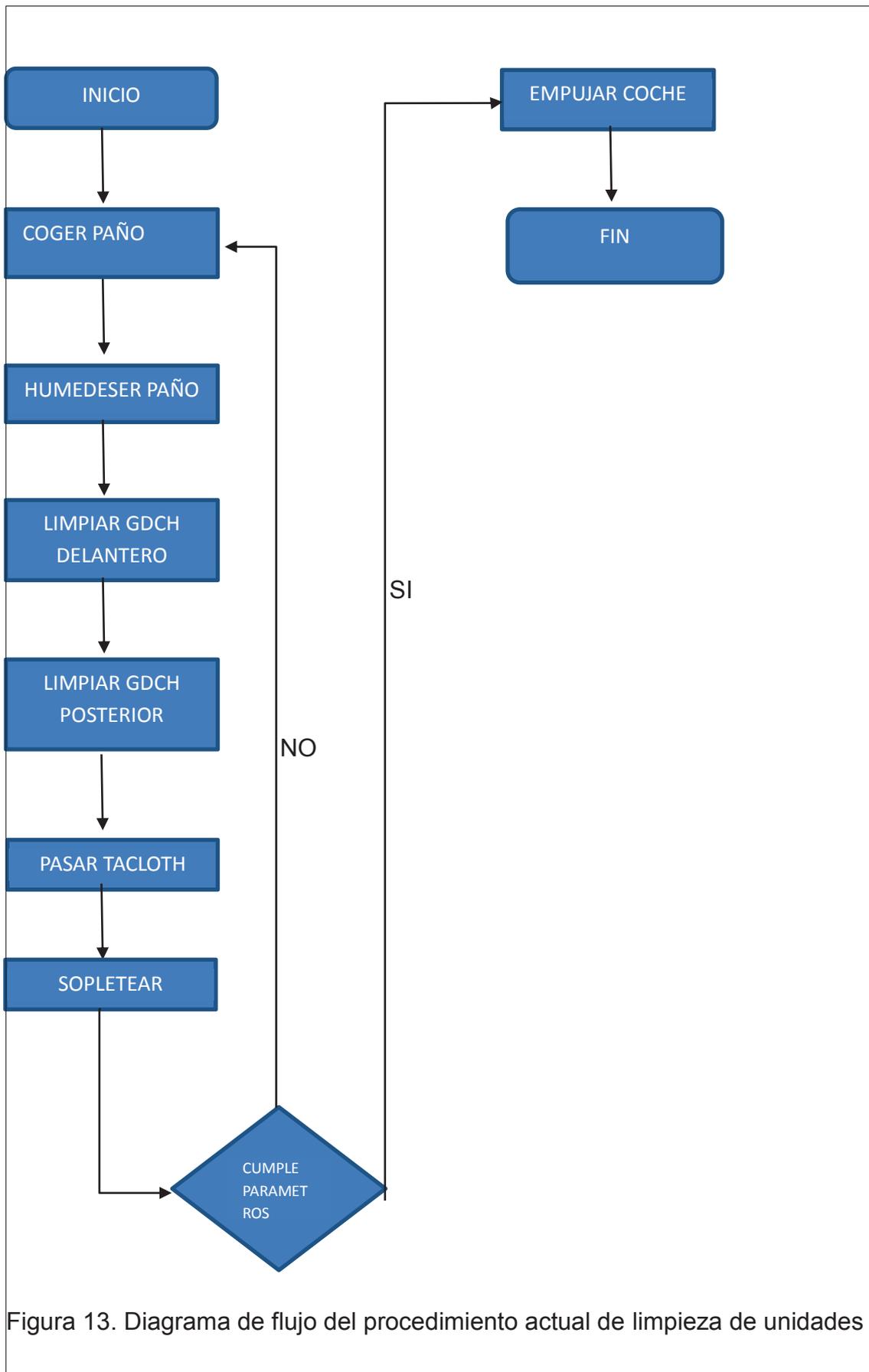


Figura 13. Diagrama de flujo del procedimiento actual de limpieza de unidades

3.5.3 Proceso de aplicación base



Figura 14. Aplicación fondo base

Esta operación se desarrolla en la segunda estación dentro de la cámara de pintura este proceso consiste en aplicar primer (fondo) y base (color) a las piezas (guardachoque) esta operación es desarrollada por un operario en esta estación encontramos eventos que afectan al producto final puesto que es una operación crítica dentro del proceso es así que se pudo establecer que no existe una secuencia de aplicación y por ende los tiempos de aplicación son variables además de consumo desequilibrado de producto (pintura y fondo).

En esta actividad el tiempo promedio que toma en desarrollarse esta operación es de 10min.

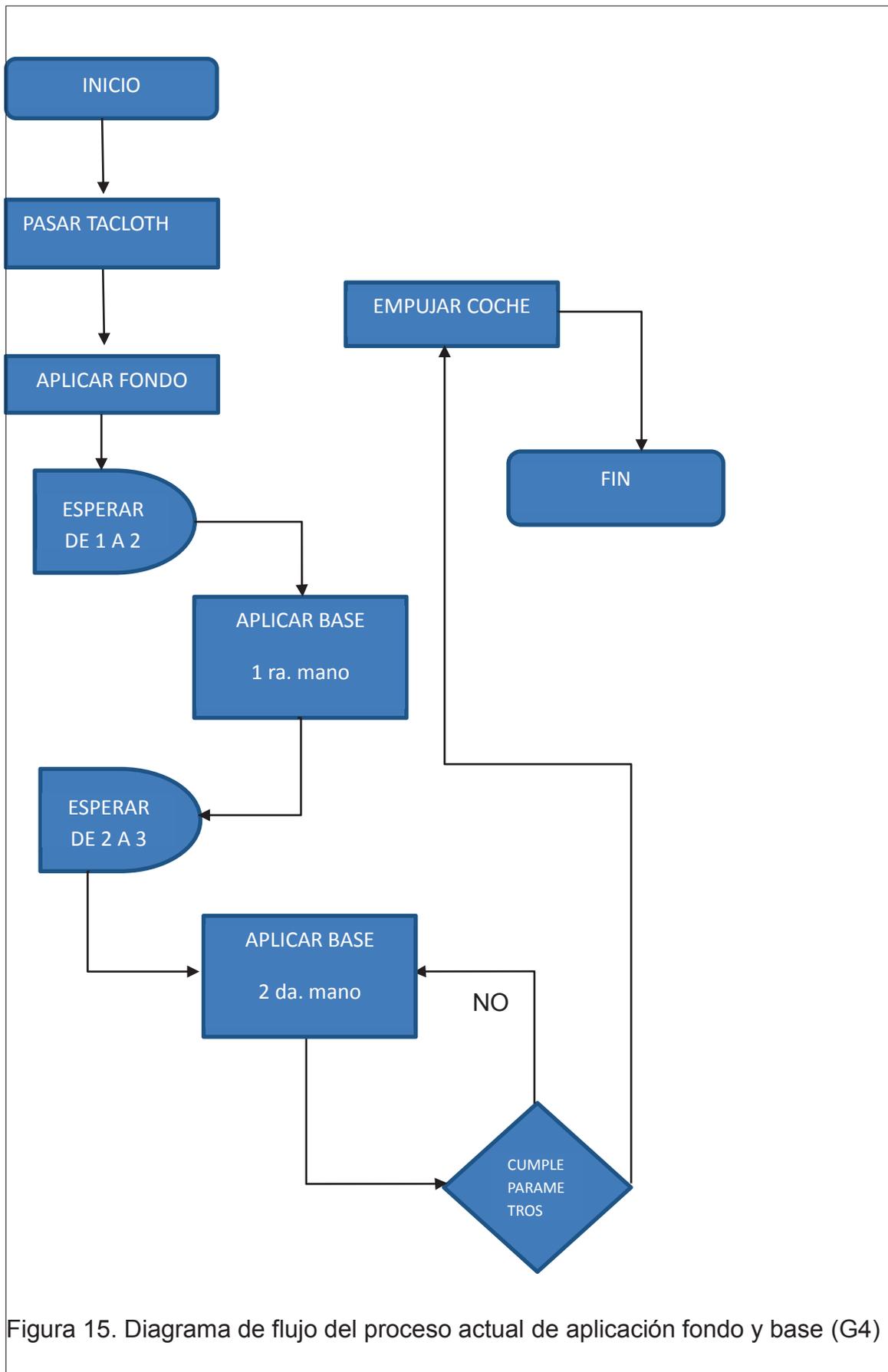


Figura 15. Diagrama de flujo del proceso actual de aplicación fondo y base (G4)

3.5.4. Proceso de aplicación barniz



Figura 16. Aplicación barniz

Esta operación es realizada por un operario este consiste en aplicar la última capa de protección a las piezas plásticas (barniz) como en el proceso anterior el proceso no tiene una secuencia de operaciones este se desarrolla según el criterio y técnica de cada operario.

La presente operación es la más crítica dentro de todo el proceso de aplicación pues esta nos da la apariencia y textura así como la protección de la pintura.

En este paso priorizaremos el estudio ya que aquí se generan la mayoría de defectos debido que al aplicar un exceso de capas de barniz se generan los escurridos.

En esta operación el tiempo aproximado para la ejecución es de 10 minutos.

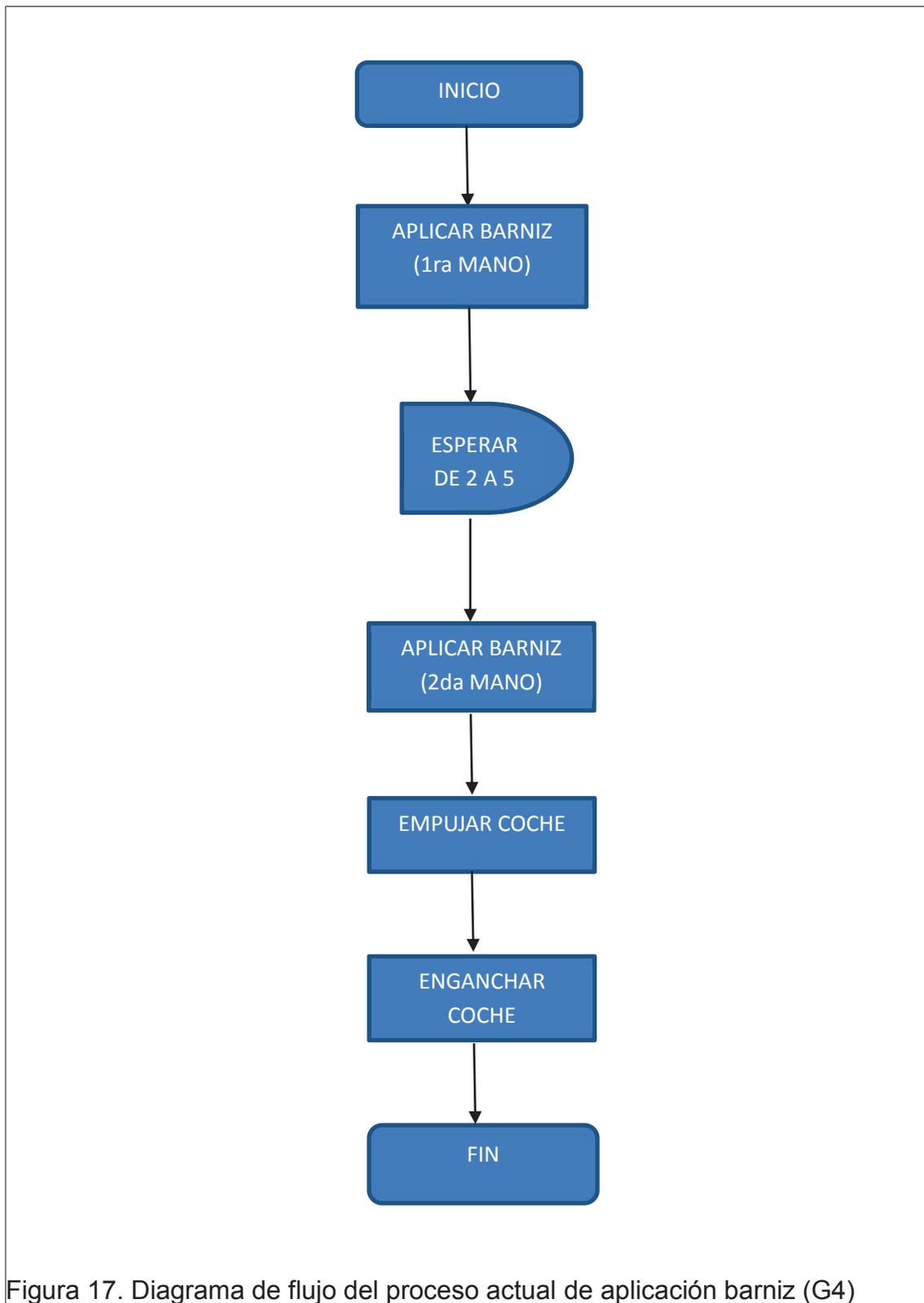


Figura 17. Diagrama de flujo del proceso actual de aplicación barniz (G4)

3.5.5. Horneo o secado



Figura 18. Horneo plasticos

Este proceso es realizado de forma automática por la maquina el proceso de secado dura treinta minutos en este horno ingresan tres guardachoques con intervalos de 10 minutos a cada uno puesto que es un proceso automatizado es el encargado de dar el tiempo de proceso a las estaciones anteriores dentro de la cámara de aplicación.

3.6. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

3.6.1. Resumen de defectos

Maresa ensambladora cuenta actualmente con un conjunto de procesos para el ensamble de vehículos y en cada procesos cuenta con estaciones de trabajo y procesos definidos sin embargo a pesar esto las plantas de pintura presentan inconvenientes que deben ser analizados y resueltos.

El entorno en que se desenvuelve este proceso ha sufrido transformaciones trascendentes debido a diferentes factores como los avances tecnológicos y una cultura hacia la calidad es así que luego de observar y analizar el proceso de pintura (fondo-plásticos) se pudo establecer que existen los siguientes

inconvenientes dentro de las cámaras de aplicación así:

- No existe secuencia en actividades realizadas por operarios en la cámara de aplicación de plásticos donde existe una secuencia básica que no coincide con las operaciones que realizan los pintores esto afecta al producto final.
- Deficiencia en técnica de aplicación con pistolas de pintura muchas de las veces no se respeta la distancia entre la chapa que está siendo pintada y la pistola lo que ocasiona deficiencias en el acabado final.
- No existe mantenimiento regular a las pistolas de aplicación se observó que algunas de las partes de las pistolas mostraban deterioró en sus partes como son aircap y agujas.
- Incomodidad al aplicar los interiores de las puertas se evidencia que las puertas de las carrocerías se cierran mientras los operarios pintan los alojamientos de las mismas esto se presenta de forma variable entre carrocerías en las puertas delanteras lo que produce incomodidad para el operario que desarrolla esta actividad.
- Pérdida de tiempo al iniciar las labores por demora en medir caudales ya que estos tienden a variar según la temperatura ambiente los que ocasiona que tengan que ser medidos constantemente hasta ser estabilizados.
- Ingreso al horno sin oreo de la unidad (primeras unidades) debido a que el proceso ya tarda en arrancar por la medida de caudales.
- En ocasiones no se respeta secuencia de aplicación si bien en la cámara de aplicación de fondo existe una secuencia y esta es respetada por los pintores en ciertas operaciones se observa que no se cumple con lo especificado.
- Desorden en mangueras de colores tanto en la cámara de fondo como en la cámara de plásticos se evidencia que no existe un ordenamiento

en las mangueras pues además de encontrarse enredadas estas se encuentran sucias y deterioradas.

- Realización de actividades no descritas en manuales por parte de los operarios ya que algunas de estas han sido sumadas al proceso sin un estudio previo.

3.6.2. Pareto

Tabla 3. Resumen de defectos

CAUSAS	P
No existe secuencia en actividades realizadas por operarios.	P 1
Deficiencia en técnica de aplicación con pistolas electrostáticas.	P2
No existe mantenimiento regular a las pistolas de aplicación.	P3
Pérdida de tiempo al iniciar las labores por demora en medir caudales y cambios de colores	P4
Desorden en mangueras de colores así como en los acoples de las pistolas	P5

Para la toma de datos se realizó observaciones durante tres días del proceso en condiciones normales para esto se tomó en cuenta los tiempos que tienen los operarios para realizar sus operaciones.

Las labores empiezan a las 7:00 am los operarios tienen 5 minutos de estiramiento luego esto se dirigen a las áreas de trabajo donde planifican la producción diaria y se alistan para empezar las operaciones a las 7:45 am de la mañana en el transcurso del día tienen dos paras programadas para el refrigerio en la mañana a las 10:00 am este dura diez minutos y la otra para a la 1:00 pm este dura media hora en promedio la jornada laboral es de 9 horas que restadas la suma de todas las paras durante el día nos da como resultado 480 minutos para el desarrollo de actividades durante la jornada laboral.

Cabe mencionar que durante nuestro estudio la planta de producción no se encuentra trabajando a toda su capacidad.

Tabla 4. Suma de frecuencias por evento

P	dia1	dia2	dia3		%	% ACUM
P 1	12	15	13	40	56,34%	56,34%
P2	4	3	6	13	18,31%	74,65%
P3	3	4	3	10	14,08%	88,73%
P4	1	1	2	4	5,63%	94,37%
P5	1	1	2	4	5,63%	100,00%
				71	100,00%	

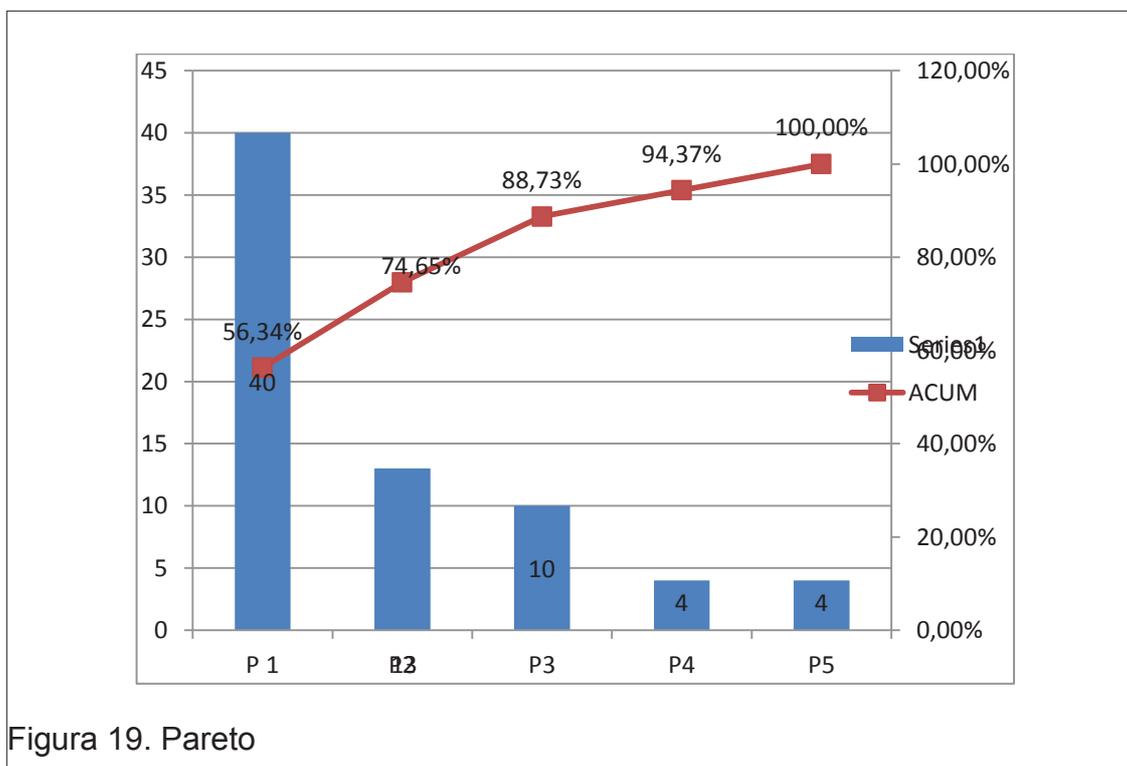


Figura 19. Pareto

Como podemos observar en la imagen anterior y el diagrama de Pareto nos indica que podemos centrarnos en unos pocos vitales.

El Análisis de Pareto sirve para establecer prioridades y para enfocar y dirigir las acciones a desarrollar posteriormente.

Como vemos en el grafico anterior este nos da mayor ponderación al inconveniente (P1) por lo cual analizaremos la secuencia de las operaciones en el proceso de aplicación pintura plásticos ya que todo nos centra al método utilizado en la operación de aplicación base y barniz.

3.6.3. Técnica del interrogatorio

Situación actual:

¿Qué se hace? El operario realiza demasiada aplicación de pintura esto no añade valor al producto final. Perdiéndose así tiempo y energía.

¿Por qué se hace? Porque el operario no tiene una secuencia en las actividades que realiza.

¿Qué otra cosa podría hacerse? Disminuir la cantidad de veces que el operario realiza el auto inspección.

¿Qué debería hacerse? Que el operario respete una sola secuencia establecida.

3.7. Propuesta

El área donde se desarrollan las actividades es en una área de 4mts x 5mts si tomamos en cuenta las necesidades de los operarios para realizar las operaciones podemos deducir que las operaciones deben iniciar en dirección al siguiente proceso puesto que el operario siempre toma la pistola de aplicación en la parte intermedio de la cabina.

Para para facilitar el entendimiento de esto tomaremos o daremos las partes de los guardachoques según se describe en los manuales de proceso de la empresa Maresa.

El coche a ser pintado se encuentra conformado por dos piezas que son colocados con dispositivos de sujeción a estos.



Figura 20. Guardachoque delantero



Figura 21. Guardachoque posterior

Para una mejor comprensión lo dividiremos en partes o zonas así:

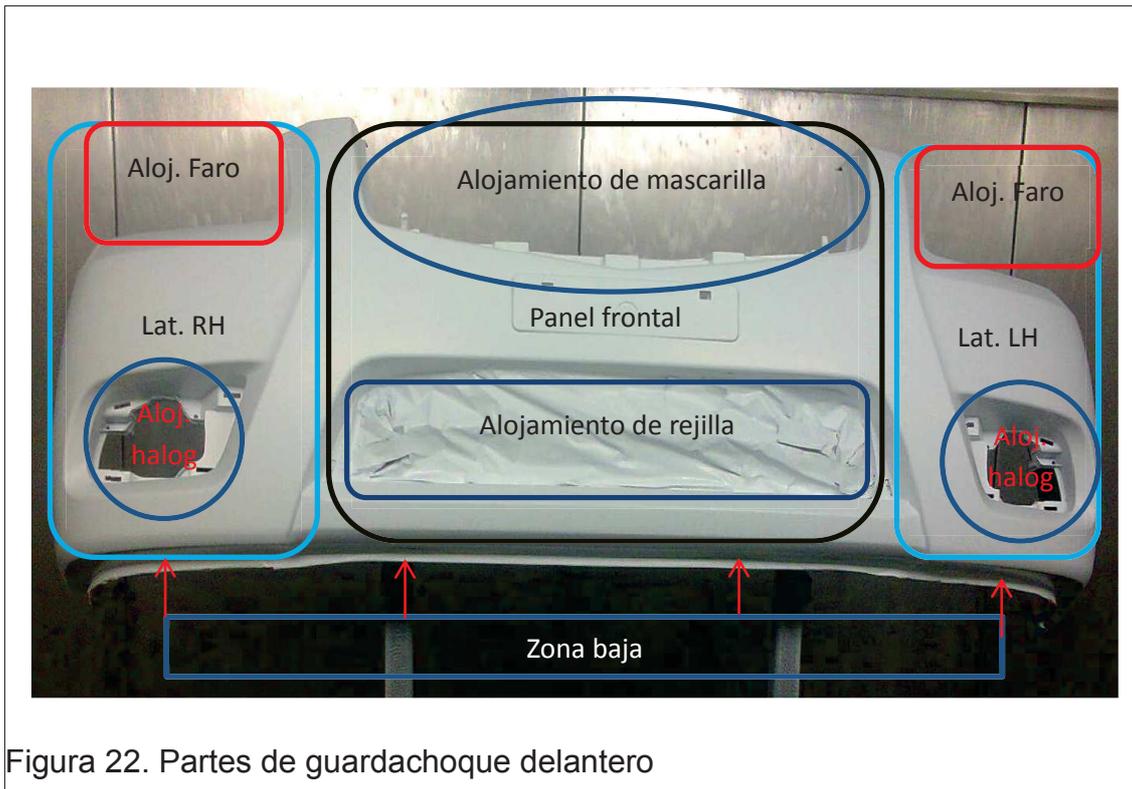


Figura 22. Partes de guardachoque delantero



Figura 23. Partes del guardachoque posterior

3.7.1. Diseño de la secuencia ideal

Durante el estudio del proceso se pudo ver que las secuencias de operaciones son muy diferenciadas entre unas y otras por lo que se realizó una propuesta de aplicación de acuerdo a una secuencia lógica con el fin de que sea de fácil entendimiento para los operarios.

3.7.2. Secuencia de actividades propuesta para el proceso de aplicación de fondo, base y barniz.

Tabla 5. Propuesta de secuencia de operaciones para aplicación de base

		TIEMPO
RESPONSABLE	DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES	minutos
operario	aplicar pintura en zona baja	0:10:00
operario	aplicar pintura en lateral LH	0:11:00
operario	aplicar pintura alojamiento de halogeno LH	0:07:00
operario	aplicar pintura alojamiento de mascarilla	0:11:00
operario	aplicar pintura alojamiento de rejilla	0:07:00
operario	aplicar pintura panel frontal	0:11:00
operario	aplicar pintura en lateral RH	0:11:00
operario	aplicar pintura alojamiento de halogeno RH	0:07:00
operario	aplicar pintura panel frontal guardachoque posterior	0:14:00
operario	aplicar pintura filo lateral LH	0:07:00
operario	aplicar pintura alojamiento de faro LH	0:06:00
operario	aplicar pintura alojamiento de mascarilla posterior	0:03:00
operario	aplicar pintura filo lateral RH	0:07:00
operario	aplicar pintura alojamiento de faro RH	0:06:00
operario	aplicar pintura guardachoque posterior y filos	0:10:00
operario	dejar pistola en su lugar	0:05:00
operario	dejar orear y revisar posibles defectos	2:00:00
operario	aplicar pintura en lateral LH mas cruzada	0:16:00
operario	aplicar pintura panel frontal mas cruzada	0:19:00
operario	aplicar pintura en lateral RH mas cruzada	0:16:00
operario	dejar pistola en su lugar	0:05:00
operario	empujar coche	0:05:00
	tiempo total	5:14:00

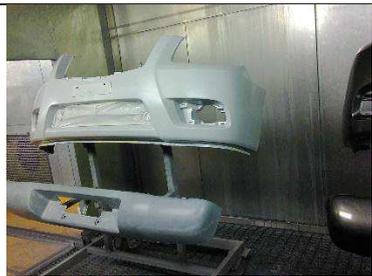
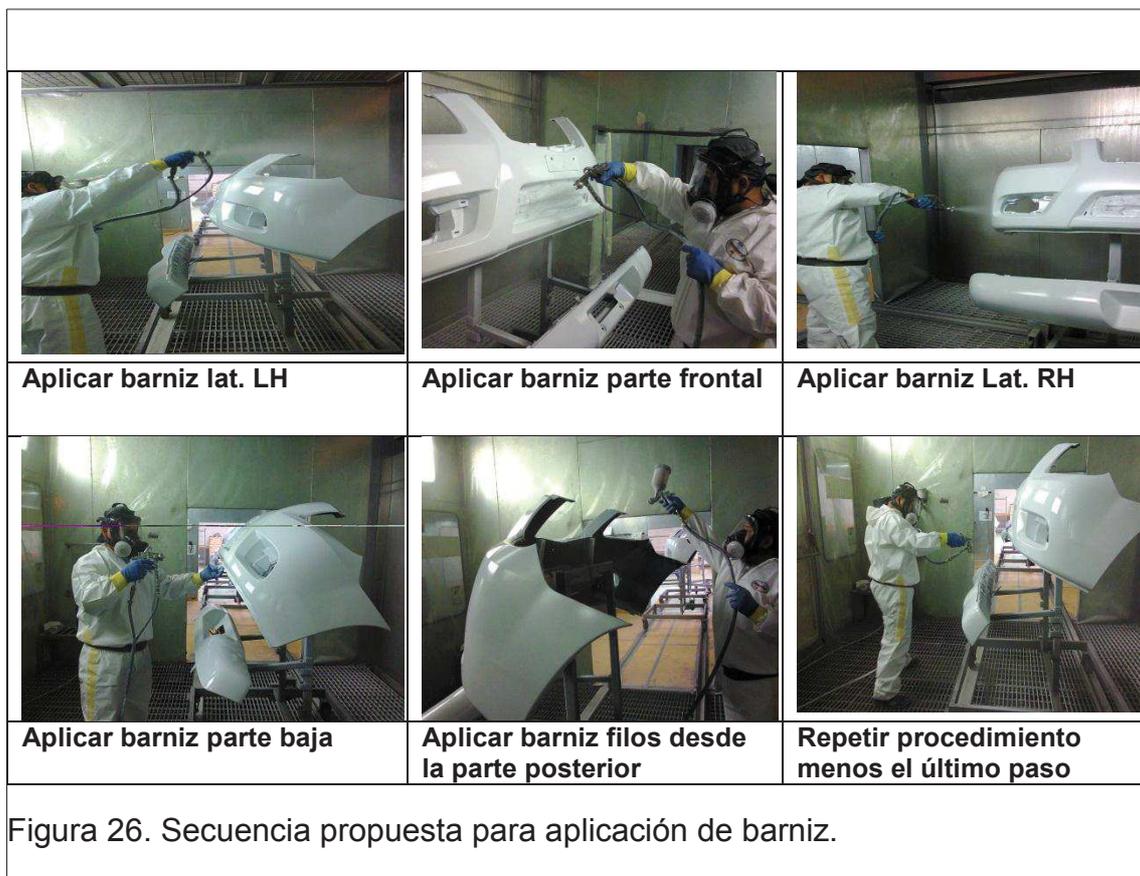
		
Bumper y gdch. Post. Pre fondeado	Aplicar fondo en lat. LH.	Aplicar fondo en parte frontal
		
Aplicar fondo en gdch. Post.	Aplicar fondo en lat. RH.	Bumper y gdch. Post. fondeado

Figura 24. Secuencia propuesta para aplicación de fondo

		
Bumper y gdch. Post. fondeado	Aplicar pintura desde parte posterior filis	Aplicar pintura en lat. LH
		
Aplicar pintura en parte frontal	Aplicar pintura en Lat. RH	Repetir procedimiento

Figura 25. Secuencia propuesta para aplicación de base



3.7.3. La Técnica de aplicación

Esta juega un papel importante de parte del operario por lo cual detallaremos la forma que debe manejarse la herramienta.

3.7.3.1. Posición de la pistola

Asegurar firmemente la pistola sobre los dedos anular y meñique, el gatillo se acciona con el índice y el medio. Manteniendo siempre una posición perpendicular frente a la superficie de aplicación.

3.7.3.2. Distancia de la pistola

La distancia entre la pistola y la superficie debe permanecer constante, el valor más usual es de 25-30 cm. Más distancia aumentaría el tamaño de abanico reduciendo la eficiencia de transferencia. Menos distancia significaría mayor

transferencia de pintura a la superficie, pero ocasionaría riesgos de chorreo y otros defectos.

3.7.3.3. Movimiento de la pistola

Debe ser paralelo a la superficie, esto es manteniendo la distancia uniforme a lo largo de toda la pasada, evitando el abanico y el muñequeo. El movimiento debe hacerse firme y suave, apretando el gatillo al comienzo y al final de cada pasada.

3.7.3.4. Traslape de las pasadas

Iniciar en el borde superior del panel aprovechando solo el 50% del abanico en la pasada. La siguiente pasada en sentido opuesto con un 50% de traslape. Así se obtiene un buen cubrimiento y aplicación uniforme.

3.7.3.5. Velocidad de la pistola

Lo óptimo es tener una velocidad uniforme de 60-90 cm/seg es la velocidad media adecuada. Más velocidad distorsionara el patrón de rociado.

CAPITULO IV

4.1 CONCLUSIONES

- En la sección de pintura plásticos el tipo de pistola, su funcionamiento y las técnicas de aplicación utilizadas determinan gran parte del acabado final del producto, por lo cual inciden directamente en el proceso.
- El proceso de aplicación de pintura cuenta con espacio apropiado y equipos para su correcta ejecución pero los operarios no realizaban las actividades con una secuencia estandarizada lo cual provocaba variaciones en el proceso y como consecuencia defectos en el acabado.
- Mediante la secuencia de actividades propuesta en el capítulo 3 se lograría una reducción en el tiempo de ejecución del proceso de 10 minutos a 8:32 minutos.
- La estandarización del proceso de aplicación favorece a la repetividad es decir que los operarios de la planta de pintura plásticos tendrán que realizar todos los días con mayor frecuencia que antes las operaciones de trabajo de forma estandarizada, esto tendrá como consecuencia disminución de materiales (pintura y barniz) ya que se aplicara las cantidades estrictamente necesarias.
- El inconveniente de no contar con una secuencia de aplicación dificulto la estandarización del proceso de aplicación ya que estos eran desarrollados de acuerdo a la experticia de cada aplicador (pintor).
- El método del trabajo es el principal causate de reprocesos en el área de pintura plásticos pero también se debe tomar en cuenta en el futuro el mantenimiento preventivo de las pistolas de aplicación ya que como pudimos identificar en el diagrama de Pareto presentado en el trabajo es el segundo evento de mayor frecuencia.

4.2 RECOMENDACIONES

- Implantar el método propuesto ya que estos describen la forma como el operario debe realizar las operaciones de forma rutinaria.
- Se debe determinar la secuencia de patrón que cubra mejor la superficie a pintar y se acomode adecuadamente al movimiento de la línea y de los operarios.
- Para lograr un buen cubrimiento es necesario aplicar varias manos de pintura, pero debido a la gran capacidad de cubrimiento de las pinturas lo recomendable es aplicar dos manos más una mano adicional cruzada respetando el tiempo de oreo según el material aplicado y las condiciones óptimas de temperatura dentro de la cabina de aplicación.
- Se recomienda siempre contar con los elementos necesarios como son equipos, herramientas e infraestructura adecuada para realizar las operaciones tomando en cuenta parámetros de calidad y realizando las operaciones en los tiempos correctos.
- Finalmente se debe tomar en cuenta que una empresa sin importar su tamaño siempre debe tener un estricto control sobre sus procesos de toda la empresa y en este caso en especial el proceso de aplicación al ser un proceso crítico dentro de la cadena de valor.

REFERENCIAS

Garcia, B. (2007). *Gerencia de Procesos*. bogota: Litotecnica.

Krajewski, L. (2000). *Administracion de operaciones*. ISBN.

maresa. (junio de 2012). *Corporacion Maresa*. Quito,Ecuador: Recuperado de
<http://www.corpmaresa.com.ec/es/linea-de-negocio/nuestras-empresas/ensambladora.html>

Mejia, R. (2000). *Tecnologia aplicada a los procesos de manufactura*. Mexico: UNAM.

Meyers, F. (2006). *estudio de tiempos y movimientos*. Pearson Education.

Retamoso, c. (2007). *Mejora y produccion mas limpia*. Bogota: pontifica universal javeriana.