



**PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE
PINTURA ELECTROSTÁTICA
DE LA EMPRESA V.S.
VENEZOLANA DE SERVICIOS C.A.**

Autores:

Guarino, Vincenzo

C.I: 25.754.455

Marcovich, Fernando

C.I: 26.337.369

Urb. Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego
Teléfono: 0241-8714240 (Master) Fax: 0241-8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE PINTURA
ELECTROSTÁTICA DE LA EMPRESA V.S. VENEZOLANA DE
SERVICIOS C.A.**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Autores:

Guarino, Vincenzo

C.I: 25.754.455

Marcovich, Fernando

C.I: 26.337.369

Tutor:

Ing. Argenis Ceballos

C.I: V-16.241.538

San Diego, 31 de Octubre del 2020.

CARTA DE ACEPTACIÓN DEL DECANO

Universidad José Antonio Páez
Decanato de Ingeniería



FI-I-006-2020-2CR (TG)

Valencia, 15 de octubre de 2020

Ciudadanos:
Guarino M., Vincenzo A.
25.754.455
Marcovich R., Fernando J.
26.337.369
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 04-2020 de fecha 30-07-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE PINTURA ELECTROSTÁTICA DE LA EMPRESA V.S. VENEZOLANA DE SERVICIOS C.A** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación del Ing. Argenis Ceballos C.I: 16.241.538 como Tutor Académico que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Dra. Zaida Osto
Decano (E)

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZO/a.a.



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERIA INDUSTRIAL**

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Argenis Ceballos portador de la cédula de identidad N°, V-16.241.538 en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Fernando Marcovich portador la cédula de identidad N°. V-26.337.369 y el ciudadano Vincenzo Guarino portador de la cedula de identidad N°. V-25.754.455, titulado **PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE PINTURA ELECTROSTÁTICA DE LA EMPRESA V.S. VENEZOLANA DE SERVICIOS C.A.**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Industrial, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 31 días del mes de Octubre del año dos mil veinte.

Ing. Argenis Ceballos
C.I: V-16.241.538

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar le agradezco a Dios, por haberme permitido lograr esta meta.

A mis padres, Joelina Riquez Romero y Fernando Jose Marcovich, por apoyarme, guiarme, aconsejarme e impulsarme a lo largo de la carrera, sin ustedes no lo hubiese logrado.

A mis tíos Gustavo Riquez, Alina Riquez y Alejandro Viloría, por su apoyo incondicional, sus consejos, y por estar pendientes de mí en todo momento.

A mi hermano, Jose A. Viloría, por apoyarme y ayudarme cada vez que lo necesite, que a pesar de la distancia seguimos estando muy unidos.

A personas muy especiales en mi vida que han estado de una manera incondicional, mis tías Marcovich Marcano, Piru, Oscar Martínez, Andres Garcia, a la Flia. Escobar Aguilar quienes me abrieron las puertas de su hogar y me acompañaron y ayudaron durante estos últimos años de mi carrera, a Michell Escobar, quien me impulso cada día a dar lo mejor de mí, gracias por apoyarme y acompañarme en todo momento, por aconsejarme y motivarme cuando se me presentaba una situación difícil. Le debo un agradecimiento muy especial a Keiko Nakata por ayudarme y guiarme durante una época difícil de mi vida, por ser esa mentora que me dio la seguridad y la confianza que necesitaba para levantarme y culminar mis estudios.

Al Prf. Juan Carlos Hernández, por guiarme y aconsejarme a lo largo de la realización del trabajo de grado, por compartir sus conocimientos y su tiempo, gracias por su apoyo.

Fernando J. Marcovich Riquez

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar deseo dirigir mi agradecimiento a todo el personal de la universidad, que a pesar de todas las adversidades siempre están ahí y aportan su grano de arena, por nosotros los estudiantes. En ese caso, me es sin duda alguna, sentirme honrado de agradecer a un profesor muy importante para mí en el transcurso de la carrera, que me ha aconsejado y guiado como un amigo, guía, que me ayudo bastante en mi moldeado como profesional; gracias profesor, amigo y guía Juan Carlos Hernández.

Adrian Farigna y Vito Guarino, ustedes personas, brillantes, dedicadas e increíbles, les agradezco por sus consejos y guía desde el primer momento, ayuda muy apreciada, que me hizo madurar y crecer de una manera muy buena; es por eso, que les agradezco de todo corazón.

En el transcurso de la carrera siempre hay un profesor de entre todos, que sientes que más allá de que te exija, no concuerdas en una que otra idea, pero que al final siempre es por el bien de uno como estudiante, de esta manera quiero darle mis sinceros agradecimientos al profesor Argenis Ceballos, que a través de nuestros mil y un debates en la materia plantas industriales, recordados con cariño, me enseñó el verdadero comportamiento de un profesional.

Estoy muy agradecido con dos personas muy importantes para la escuela de ingeniería industrial, fueron de lo más importante para mí en esta aventura que es mi carrera; Nelly Niño y Ana Avendaño, son como madres en la universidad, siempre se podía sentir su apoyo en cualquier aspecto universitario. Ellas dos con sus miles de cuentos, fascinantes (de la empresa), me inculcaron además de conocimiento, mucha seguridad y amor verdadero por esta carrera.

Te agradezco Francisco Gelanze, por ser de las personas más especiales, dentro de tus características particulares que tanto te define. Hay muchas

cosas que recuerdo con cariño de la universidad, pero las mas significativas, siempre estaban en tu horario de clases, el cual, esperaba o con ansiedad por la evaluación o con gusto, porque sentía que aprendía y a la vez mejoraba como profesional, persona... etc. La verdad que Padrino de la promoción te queda corto, porque me parece que eres más como un padre en el ámbito profesional. Gracias.

Pd: Creo que más personas en la promoción me conocen como Guido.

Y para concluir le agradezco al mejor profesor que existe; el cual, me entiende, me aconseja y me guía como ningún otro, mi padre, Carmine Guarino.

Vincenzo Guarino

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis abuelos, Eloina Romero de Riquez, y Jose Vidal Riquez, quienes fueron, son y serán un pilar importante en mi vida, cada día junto a ellos aprendí algo nuevo, fue un constante aprendizaje desde mi niñez hasta el día de su partida de este plano terrenal, me siento orgulloso de ser su nieto.

A mi madre, Joelina Riquez, una mujer inteligente, decidida y tenaz, quien me ha acompañado, aconsejado, y sobretodo apoyado a lo largo de mi vida, sin ella no lo hubiese logrado.

Y por último, pero no menos importante, este trabajo también está dedicado a mi padre, Fernando Jose Marcovich, quien me ha formado tanto para el ámbito laboral como para la vida, me demostró que para lograr lo que te propongas debes ser perseverante, que no existe un atajo para lograrlo, que lo que llega fácil se va fácil, que lo importante no es lo rápido que llegues a la meta sino todo lo que aprendes en el camino para llegar a ella.

Sus enseñanzas las llevare conmigo por siempre, gracias a ellos hoy en día he llegado hasta donde estoy y soy la persona que soy. Este triunfo es por ellos y para ellos.

Fernando J. Marcovich Riquez

DEDICATORIA

En primer lugar quiero dedicarle todo mi esfuerzo y dedicación a tres personas muy importantes para mí, que han estado a lo largo de esta aventura conmigo, viviendo de la misma manera que yo cuando los profesores cargaban las notas, viendo como me acostaba tarde para manufactura, ayudándome, dándome fuerzas y estímulos; mis padres y mi hermano.

Yo tengo 4 personitas, que 3 en donde están, sé que están orgullosos de mí. Y una vive conmigo. Mis abuelos son unas de las cosas más preciadas que tengo, su fuerza y coraje me formaron desde la casa. De esos 4 abuelos tengo que resaltar 2; los cuales son Nonna Tita y Nonno Vito, las personas más sabias que he visto. De ellos proviene el interés por la ingeniería y por ende por mi padre, sé que donde están ellos en este momento celebran conmigo este momento. Todo lo que he conseguido se los dedico con gran felicidad a mis abuelos.

Te dedico mi éxito María Hurtado, tú que eres la persona más especial que conocí en esta etapa de mi vida y de la que más aprendí.

Sé que no son familia, pero a veces se siente igual. Hay personas que están contigo en las buenas y en las malas sin importar nada, esas personas, son los tesoros más preciados en el mundo. El que tiene un verdadero amigo lo tiene todo. Esta dedicatoria es muy especial, porque va dedicada a Juan que venía a mi casa y me leía las diapositivas en la noche, para que se me grabaran y pudiera salir bien, para Simon que en cualquier momento esta y te da mano, Christian Manziones que sin importar las distancias, siempre está dispuesto a estrechar una mano de ayuda, apoyo y amistad pura. Y para concluir Christian Perfido, tu que sin importar que, estuviste a mi lado en todo momento.

Yo tengo otra familia que se llama la TRIBU, que está constituida por las personas más fieles y especiales del mundo, las que me vieron pasar de

adolescente a adulto y en mi carrera. Estas son 13 o 14 personas con las que yo crecí y me hicieron muy feliz en un punto de mi vida, les dedico este éxito mío, como símbolo de lo que valoro su amistad. Ellos saben, que va y que viene, pero también saben, que la tribu nunca se detiene.

Vincenzo Guarino

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURA.....	xiv
ÍNDICE DE GRAFICAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO	
I. EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	4
1.2 Formulación del problema	7
1.3. Objetivos de la investigación	8
1.3.1. Objetivo general.....	8
1.3.2. Objetivos específicos	8
1.4. Justificación de la Investigación	8
1.5 Alcance.....	9
1.6 Limitaciones.....	10
II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	11
2.2 Bases Teóricas.....	13
2.2.1 Pintura electrostática	13
2.2.1.1 Composición química.....	14
2.2.1.2 Propiedades.....	16
2.2.1.3 Aplicación o técnicas de aplicado.....	19
2.2.2 Calidad	20
2.2.2.1 Definición de Calidad Total.....	21
2.2.2.2 Gestión de la calidad	22
2.2.3 Eficiencia	26
2.2.4 Concepto de desperdicio	26
2.2.5 Scrap.....	28
2.2.5.1 Pasos para la eliminación de Scrap	28

2.2.6	Procesos	29
2.2.6.1	Mejora de procesos	29
2.2.6.2	Herramientas para la mejora de los procesos.....	30
2.2.6	Efecto de la variación en la calidad de un proceso	38
2.2.6.1	Variación de procesos	38
2.2.6.2	Causas de Variación.....	40
2.2.7	Control de producción.....	43
2.2.7.1	Pasos para Implementar un Sistema de Control de Producción	43
2.2.7.2	Funciones del Control de la Producción.....	44
2.2.7.3	Sistema del Control de la Producción	45
2.2.8	Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta.....	45
2.2.8.1	Herramientas de Manufactura esbelta.	47
2.2.8.2	5S's.....	47
2.2.8.3	Kanban	47
2.2.8.4	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	48
2.2.8.5	Poka Yoke	48
2.2.9	Tablas Militares.....	49
2.2.10	Indicadores de Gestión.....	50
2.2.11	Lote, tamaño de lote y muestra	52
2.2.11.1	Lote	52
2.2.11.2	Tamaño de lote.....	52
2.2.11.3	Muestra.....	52
2.3	Definición de términos.....	53

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1	Tipo de Investigación.....	55
3.3	Nivel de Investigación	56
3.4	Población y Muestra.....	56
3.4.1	Población.....	56
3.4.2	Muestra.....	57
3.5	Técnicas de Recolección de Datos.....	57
.	Observación Directa.....	57
.	Entrevista estructurada.....	58
.	Revisión documental.....	58

·	Revisión bibliográfica	58
3.6	Instrumentos de Recolección de Datos	59
·	Ficha de Observación.....	59
·	Guion de entrevista	59
·	Ordenes de producción.....	59
·	Manuales	60
3.7	Técnicas de análisis.....	60
·	Grupo Nominal	60
·	Diagrama de Ishikawa.....	60
·	5 ¿Por qué?.....	61
·	Diagrama de Pareto	61
3.8	Fases Metodológicas	61

IV. RESULTADOS

4.1.	Fase I. Diagnóstico de la situación actual del proceso de pintura electrostática.....	63
4.1.1	Revisión documental del proceso de pintura electrostática.	64
	Descripción de la cabina de pintura.	66
	Recuperación de pintura electrostática.....	70
4.1.1.2	Descripción de la pintura electrostática.....	71
4.1.2.	Observación directa en la línea de pintura electrostática del área de pintura.....	73
4.1.3.	Diseño de instrumento de recolección de datos y análisis.	76
4.1.4.	Resultados de la herramienta Gestión de Desperdicio.	78
4.1.5.	Aplicación de la entrevista estructurada.	80
4.1.5.1.	Resumen de las debilidades obtenidas en el diagnóstico.	83
4.2.	Fase II. Análisis de las causas generadoras de desperdicio encontradas en el proceso de pintura electrostática.	84
4.2.1.	Análisis de las causas basado en el diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto).....	85
4.2.2.	Estudio del Diagrama de Ishikawa realizado en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.	87
	Mediante la ponderación resultante de la técnica del grupo nominal, se logró ordenar y priorizar las causas en el siguiente orden:	91
4.2.4.	Análisis de las causas principales basado en el diagrama de Pareto.	91

4.2.5. Implementación de la herramienta de análisis de cinco (5) ¿Por qué?	94
4.2.6. Las oportunidades de mejora encontradas como resultado del análisis de las debilidades.	95
4.3. Fase III. Plan de mejora en el proceso de pintura electrostática que permita la reducción de los desperdicios del proceso.	96
4.3.1. Estrategia de mejora N°1: Mejoramiento de la Configuración de la máquina de pintura.	96
4.3.1.1 Uso y beneficios del Mejoramiento de la configuración de la máquina de pintura.	97
4.3.2. Estrategia de mejora N°2: Implementación de sistema de recolección de pintura automatizado.	100
4.3.2.1. Uso y beneficios del sistema de recolección de pintura automatizado.	102
4.3.3. Estrategia de mejora N°3: Propuesta de la implementación de Check List de puesta a punto para la línea de pintura electrostática....	104
4.3.3.1. Uso y beneficios del Check List de puesta a punto.	104
4.3.4. Estrategia de mejora N°4: Sistema de indicadores para el control del proceso	107
Control de cantidad de pintura adherida	107
Control de tiempo estándar	110
4.3.4.1. Uso y beneficios del sistema de indicadores para el control del proceso.	113
Control de cantidad de pintura adherida	113
Control de tiempo estándar	113
4.3.5. Estrategia de mejora N°5: Implementación de ganchos de bajo diámetro.	115
4.3.5.1. Uso y beneficios de la implementación de ganchos de bajo diámetro.	117
4.3.6. Estrategia de mejora N°6: Manual de procedimientos para la línea de pintura electrostática.	119
4.3.6.1. Uso y beneficios del Manual de procedimientos para la línea de pintura electrostática.	120
4.4. Fase IV. Evaluación de la factibilidad del plan de mejora diseñado.	125
4.4.1. Inversión requerida para cada propuesta.	128
4.4.2. Análisis de la relación Costo-Beneficio.	129

4.4.3. Factibilidad operativa de las propuestas.....	130
4.4.4. Factibilidad Ambiental-Social.	131
COCLUSIONES.....	132
RECOMENDACIONES.....	134
REFERENCIAS.....	135
ANEXOS.....	139
A-1: Inicio del troubleshooting.....	139
A-2: Lista de defectos del troubleshooting.....	140
A-3: Causas del primer defecto del troubleshooting.....	141
A-4: Solucion de la primera causa del primer defecto del troubleshooting...	142
B-1: Validacion de instrumento, entrevista estructurada, P-1.....	143
B-2: Validacion de instrumento, entrevista estructurada, P-2.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA

1. Pistola de aplicación de pintura.....	20
2. Diagrama de Pareto.....	31
3. Grafico de Control.....	33
4. C.E.P.....	37
5. Modelo de Variacion de Proceso.....	39
6. Analisis de Mejoramiento.....	39
7. Causas Comunes y Especiales de Variación.....	41
8. Flujograma del proceso de pintura electrostatica.....	65
9. Area de lavado.....	66
10. Carril de la línea de pintura.....	67
11. Cabina y máquina de pintura electrostática.....	68
12. Máquina de pintura electrostática KCI-901.....	68
13. Compresores de la línea de pintura.....	69
14. Horno industrial de la línea de pintura electrostática.....	69
15. Pintura no adherida en el piso de la cabina de pintura.....	70
16. Recolección de la pintura no adherida.....	71
17. Piezas con pintura electrostática, acabado final.....	72
18. Escape de pintura en polvo de la cabina de pintura.....	74
19. Pintura usada por segunda vez, contaminada, desperdicio.....	75
20. Formato gestión de desperdicio.....	77
21. Muestra Formato gestión de desperdicio.....	78
22. Termómetro del horno de curado.....	82
23. Diagrama de Ishikawa.....	86
24. Herramienta de optimización de la configuración de máquina de pintura.....	99
25. Esquema de sistema de recolección de pintura automatizado.....	101

26. Foto del sistema de recolección de pintura automatizado.....	101
27. Check List propuesto para la puesta a punto de la maquina.....	106
28. Gráfico de control X-R, pintura adherida, en gramos.....	109
29. Gráfico de control X-R tiempo de pintado en segundos.....	112
30. Esquema de gancho propuesto.....	117
31. Gancho usado en la línea de pintura electrostática.....	118
32. Manual de procedimientos, portada.....	121
33. Manual de procedimientos, p-1.....	122
34. Manual de procedimientos, p-2.....	122
35. Manual de procedimientos, p-3.....	123
36. Manual de procedimientos, p-4.....	123
37. Manual de procedimientos, p-5.....	124
38. Manual de procedimientos, p-6.....	124
39. Manual de procedimientos, p-7.....	125

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICAS

1. Relación Pintura-Desperdicio.....	7
2. Curva de Curado Epoxi.....	17
3. Curva de Curado Poliester-Tigc.....	18
4. Curva de Curado Epoxi-Poliester.....	19
5. Resultados formato gestion de desperdicio.....	79
6. Diagrama de Pareto.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA

1. Indice de Desperdicio.....	6
2. Propiedades Mecanicas Epoxi.....	16
3. Propiedades Mecanicas Poliester.....	17
4. Propiedades Mecanicas Epoxi-Poliester.....	18
5. Descripcion de Causas Comunes y Especiales.....	41
6. Interpretacion al Analizar Causas Comunes y Especiales de Procesos.....	42
7. Tablas Militares.....	50
8. Defectos en acabado final y posibles causas.....	72
9. Resumen de las soluciones propuestas por los entrevistados.....	83
10. Resumen de las causas encontradas en el proceso.....	87
11. Resultados Tecnica grupo nominal.....	90

12. Frecuencias de causas en el proceso.....	92
13. Herramienta de analisis de cinco (5) ¿Por qué?.....	94
14. Resumen de mejoras identificadas en el analisis.....	95
15. Ventajas productivas y economicas de la optimizacion de la configuracion de maquina de pintura.....	98
16. Comparativa del desperdicio de pintura con el sistema de recoleccion actual y el propuesto.....	103
17. Ventajas producctivas y economicas de la implementacion del sistema de recoleccion de pintura automatizado.....	103
18. Ventajas productivas y económicas de la implementación del Check List de puesta a punto para la línea de pintura electrostática....	105
19. Ventajas productivas y económicas del Control de pintura adherida mediante gráficos de control.....	114
20. Ventajas productivas y económicas del control de tiempo estándar de producción mediante gráficos de control.....	115
21. Ventajas productivas y económicas de la implementación de ganchos de bajo diámetro.....	118
22. Ventajas productivas y económicas del manual de procedimientos para la línea de pintura electrostática.....	120
23. Inversión requerida para la propuesta N°1.....	125
24. Inversión requerida para la propuesta N°2.....	126
25. Inversión requerida para la propuesta N°3.....	126
26. Inversión requerida para la propuesta N°4.....	127
27. Inversión requerida para la propuesta N°5.....	127
28. Inversión requerida para la propuesta N°6.....	128
29. Inversión total del plan de mejoras.....	128



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE PINTURA
ELECTROSTÁTICA DE LA EMPRESA V.S. VENEZOLANA DE
SERVICIOS C.A.**

Autores: Marcovich, Fernando

Guarino, Vincenzo

Tutor: Ing. Argenis Ceballos

Fecha: 31 de Octubre del 2020

RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como propósito presentar una propuesta de mejora en el área de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. Para lograr el objetivo trazado, se utilizaron diversas técnicas y herramientas con el fin de hallar oportunidades de mejora, que se alinearan a las premisas y necesidades del proceso de esta empresa. Este trabajo se enmarca en un proyecto factible con una investigación de campo y documental, y un nivel descriptivo. Como técnica de recolección de datos se utilizaron la observación directa y así mismo la entrevista a personal experto y capacitado. Gracias a la investigación y las herramientas aplicadas se lograron hallar una serie de debilidades dentro del proceso como lo son la configuración no optima de las variables de la máquina de pintura, inexistencia de estandarización de tiempos de producción, fuga de materia prima de la cabina de pintura, entre otras debilidades, las cuales son posibles causas generadoras de desperdicios, el plan de mejora diseñado tiene como finalidad disminuir los niveles o erradicar por completo las causas antes mencionadas.

Descriptores: Plan de mejora, Pintura electrostática, Eficiencia.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diferentes tipos de tecnologías enfocadas al recubrimiento de pintura en productos metálicos, estos recubrimientos suelen ser en pintura líquida o pintura en polvo, siendo la pintura en polvo la más demandada en el mercado actual, ya que su calidad y vida útil (10 años) supera ampliamente a las pinturas convencionales. Este tipo de pintura, bien conocida como pintura electrostática, se caracteriza por su durabilidad, el espesor de las capas y su resistencia a la corrosión.

El proceso para el recubrimiento en polvo consta de varios subprocesos que se pueden dividir en tres grandes grupos, en la primera etapa se realiza el acondicionamiento, en donde se limpia el material para eliminar grasa y partículas de la pieza y luego se procede con el proceso de fosfatado para evitar la corrosión, la segunda es la de pintado allí se carga la pintura negativamente y la pieza se aterriza de tal manera que sea un imán para la pintura, por último se procede con la tercera etapa en donde la pieza pintada pasa por un horno entre los 180° y 200°, este es el proceso de polimerización en la que se da el curado de la pintura y adquiere su acabado final.

Sin duda las fases más importantes en todo el proceso son la de curado y recubrimiento, y éstas dependen directamente de dos factores: el horno y el sistema de puesta a tierra respectivamente. Para garantizar un correcto curado y polimerización de la pintura es necesario someter la pieza a una temperatura superior a los 180°C esto se hace con un horno Trifásico, es por esto que se hace relevante que la alimentación de dicho horno cumpla los valores nominales estipulados por el fabricante para su óptimo funcionamiento, es de

esta manera que el correcto funcionamiento de toda la red será fundamental para obtener la eficiencia energética deseada.

Por otra parte, se encuentra la etapa del recubrimiento de pintura en polvo, donde es fundamental contar con un sistema de puesta a tierra bastante eficiente ya que de éste depende que la pieza adquiera la carga positiva necesaria para la correcta adherencia de la pintura a la pieza.

La empresa V.S. Venezolana de Servicios que se dedica a pintar piezas metálicas con pintura electroestática, presenta la necesidad de solucionar la problemática presente en el proceso la cual radica en la generación de altos niveles de desperdicios de materia prima, con el fin de mejorar la línea de producción de la empresa, determinar los tiempos estándar que no se poseen actualmente y lograr una disminución de desperdicios, mediante la propuesta de mejoras aplicando herramientas de control de calidad y de manufactura esbelta.

El presente trabajo de grado se encuentra estructurado con cuatro capítulos de la manera siguiente:

Capítulo I El Problema: Se describe el problema existente, el objetivo principal, los objetivos específicos y la razón por la que este debe llevarse a cabo. De igual forma se dará a conocer de manera explícita el alcance y limitantes que tendrá el trabajo de grado.

Capítulo II Marco Teórico: Se establecerán las teorías que sustentan la realización del proyecto al igual que los antecedentes existentes que puedan aportar al mismo.

Capítulo III Marco Metodológico: En el cual se darán a conocer la metodología que se empleará para el desarrollo de este trabajo y se especificarán los métodos utilizados para recolectar y analizar la información necesaria, como también se da a conocer el tipo de investigación empleada y su diseño, se especifican las técnicas de recolección de datos que se utilizaron y por último se presentan las fases metodológicas que se desarrollaron.

Capítulo IV Resultados: Se presentan los resultados obtenidos por la investigación, desde el análisis del proceso, descripción de la situación actual del proceso, información y datos obtenidos por la observación directa y encuesta implementada al personal, y por último se presentan una serie de propuestas de mejoras basadas en los resultados obtenidos.

Se llegó a la conclusión de que los altos niveles de desperdicio de materia prima son ocasionados en su mayoría por la configuración inadecuada de las variables de la máquina de pintura, tiempos estándar de pintado no establecidos, implementación de ganchos inadecuados y proceso de recuperación de pintura deficiente, a su vez, se recomienda que se implemente el plan de mejora propuesto, implementar el sistema de recolección de pintura automatizado, aplicar y entregar al personal el manual de procedimientos del proceso de pintura electrostática, impartir capacitaciones al personal sobre el proceso, crear planes de mantenimiento, se recomienda sustituir los medidores de temperatura del horno por uno digital e implementar una alarma visual o sonora, y por último se recomienda aplicar un troubleshooting para los defectos de la pintura.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

Los inicios de la pintura electrostática remontan entre finales de los años 40 e inicio del año 50 mediante el recubrimiento de piezas con polímeros pulverizados y adheridos gracias al calor. El proceso de sintetización en remolino desarrollado por el científico Dr. Erwin Gemmer, fue el primer proceso estandarizado de recubrimiento en polvo, cuya desventaja era el gran espesor de las capas que se creaban que no era conveniente en algunas aplicaciones. Dicho problema fue resuelto alrededor del año 1960 gracias a la creación de las pistolas de pulverización electrostática, que permitían la aplicación de un recubrimiento más fino en las piezas.

A finales de los años 60, se implementaron en las industrias las primeras cabinas de recubrimiento, y a principios de los años 70 se desarrollaron las primeras pistolas "Corona" con las cuales se suministraba en cabina la pintura y a su vez por su boquilla se suministraba la carga eléctrica, convirtiéndose en prototipo para las pistolas y cabinas que se utilizan para el recubrimiento actualmente. A partir de 1990 se comenzó a evidenciar en algunas industrias transportadores de recubrimiento en polvo, los cuales son una línea continua de pintura electrostática donde las piezas atraviesan la línea entera y todos sus procesos a través de carriles o una transportadora. Desde el año 2000 se pudo apreciar la implementación de la pintura electrostática en la industria automotriz y de electrodomésticos, cada año se suman más compañías al uso de este recubrimiento por todos los beneficios que le otorga a las piezas y a las empresas. La tecnología de las cabinas como de las pistolas, se ha optimizado de manera continua desde la década de 1970 hasta nuestra actualidad.

El incremento del consumo e implementación de la pintura electrostática es notorio a nivel mundial, ya sea por sus bajos niveles de contaminación, costo o por

los beneficios que otorga gracias a sus propiedades que van desde las antibacteriales hasta las anticorrosivas. Consiste en un proceso que emplea partículas de una mezcla entre polímeros, pigmentos y minerales, que al ser atomizada por una maquina la cual carga el polvo eléctricamente y lo dirige a la pieza que será trabajada con conexión a tierra, el polvo se adherirá por atracción electrostática, luego, la pieza con el polvo debe ser introducida en un horno con temperaturas entre 150° y 200° grados Celsius para lograr que se funda y forme el revestimiento con la dureza, adherencia y resistencia deseada.

En un estudio sobre consumo mundial de recubrimientos publicado por IMPRA Latina, portal dedicado a la industria latinoamericana de pintura y recubrimientos, asegura que el consumo mundial de recubrimientos para el año 2016 fue de US\$121.000 millones, teniendo una tasa de crecimiento anual del 4%, estimando que en el año 2021 el consumo mundial rondaría los US\$147.000 millones, siendo la región de Asia y el pacífico los principales consumidores de este producto, con un 47% y 45% respectivamente.

Actualmente en Venezuela se estima que un 75% de las empresas que ofrecían el servicio de pintura electrostática han cesado sus operaciones y paralizado sus líneas de producción debido a problemas económicos y sociales en el país, aumentando la demanda de pintura electrostáticas para las pocas empresas que aun ofrecen sus servicios. Es por ello, todos los sectores de la economía, con énfasis en el sector manufacturero, deben adaptarse a las circunstancias que imponga su entorno y confrontar múltiples situaciones.

V.S. Venezolana de Servicio, C.A. empresa ubicada en Mariara Estado Carabobo, cuenta con una línea de pintura electrostática en polvo conformada por dos (2) operaciones las cuales son: pintado y secado, para desarrollar el recubrimiento con pintura electroestática a piezas metálicas de productos manufacturados y ensamblados por otras compañías, brindando un servicio de calidad adaptándose a las necesidades y presupuestos de cada uno de sus clientes. En dicho proceso se presentan grandes

cantidades de desperdicio en materia prima, lo que genera gran preocupación dado los elevados costos que significan tener altos niveles de desperdicios en el proceso.

Tabla 1. Índice de desperdicios en la línea de pintura electrostática para pintado de piezas de área 0,182m².

Mes - Año	# de piezas	Pintura empleada (Kg)	Pintura desperdiciada (Kg)	Pintura desperdiciada (%)
Enero - 2020	24000	838,15	127,12	15,17
Diciembre - 2019	15000	523,84	75,80	14,47
Noviembre - 2019	18000	628,61	93,91	14,94
Octubre - 2019	22000	768,30	118,78	15,46
Septiembre - 2019	20000	698,46	106,72	15,28

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Autor: Marcovich F. y Guarino V.

Mediante la recolección de datos correspondiente a la producción del mes de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2019 en conjunto con el mes de enero del año 2020, donde la empresa pinto tapas metálicas para filtros de aire automotriz, cada pieza posee una superficie de 0,182m²; estas tapas son las piezas con más demanda en el servicio de pintura de la compañía; la recolección de datos de producción arrojó un alto índice de desperdicio en la línea de pintura electrostática, donde en promedio el 15% de la pintura utilizada es desperdiciada mensualmente (ver tabla 1), es una cantidad significativa que ocasiona un impacto económico relevante, donde el promedio porcentual de pintura desperdiciada es del 15,06% desperdicio el cual genera un costo a la empresa de USD \$1.149,14 (mil ciento cuarenta y nueve con catorce centavos) al mes, una problemática que muestra la necesidad de encontrar una solución y lograr así un aumento en la eficiencia de dicho proceso, disminuyendo los niveles de desperdicios generados dentro del área de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.

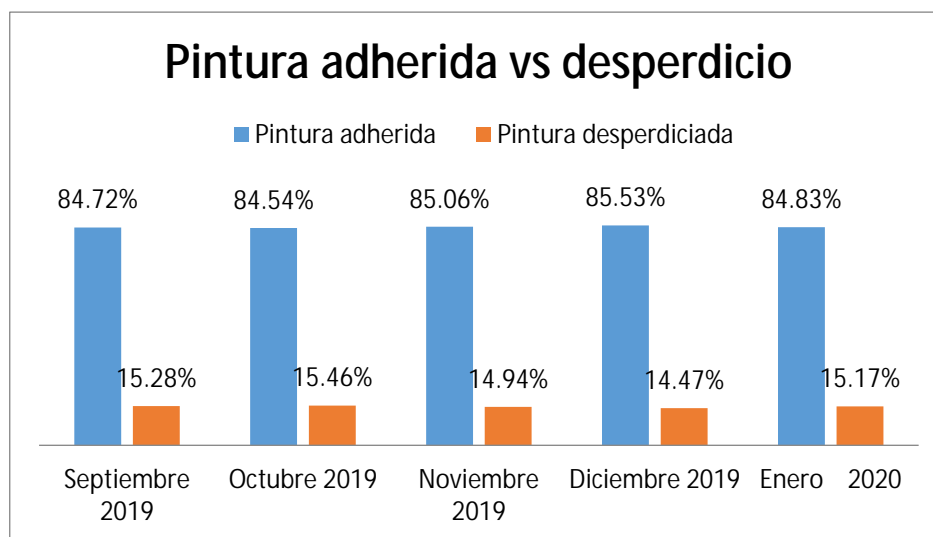


Gráfico 1. Relación Pintura adherida vs desperdicio.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Autor: Marcovich F. y Guarino V

El porcentaje de la pintura desperdiciada representado en la tabla 1 y gráfico 1 genera un impacto económico notable para la empresa, creando una problemática recurrente en cada mes, donde nace la necesidad de plantear una medida que cumpla con la finalidad de disminuir los niveles de desperdicio en la línea de pintura minimizando la problemática planteada anteriormente, es allí donde surge la propuesta de mejora en el área de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A., con la finalidad de analizar el proceso, identificar las causas del desperdicio y lograr proponer los avances correspondiente que se logren reflejar una mejora de los indicadores de gestión de la empresa.

1.2 Formulación del problema

Frente a esta situación los investigadores se han planteado la siguiente interrogante:

¿De qué manera se podrán disminuir y controlar la generación de desperdicio en el proceso de "pintura electrostática" de la empresa V.S. Venezolana de servicio C.A.?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Proponer un plan de mejoras en el proceso de pintura electrostática en el área de pintura de la empresa "V.S. Venezolana de servicio, C.A.", que permita disminuir los niveles de desperdicio con el uso de herramientas de ingeniería industrial.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la línea electrostática, del área de pintura de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.
- Analizar las debilidades generadoras de desperdicio encontradas en el proceso de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios, C.A.
- Proponer un plan de mejoras que conduzcan a la reducción de desperdicios en el área de pintura de la empresa "V.S. Venezolana de servicio, C.A.", en función de los datos obtenidos durante el análisis.
- Evaluar la factibilidad social, ambiental, económica, técnica y operativa del plan diseñado.

1.4. Justificación de la Investigación

Toda organización tiene la constante necesidad de mantener los costos bajos y aumentar el ritmo de producción; Dicha meta se logra entre muchas tareas, identificando los desperdicios existentes en el proceso, disminuyendo sus niveles y de ser posible, eliminándolos. También deben estar bajo riguroso control estadístico las variables críticas concernientes al proceso productivo que elabora el bien de consumo o da forma al servicio. Implicar un pensamiento sistémico puede denotar oportunidades de ahorro que redunden en la productividad y competitividad.

En el área de pintura de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. se requiere identificar las causas del desperdicio presente en el proceso de "Pintura Electroestática en Polvo", el cual afecta económicamente de manera

relevante a la empresa, desperdiciando en promedio mensual un 15,06% de la materia prima utilizada, ocasionando pérdidas monetarias a la compañía, cuyo costo aproximado de dicho desperdicio es de USD \$1.149,14 (mil ciento cuarenta y nueve dólares con catorce centavos) al mes. La finalidad de este trabajo de grado es lograr crear un plan de mejora con el cual se consiga disminuir significativamente el porcentaje de desperdicios, y mejorar la eficiencia del proceso.

Dicho plan de mejoras otorgara una serie de beneficios a la empresa como lo son la disminución de los niveles de desperdicios y los costos que estos generan lo que ayuda también el aumento del margen de ganancia, al tener un control de los tiempos y del proceso se podrá producir más en menos tiempo a su vez se podrá controlar fácilmente la calidad del producto. A su vez, la implementación de dicho plan de mejora otorga una serie de ventajas productivas como lo son el control de los tiempos estándar de producción, reducción de los niveles de desperdicio de materia prima, por ende se podrá recubrir más piezas con la misma cantidad de pintura que se emplea actualmente, como también, se podrá mejorar los tiempos de producción y la calidad del producto gracias a la capacitación del personal, proporcionando de esta manera un valor agregado a la empresa en su mejoramiento del proceso de pintura electrostática como también el mejoramiento y control de la calidad del producto final.

1.5 Alcance

El alcance de la presente investigación está enmarcado en la identificación y cuantificación de los desperdicios presentes dentro de la línea de Pintura Electrostática en Polvo en el área de Pintura de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. El trabajo se llevará a cabo mediante metodologías de mejoramiento continuo y herramientas de ingeniería industrial, las cuales servirán para investigar e identificar las variables críticas del proceso, sus causas especiales de variación, también será de utilidad para

identificar los puntos de desperdicios y su relevancia e impacto en el proceso. Los resultados que se obtengan del presente trabajo de grado serán de gran valor para futuros proyectos de la empresa, ya que con los datos sistematizados se pretende crear un modelo para extrapolar este trabajo a todas las piezas procesadas en la línea de pintura electrostática, a su vez, es importante destacar que la decisión de la aplicación de las propuestas de mejora resultantes del presente trabajo quedara bajo la responsabilidad de la empresa.

1.6 Limitaciones

La presente investigación se realiza en las instalaciones de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A, ubicada en Mariara, estado Carabobo. Existen limitaciones diversas como son la información requerida y las limitantes que se presentan por la pandemia actual COVID-19, donde la de mayor impacto a la investigación es la información, ya que está limitada a la que la empresa proporcione para realizar el estudio en el proceso de pintura electrostática, a su vez la empresa se reserva el derecho de la confidencialidad de la información técnica. Como medidas de prevención a la pandemia actual COVID-19 se ha restringido el paso en diferentes sectores del estado Carabobo, dificultando la movilización, a su vez se han suspendido momentáneamente algunas actividades productivas, o reduciendo parcialmente la cantidad de tiempo productivo en las empresas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Es necesario el análisis e investigación de diversas fuentes de información que sirvan de guía para el presente trabajo de grado, y eso es lo que se presenta en este capítulo, reseñas de investigaciones realizadas que son tomadas como antecedentes de la presente investigación, como también las bases teóricas y legales que respaldan el planteamiento del presente trabajo de grado.

2.1 Antecedentes de la Investigación

Para el desarrollo de este trabajo de grado se tomaron en cuenta trabajos realizados por otros autores como referencias que contribuyan y/o complementen el proceso de alcanzar los objetivos y resultados esperados. Estos proyectos se describen brevemente en orden cronológico a continuación:

En primer lugar, Rodríguez Y. (2017) en su trabajo de grado titulado **“Plan de mejoras para la reducción de desperdicios en el área de extrusión, en la compañía anónima Goodyear de Venezuela”** como requerimiento para la obtención de Título de Ingeniero Industrial en la Universidad José Antonio Páez, ubicada en San Diego, Edo. Carabobo, en el cual plantea la reducción de desperdicios mediante técnicas de mejora continúa.

El anterior trabajo de investigación, guarda estrecha relación con el actual estudio que se realiza, ya que se implementaron herramientas estadísticas para analizar las causas generadoras de desperdicio, herramientas de ingeniería industrial, dicho trabajo de grado concluye con una propuesta de mejora basada en diseñar un plan de mantenimiento preventivo a la maquina entubadora, para evitar las frecuentes fallas, y en mejorar las condiciones de trabajo mediante la aplicación de la técnica de las 5S.

Así mismo, Vázquez S. (2016) en su trabajo de grado titulado **“Propuesta de mejora del proceso productivo en una empresa del sector químico bajo el**

enfoque de manufactura esbelta” como requerimiento para la obtención de Título de Magister en Ingeniería Industrial en la Universidad de Carabobo (U.C.) ubicada en Naguanagua, Edo. Carabobo en el cual plantea un proyecto en el cual tuvo como objetivo general proponer mejoras en una empresa del sector químico bajo el enfoque de la manufactura esbelta a fin de reducir desperdicios, la investigación está focalizada en la línea de tercera calidad manufacturada en la planta de emulsiones de la empresa C.A. Venezolana de Pinturas.

En dicho trabajo fueron implementadas las herramientas de la manufactura esbelta como también la metodología DMAIC, donde se obtuvieron los siguientes resultados y conclusiones, con la finalidad de reducir los desperdicios concluyeron que se deberá ajustar y estandarizar formulas, redistribuir las actividades y puestos de trabajo y la reubicación de zonas logísticas.

Por último, Bernal C. y Osorio C. (2015) en su trabajo de grado titulado **“Optimización del proceso productivo de la sección de pintura de la empresa Industrias Cruz Hermanos S.A. mediante la metodología Seis Sigma”** como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero Industrial en la Universidad Libre de Colombia, ubicada en Bogotá - Colombia, en el cual se plantea la optimización del proceso productivo de la sección de pintura de la empresa Industrial Cruz Hermanos S.A. mediante la metodología Six Sigma en la sección de pintura.

Se plantearon cinco objetivos específicos en el proyecto, los cuales fueron los siguientes, realización de un diagnóstico inicial de los procesos productivos en Industrias Cruz Hermanos S.A., estandarizar los procesos que se realizan en la sección de pintura de la planta de producción de la empresa, sensibilizar al personal de la sección de pintura con el fin de implementar la metodología Six Sigma en cada uno de los procesos, reducir la variación en la cantidad de defectos que se presenten en un periodo determinado y por ultimo elaborar un plan de mejora que permita solucionar las problemáticas siguiendo como parámetros la metodología Six Sigma y socializarlos a la alta dirección de Industrias Cruz Hermanos S.A.

A su vez, en dicho trabajo se implementaron herramientas como el diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa y control estadístico, obteniendo resultados como lo son la estandarización de los procesos, verificación del proceso y mejora continua en dicho proceso.

2.2 Bases Teóricas

Las bases teóricas son el sustento de la investigación, comprendiendo un conjunto de conceptos y proporciones, que constituyen un punto de vista o enfoque determinado y que de esta manera se observa una visión más amplia sobre la investigación y esto sirve como punto de partida de la misma. En tal sentido, Arias (2016) afirma que “Las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado”. (p. 107).

2.2.1 Pintura electrostática

La pintura electrostática es un tipo de recubrimiento que puede ser aplicado a piezas de material metálico y algunos polímeros, se trata de una mezcla en polvo seco de pigmentos, minerales y polímeros, que se adhiere a la pieza mediante cargas electrostáticas, y al elevar la temperatura en un horno de curado el polvo se funde y se adhiere a la pieza uniformemente. Según Pavon, C. (2018):

“En el recubrimiento clásico de polvo, las superficies de las piezas conductoras de electricidad se recubren con una pintura en polvo. El proceso original de recubrimiento en polvo es por lo tanto sólo adecuado para objetos metálicos. Antes del recubrimiento en polvo real, las piezas de trabajo deben ser limpiadas y pre tratadas. Luego se envían a un sistema de aplicación. En este punto, el polvo se aplica a las piezas de trabajo y se cuece en sus superficies a temperaturas de hasta 250°. El término técnicamente correcto para este proceso es la reticulación, y constituye el núcleo del proceso de recubrimiento con polvo. El efecto del calor causa enlaces cruzados entre las estructuras del polvo de pintura y la superficie de la pieza de trabajo. Las piezas de trabajo son

enviadas por un sistema de transporte a las distintas estaciones de revestimiento en polvo.” (p. 3)

A diferencia de la pintura líquida que contiene un solvente el cual debe evaporarse para que la pintura se adhiera y forme una capa muy delgada, la pintura en polvo al no poseer ningún solvente se pueden adherir a la pieza partículas mucho más grande creando una capa de pintura con un mayor grosor de la que puede formar la líquida. Debido a esa capa gruesa de pintura se le otorga a la pieza pintada propiedades que ayudan en contra de la corrosión, impactos, oxidación, entre otros.

Para la aplicación de dicha pintura son necesarios algunos elementos como lo son la máquina de pintura electrostática, la cual posee un tanque donde se debe depositar la pintura en polvo y mediante una pistola la cual carga eléctricamente el polvo al mismo tiempo que es atomizado por su boquilla logrando que se adhiera a la pieza conectada a tierra, a su vez es necesario un compresor que le proporcione la presión de aire comprimido necesario para el funcionamiento de la máquina, y también un horno de curado donde el polvo logre llegar a su punto de fusión y se adhiera totalmente a la pieza creando un recubrimiento resistente.

2.2.1.1 Composición química

La pintura electrostática es un compuesto de resinas sintéticas, endurecedores, aditivos, pigmentos y cargas. Los porcentajes en los cuales estos se presenten, dará a la pintura las características propias como lo son el color, la resistencia, la flexibilidad y el acabado. La composición de la pintura es demasiado variada como para tener valores porcentuales absolutos de todos los posibles tipos de pintura que se puedan desarrollar, sin embargo, existen algunos lineamientos que permiten al formulador ir modificando las cantidades de los compuestos hasta lograr el producto que se requiere en determinada aplicación.

Las resinas son la base de la pintura, ya que son las encargadas de aportarle el brillo y la mayoría de propiedades mecánicas a la misma. Para lograr un buen recubrimiento en la pieza se habla de tener aproximadamente entre un 50-55% del peso total en resina. Y su porcentaje es directamente proporcional al aumento de las propiedades que le da a la pintura. Los endurecedores son los compuestos que reaccionan con las resinas para que se dé la polimerización. De acuerdo al tipo de resina que se use para las 20 diferentes aplicaciones, tiene también su endurecedor definido. Por esto, el endurecedor no tiene muchas posibilidades de variación dentro de las pinturas y se podría asumir como un valor constante.

Los pigmentos son los encargados de darle el color a la pintura. Para este compuesto en particular la formulación porcentual es similar a la de la pintura líquida, ya que el color exacto que se requiere tiene sus porcentajes definidos en los colores que lo conforman. Los pigmentos que se utilizan para la pintura electrostática deben ser especiales para soportar y no decolorarse a las altas temperaturas que son sometidos en el proceso de polimerización. Las cargas son los componentes encargados de brindar al producto final importantes propiedades mecánicas como la resistencia al impacto, también ayudan a eliminar el brillo excesivo que puedan dejar las resinas en la pintura.

Por último, los aditivos son el componente de menor porcentaje dentro de la pintura, y están encargados del aspecto y del acabado de la pintura, para que sea de manera prolija y homogénea. Pese a la cantidad de posibilidades que se pueden gestar modificando los porcentajes de los componentes de la pintura electrostática, actualmente en el mercado existen tres tipos de pintura comercial: el epoxi, la poliéster- Tgic, y el epoxi/poliéster (hibrida). Las cuales se pueden comprar del color necesario y que abarcan aproximadamente el 87% de consumo de pintura electrostática.

2.2.1.2 Propiedades

Cada uno de estos tipos de pintura es utilizado en la industria para diferentes aplicaciones, poseen diversas propiedades en las cuales se deben tener en cuenta factores como la corrosión, la exposición al sol y la resistencia al impacto.

- **Pintura Epoxi**

Está conformada por resinas epoxidicas, las cuales son utilizadas principalmente con fines funcionales, sacrificando así un poco el acabado. Las características esenciales de este tipo de pintura es que cuenta con una elevada resistencia a los impactos, garantiza un muy buen rendimiento de aplicación, mejora la adherencia de las posteriores capas de pintura, tiene un alto agente para evitar la oxidación y no es contaminante. En contraprestación a estos beneficios, la pintura epoxi tiene muy baja durabilidad en brillo y acabado, y no son recomendados para aplicaciones a la intemperie. Las aplicaciones más comunes para este tipo de pinturas son: Anticorrosivos, acabados funcionales, y resistencia química (ver tabla 2), (ver gráfico 2).

Tabla 2. Propiedades mecánicas epoxi.

BRILLO GARDNER A 60 ° (ISO 2813)	15 – 75
ADHERENCIA: RESISTENCIA AL CUADRICULADO ISO (2409)	100 %.
DUREZA KONIG (ISO 1522)	90 - 130 oscilaciones
DUREZA AL LÁPIZ (ABNT NBR 7527)	3 H
FLEXIBILIDAD AL MANDRIL CÓNICO (ISO 1519)	Resistente
ENSAYO DE IMPACTO (ASTMD 2794)	80 – 120
RETENIDO SOBRE ALPINE (ASTME 11 - 70):	
MALLA 200	0 – 9 %
MALLA 400	25 – 75 %
ESPESOR (ISO 2360)	50 – 60 micrones

Fuente: Arnum (2007)

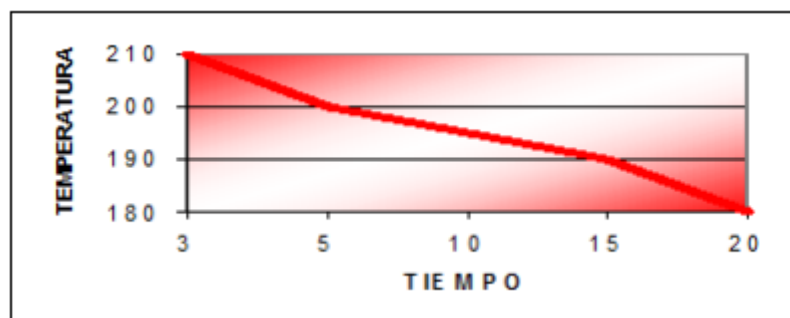


Gráfico 2. Curva de curado Epoxi

Fuente: Arnum (2007)

- **Pintura poliéster-Tgic**

Esta contiene resinas de poliéster endurecidas con triglicidilisocianurato. Las características esenciales de este tipo de pintura es la alta resistencia a la intemperie, con una alta retención de brillo, mantiene estables los colores y el acabado, tiene alta resistencia a los rayos ultra violetas y a la temperatura. En contraprestación a estos beneficios, la pintura poliéster-Tgic tiende a reventarse si se tiene una alta carga funcional, como lo pueden ser impactos y dobleces, también tiene menor resistencia a la oxidación y a los agentes químicos. Las aplicaciones más comunes para este tipo de pintura son: exteriores, zonas donde se genere calor y obras de arquitectura en la parte de acabados (ver tabla 3), (ver gráfico 3).

Tabla 3. Propiedades mecánicas Poliéster-Tgic.

BRILLO GARDNER A 60 ° (ISO 2813)	Mínimo 85
ADHERENCIA: RESISTENCIA AL CUADRICULADO (ISO 2409)	100%
DUREZA KONIG (ISO 1522)	130 osc.(mín.)
DUREZA AL LÁPIZ ABNT (NBR 7527)	3 H
FLEXIBILIDAD AL MANDRIL CÓNICO (ISO 1519)	Resistente
ENSAYO DE IMPACTO (ASTM D 2794)	160 (mínimo)
RETENIDO SOBRE ALPINE (ASTME 11 - 70):	
MALLA 200	0 - 9
MALLA 400	25 - 75
ESPESOR (ISO 2360)	50 -60 micrones

Fuente: Arnum (2007)

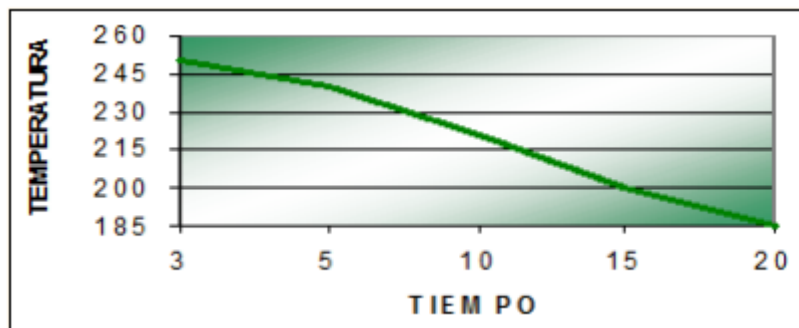


Gráfico 3. Curva de curado poliéster-Tgic.

Fuente: Arnum (2007)

· **Pintura epoxi/poliéster**

Contiene resinas poliéster, las cuales son endurecidas con resina epoxidicas. Las características esenciales de este tipo de pinturas es una mezcla de propiedades entre la pintura epoxi y el poliéster en menores proporciones, pero de manera más homogénea en 24 generales. Ya que mezcla los beneficios de trabajos en intemperie con la resistencia a los impactos y la dureza del epoxi. Las aplicaciones más comunes para este tipo de pinturas son: usos generales en interiores y decoración, usos en exteriores no muy prolongados (ver tabla4), (ver gráfico 4).

Tabla 4. Propiedades mecánicas epoxi/poliéster.

BRILLO GARDNER A 60 ° (ISO 2813)	Mínimo 85
ADHERENCIA: RESISTENCIA AL CUADRICULADO ISO (2409)	100 %.
DUREZA KONIG (ISO 1522)	130 osc. (mín)
DUREZA AL LÁPIZ (ABNT NBR 7527)	3 H
FLEXIBILIDAD AL MANDRIL CÓNICO (ISO 1519)	Resistente
ENSAYO DE IMPACTO (ASTM D 2794)	160 (mínimo)
RETENIDO SOBRE ALPINE (ASTM E 11 - 70):	
MALLA 200	0 – 9
MALLA 400	25 - 75
ESPESOR (ISO 2360)	50 – 60

Fuente: Arnum (2007)

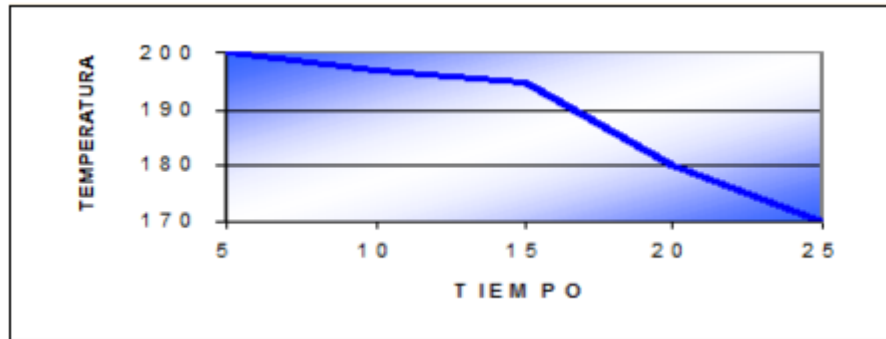


Gráfico 4. Curva de curado epoxi/poliéster.
Fuente: Arnum (2007)

2.2.1.3 Aplicación o técnicas de aplicado

Para aplicar la pintura en polvo electrostática a una superficie se basa en el principio de funcionamiento de un imán, en el cual dos cargas opuestas se atraen. La pintura es aplicada por equipos especializados para este fin, los cuales se encargan de transportar la pintura por mangueras a través de un sistema de vacío creado por aire comprimido a alta velocidad, hasta la pistola de aplicación. Estas pistolas de aplicación cargan eléctricamente la pintura con voltajes aproximados a los 90.000V y bajísimo amperaje, eliminando así el peligro a un choque eléctrico. Esta operación carga negativamente las partículas de la pintura. La pieza que va a ser pintada se aterriza, con el fin de cargarse positivamente, y así, generar la atracción de la pintura a la misma (ver figura 1).

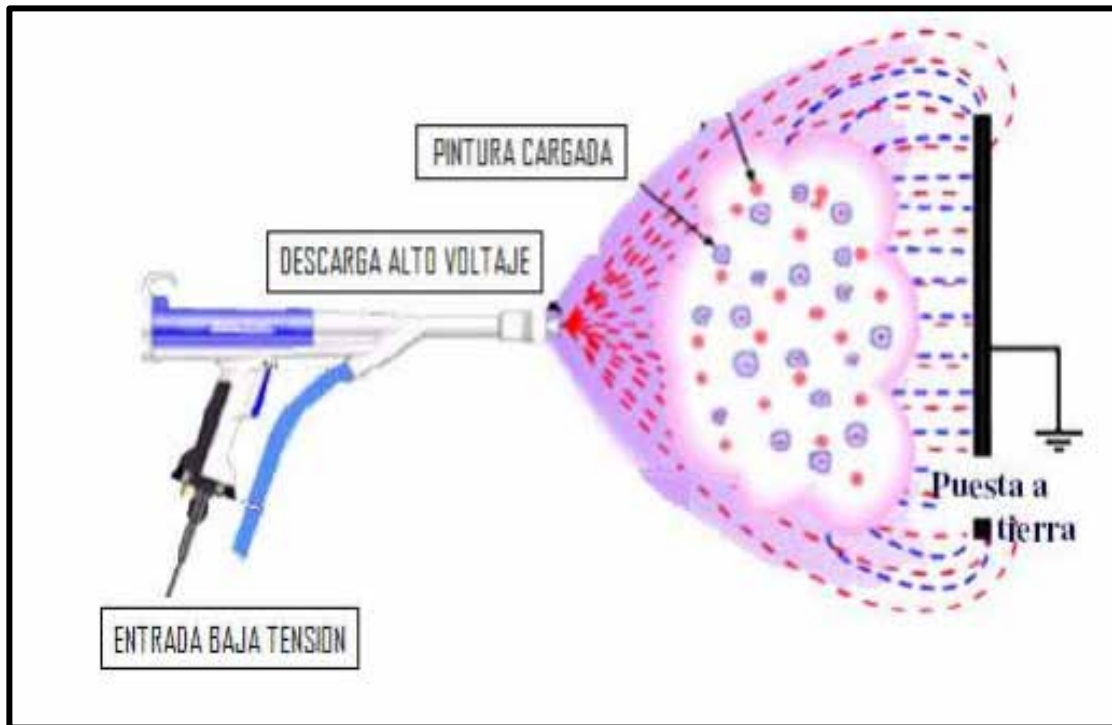


Figura 1. Pistola de aplicación de pintura

Fuente: V.S Venezolana de Servicios (2020)

2.2.2 Calidad

“La calidad es un estado dinámico asociado a productos, servicios, gente, procesos y medio ambiente que cumple o supera las expectativas”. Goetsh y Davis, (2006). Hoy en día los productos y servicios de calidad son ofrecidos en forma más consistente por las diferentes organizaciones de calidad.

Según Ishikawa K. (1988), supuso que “la calidad es el hecho de desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad”. Este producto debe ser el más económico, el más útil y resultar siempre satisfactorio para el consumidor final. Los clientes quieren sentirse bien sobre sus compras, sentir que han logrado el mejor valor. Y es esa satisfacción la que las empresas buscan para mantener al cliente permanentemente vinculado y así mantener una imagen de alta calidad.

2.2.2.1 Definición de Calidad Total

Según Crosby P. (1979) la Calidad Total es “el estado más evolucionado dentro de las sucesivas transformaciones que ha sufrido el término calidad a lo largo del tiempo”. En un primer momento se habla de control de calidad, primera etapa en la gestión de la Calidad que se basa en técnicas de inspección aplicadas a producción. Posteriormente nace el aseguramiento de la calidad, fase que persigue garantizar un nivel continuo de la calidad del producto o servicio proporcionado. Finalmente se llega a lo que hoy en día se conoce como calidad total, un sistema de gestión empresarial íntimamente relacionado con el concepto de mejora continua y que incluye las dos fases anteriores. Los principios fundamentales de este sistema de gestión son los siguientes:

- Consecución de la plena satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente (interno y externo).
- Desarrollo de un proceso de mejora continua en todas las actividades y procesos llevados a cabo en la empresa (implantar la mejora continua tiene un principio, pero no un fin).
- Total, compromiso de la Dirección y un liderazgo activo de todo el equipo directivo.
- Participación de todos los miembros de la organización y fomento del trabajo en equipo hacia una Gestión de Calidad Total.
- Involucración del proveedor en el sistema de Calidad Total de la empresa, dado el fundamental papel de éste en la consecución de la Calidad en la empresa.
- Identificación y Gestión de los Procesos Clave de la organización, superando las barreras departamentales y estructurales que esconden dichos procesos.
- Toma de decisiones de gestión basada en datos y hechos objetivos sobre gestión basada en la intuición. Dominio del manejo de la información.

Este modelo de calidad coincide con la definición propuesta en la publicación “Trilogía de Juran” en el año 1986, en la que afirma que la calidad no sucede por accidente, sino que esta debe ser planificada, y dicha planificación debe empezar por los niveles más altos de la organización, por eso la mala calidad se le debe atribuir a la mala dirección que a los trabajadores.

Tanto para Crosby como para otros famosos expertos en el concepto de la calidad, como son los casos de Juran, Johnson e Ishikawa, un propósito importante de la calidad es entender los requerimientos de cliente, para esto es necesario en uso de herramientas de calidad y de estadística para verificar los límites de especificación, los atributos de los productos, el nivel de error de producción y los costos de la calidad.

2.2.2.2 Gestión de la calidad

De acuerdo con Atkinson (1990), la gestión de la calidad es “el compromiso de toda una organización para hacer bien las cosas”, es decir, afecta a cada persona en una organización y por lo tanto, para que la gestión de la calidad sea próspera y exitosa, debe ser aceptada por todos los integrantes de la organización. Oakland (1989) sugiere que gestión de la calidad, “es una forma global de mejorar la eficacia y flexibilidad del negocio, mediante la incursión de una revolución cultural”. James (2000), afirma que “la gestión de la calidad, es una filosofía de dirección generada por una orientación práctica, que concibe un proceso que visiblemente ilustra su compromiso de crecimiento y de supervivencia organizativa”, es decir, acción enfocada hacia la mejora de la calidad en el trabajo y a la organización como un todo.

La gestión de la calidad entonces, se puede considerar como el modo de dirección de una empresa, centrado en la calidad y basado en la participación de todos los miembros que apunta a la satisfacción del cliente y al beneficio de todos los integrantes de la sociedad. Por otra parte, se considera a la gestión de la calidad como, el conjunto de actividades de la función empresarial que

determina la política de la calidad, los objetivos y las responsabilidades y las implementa por medios tales como la planificación de la calidad, el control de la calidad, el aseguramiento de la calidad y el mejoramiento de la calidad, en el marco del sistema de la 8 calidad. La gestión de la calidad opera a todo lo largo del sistema de la calidad.

De acuerdo con Operé (1995), la gestión de la calidad está en manos de cada miembro de la empresa después del impulso por parte de la dirección, con el objetivo de obtener la calidad requerida por el cliente al mínimo costo posible. En tal sentido según Gutiérrez (2005), la gestión del sistema de calidad tiene que demostrar que la organización es capaz de suministrar un producto o servicio que de manera consistente cumpla con los requisitos de los clientes y las reglamentaciones correspondientes, lograr una satisfacción del cliente mediante la aplicación efectiva del sistema, incluyendo la prevención de no-conformidades y el proceso de mejora continua.

- **Elementos de la gestión de la calidad**

Según James (2000), la gestión de la calidad opera con diversos elementos: valores visibles de la organización, principios y normas aceptadas por todos, misión, política objetivos de calidad, procedimientos y prácticas eficaces, requisitos del cliente/proveedor interno y externo, orientación empresarial, demostración de la propiedad de todos los procesos y sus problemas relativos, utilización del ciclo Deming o Shewhart, Deming (1982), el cual mantiene cuatro etapas citadas anteriormente: planificar, hacer, verificar y actuar. Por último la gestión de la calidad utiliza cinco elementos de sistema, como son: proceso, que incluye organización y sistemas, planificación de la calidad, organización, dirección, control y metodología del diseño; auditoría: estructura, personas y tarea; tecnología, que incluye: línea de producción y uso de la información; estructura: que incluye: responsabilidades, comunicación y administración; personas: construcción del equipo, educación

y formación, dirección, desarrollo, incentivos y refuerzos; tarea: aspectos de la calidad y cambio.

- **Funciones de la gestión de la calidad**

Existen algunas funciones necesarias para la gestión de la calidad, como lo menciona James (2000) las cuales son: planificación, organización, dirección, personal y control. La 10 planificación se orienta al futuro y crea las directrices para toda la organización, ofrece la capacidad de ser proactivo y anticipar futuros eventos y establecer las acciones necesarias para enfrentarse positivamente a ellos, es esencial para un eficaz y manejable proceso de mejora de la calidad. Los elementos clave que incluye son: análisis del entorno, misión de la calidad, establecimiento de la política de calidad, objetivos estratégicos de calidad, y planes de acción de la calidad, James (2000).

El control es un proceso que se utiliza para asegurar que se satisfacen los objetivos, por medio de la información obtenida de la ejecución real del proceso, es decir la información del proceso es comparada con los estándares esperados y posteriormente, se toman decisiones de acuerdo con el resultado de esta comparación, James (2000). Los elementos clave que incluye 11 son: herramientas de la gestión de la calidad, como: diagramas de flujo, hojas control, histogramas, diagramas causa-efecto, diagrama de Pareto, diagrama de dispersión, gráficos de control, diagramas de afinidad, diagramas de interrelación, diagramas de árbol, diagramas matriciales, matriz de análisis de datos, diagramas de flechas, gráfico del proceso de decisión del programa.

- **Sistemas de gestión de la calidad**

De acuerdo con Evans (2008), un sistema “es un conjunto de funciones o actividades dentro de una organización interrelacionadas para lograr los objetivos de ésta”. Para Feigenbaum (2009), un sistema “es un grupo o patrón de trabajo de actividades humanas o de máquinas que interactúan, dirigido por información que opera sobre o en materiales directos, información, energía o

seres humanos para lograr un propósito u objetivo específico en común”. Los sistemas son entonces aquel conjunto de actividades que interactúan, se guían principalmente por información para lograr propósitos.

La gestión de la calidad se puede implementar por medio de un sistema el cual se denomina sistema de gestión de la calidad, este requiere la participación de todos los integrantes de la empresa. Según Feigenbaum (2009), los sistemas para la calidad se inician con el principio básico del control total de la calidad, ya que la satisfacción del cliente no puede lograrse mediante la concentración en una sola área de la compañía o planta por la importancia que cada fase tiene por derecho propio, de esta manera el sistema de calidad total es el fundamento del control total de la calidad. Un sistema de calidad es la estructura funcional de trabajo acordada en toda la empresa, documentada con procedimientos integrados técnicos y administrativos efectivos, para guiar las acciones coordinadas de la fuerza laboral, las máquinas y la información de la empresa de una forma eficiente, eficaz y más práctica, para asegurar la satisfacción del cliente con la calidad y costos económicos de calidad, Feigenbaum (2009).

Un sistema de gestión de la calidad en la empresa, persigue la satisfacción total de los clientes a través de la mejora continua de la calidad de todos los procesos operativos mediante la participación activa de todo el personal que previamente ha recibido formación y entrenamiento, Operé (1995). Por su parte Summers (1999), menciona que el sistema de gestión de la calidad es dinámico, puede adaptarse y cambiar, se basa en el conocimiento de las necesidades, requisitos y expectativas de los clientes.

De esta manera, el sistema de gestión de la calidad tiene como finalidad satisfacer las necesidades de los clientes externos e internos al establecer procedimientos acordados con los integrantes de la organización, que guiarán los esfuerzos para lograr un éxito empresarial, creando una satisfacción completa en los clientes, minimizando costos y exigiendo un mejor

aprovechamiento de los recursos de la empresa, con armonía, motivación y control total de las acciones, basándose principalmente en la mejora continua de los procesos; además, aporta una sólida ventaja competitiva propia y sostenible en el tiempo.

- **El control de calidad**

Es el uso de técnicas y actividades para lograr, mantener y mejorar la calidad de un producto o servicio. Implica la integración de las siguientes técnicas y actividades:

1. Especificaciones de lo que se necesita.
2. Diseño del producto o servicio, para cumplir las especificaciones.
3. Producción o instalación que cumplan todas las intenciones de las especificaciones.
4. Inspección para determinar la conformidad con las especificaciones.
5. Examen del uso, para obtener información para modificar las especificaciones, si es necesario.

2.2.3 Eficiencia

Según Chiavenato I. (2004), la eficiencia "significa utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles y la misma puede definirse mediante la ecuación $E=P/R$, donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados" (p.52). En tal sentido podemos decir que la eficiencia es la óptima utilización de los recursos disponibles para la obtención de resultados deseados

2.2.4 Concepto de desperdicio

Principalmente debemos definir lo que es desperdicio, ya que es muy común confundirlo con otros términos como lo son desechos, residuos hasta basura. Según la Real Academia española el desperdicio es definido como "Residuo de lo que no se puede o no es fácil aprovechar o se deja de utilizar por descuido." A su vez define el residuo como "El material que queda como

inservible después de haber realizado un trabajo u operación”, entonces podemos definir el desperdicio como los sobrantes o restos proveniente de un material mal utilizado y mal aprovechado, que aún tienen vida útil pero al ser tirados se vuelven inservibles, a diferencia del desecho, que es definido como “Aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo” se trata de todo lo que ha quedado a pesar de haberle dado el mejor provecho y el mejor uso a un material.

Otra definición de desperdicio es la que precisa Castillo F. (2009) "Es todo aquel elemento que no agrega valor al producto, adicionando únicamente costos y/o tiempo. Es todo aquello que el cliente no está dispuesto a pagar. Un desperdicio es el síntoma del problema, no es la causa raíz."

Se debe tomar en cuenta que existen distintos tipos de desperdicios los cuales pueden ser, por movimiento, por transportación, por corrección, por inventario, por espera, por sobre procesamiento y por sobre producción. Castillo F. (2009) asegura que existen siete (7) tipos de desperdicios:

1. Desperdicio por Movimientos: Es cuando en los procesos de producción y áreas de servicio, los operarios tienen que realizar movimientos excesivos para tomar partes productivas, herramientas, o realizar desplazamientos excesivos para poder efectuar su operación.
2. Desperdicio por Transportación: Excesivo movimiento de transportación de material, entre estaciones de trabajo, áreas de producción, bodegas, etc.
3. Desperdicio por Corrección: Todo aquel re trabajo, reparación o corrección realizada al producto por problemas de calidad; así mismo la sobre inspección como efecto de la contención de problemas en lugar de su eliminación.
4. Desperdicio por Inventario: Exceso de materiales productivos y materiales industriales.
5. Desperdicio por Espera: Tiempos muertos entre operaciones y/o estaciones de trabajo.
6. Desperdicio por Sobre procesamiento: Hacer más de lo requerido por las especificaciones/programación del producto.
7. Desperdicio por sobreproducción: Hacer más de lo requerido por el siguiente proceso. Entregar más pronto de lo

requerido por el siguiente proceso. Hacerlo más rápido de lo requerido por el siguiente proceso. (P. 9-12)

2.2.5 Scrap

El scrap es el desperdicio o material rechazado, es decir, suma de materiales que por algún motivo incumplen las especificaciones de calidad. El mismo está asociado a un proceso en particular y su cuantificación se hace a través del pesaje o el conteo directo de los productos rechazados.

La necesidad de reacondicionar partes en proceso o productos terminados, como así también reciclar o destruir productos que no reúnen las condiciones óptimas de calidad, provocan importantes pérdidas. A ello debe sumarse las pérdidas generadas por los gastos de garantías, servicios técnicos, recambio de productos, y pérdida de clientes y ventas. Es lo que en materia de costos de mala calidad se denomina costos por fallas internas y costos por fallas externas. Un buen método para aumentar el rendimiento de una máquina es disminuir la cantidad de scrap que genera.

2.2.5.1 Pasos para la eliminación de Scrap

1. Lo fundamental es que la Alta Dirección tome conciencia de los diversos tipos de desperdicios a los cuales está sujeta la empresa, a los efectos de tomar decisiones estratégicas para su eliminación.
2. Debe capacitarse a los niveles medios, de supervisión y empleados de primera línea en los siguientes aspectos:
 - a) Concientización acerca de los diversos tipos de desperdicios y sus efectos para la organización.
 - b) Capacitación en tareas de detección, medición, resolución de problemas, prevención y eliminación de los diversos tipos de desperdicio.
 - c) Capacitar al personal en materia de: trabajo de equipo, herramientas de gestión, SPC (Control Estadístico de Procesos), calidad, productividad y mejora continua.

- d) Capacitar y entrenar en la detección y eliminación de actividades sin valor agregado.
3. Instaurar o mejorar los sistemas de información, a los efectos de contar con sistemas que permitan conocer en tiempo, con exactitud y a un bajo costo los desvíos, niveles de desperdicios y las diversas ratios vinculados a la calidad, productividad y satisfacción de los clientes y consumidores.
 4. Instaurar los sistemas de medición de costos de calidad y de Control Estadístico de Procesos.
 5. Conformación de Equipos para la detección, prevención y eliminación de desperdicios.
 6. Aplicar para los procesos críticos o estratégicos labores de benchmarking destinados a llevar sus niveles de productividad y calidad a la altura de los mejores competidores u organizaciones.
 7. Puesta en práctica de los planes previstos, la evaluación de los resultados respectivos, y las medidas correctivas (PREA – Planificar / Realizar / Evaluar / Actuar).
 8. Reinicio del proceso partiendo de la planificación a los efectos de desarrollar un proceso de mejora continua (Kaizen).

2.2.6 Procesos

Según Alcalá (2008), se define como proceso a un conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada (inputs) en resultados (outputs). Estas actividades requieren la asignación de recursos tales como personal y material. (P4).

2.2.6.1 Mejora de procesos

De acuerdo a Evans (2008), “la mejora de los procesos es una estrategia de negocios importantes en los mercados competitivos”, porque:

- La lealtad de los clientes se basa en el valor agregado.

- El valor agregado se crea mediante los procesos de negocio.
- El éxito continuo en los mercados competitivos requiere que una empresa mejore en forma consistente el valor agregado.
- Para mejorar en forma consistente la capacidad de crear valor, una empresa debe mejorar de manera continua sus procesos de creación de valor.

Según Alcalá (2008), la identificación de problemas de calidad, es decir la brecha entre lo óptimo y la realidad, es equivalente a una oportunidad de mejora ya que es un indicio positivo de haber iniciado el camino hacia la calidad.

2.2.6.2 Herramientas para la mejora de los procesos

Dentro de las herramientas para las mejoras de procesos existen siete herramientas básicas de la calidad, estas son las técnicas de gráficos más útiles en la solución de los problemas relacionados a la calidad. Dentro de las siete herramientas básicas están: diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa (causa – efecto, gráficos de control, histogramas y diagrama de flujo.

- **Diagrama de Pareto**

El diagrama de Pareto fue explicado por primera vez por Joseph Juran en el año 1962 en su libro “Quality Control Handbook” como una herramienta utilizada para clasificar los errores o defectos más recurrentes por categoría.

Este diagrama, también llamado curva 80-20 o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Permite, pues, asignar un orden de prioridades.

El diagrama permite mostrar gráficamente el principio de Pareto (pocos vitales, unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los "pocos vitales" a la izquierda y los "muchos triviales" a la derecha. Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no es un proceso

lineal, sino que el 20% de las causas totales hace que sean originados el 80% de los efectos (ver figura 2).

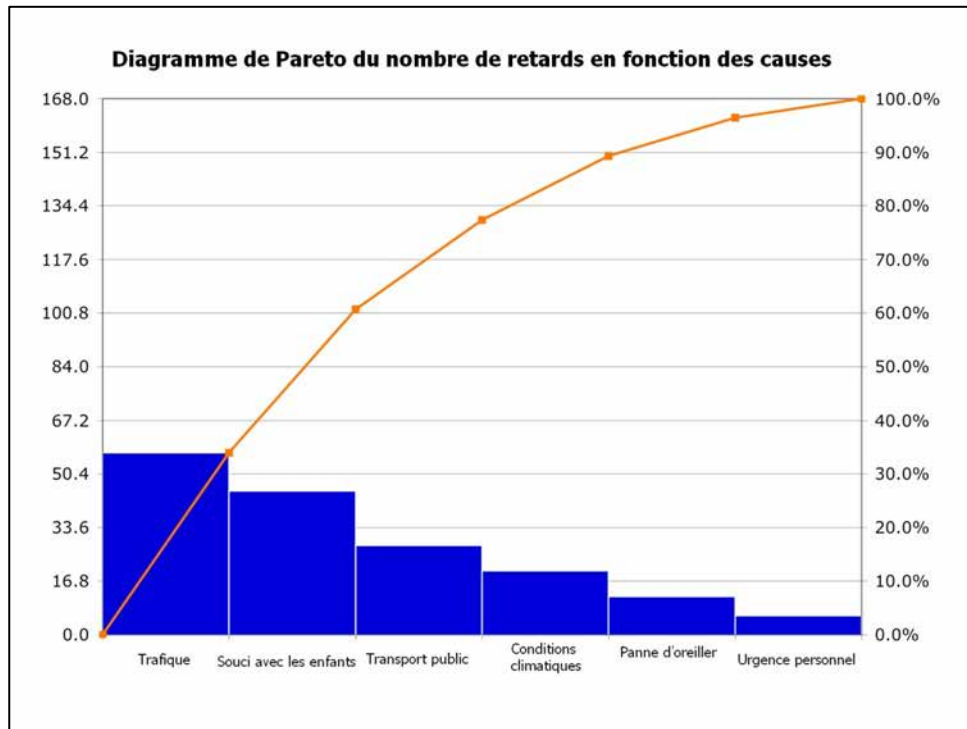


Figura 2.Diagrama de Pareto

Fuente: asq.org

- **Diagrama de Causa-Efecto**

El Diagrama de Ishikawa o de causa-efecto es una técnica de análisis en la resolución de problemas, desarrollada formalmente por el Profesor Kaoru Ishikawa, de la Universidad de Tokio, en 1943, quien la utilizó con un grupo de ingenieros en una planta de la Kawasaki Steel Works, para explicar cómo diversos factores que afectan un proceso pueden ser clasificados y relacionados de cierta manera. Dicha herramienta se emplea para encontrar el origen de los problemas que hay en la empresa, se procede a realizar este diagrama para enunciar las posibles causas de la persistencia de dicho problema y luego buscar soluciones a estos.

El “resultado fijo” de la definición es comúnmente denominado el "efecto", el cual representa un área de mejora: un problema a resolver, un

proceso o una característica de calidad. Una vez que el problema/efecto es definido, se Identifican los factores que contribuyen a él (causas). (Maldonado, 2011). Este diagrama (también conocido como espina de pescado) muestra la relación entre una característica de calidad con los factores o causas que lo afectan. Es difícil resolver problemas complicados sin tener en cuenta esta estructura, la cual consta de una cadena de causas y efectos, y el método para expresar esto en forma sencilla y fácil es en un diagrama causa-efecto.

Elaboración:

- Escoger una característica de calidad y escribirla al lado derecho de una hoja de papel.
- Dibujar de izquierda a derecha la línea de la espina dorsal.
- Encerrar la característica en un rectángulo.
- Escriba las causas del 1er nivel que originan dicha característica al final de cada línea que lucen como huesos de la espina de pescado.
- Escribir las causas del 2do nivel que afectan a las primeras sobre una línea, empezando así las ramificaciones de la espina.
- Escribir las causas del 3er nivel que afectan a las secundarias.
- Repetir los pasos anteriores hasta llegar a las causas raíz.
- Asignar la importancia de cada factor y marcar los factores particularmente importantes que parecen tener efecto significativo sobre la característica de calidad.
- Registrar cualquier información que pueda ser de utilidad.

· **Gráficos de Control**

Los gráficos de control son habitualmente utilizados en el control estadístico de recogidas sobre el resultado de las operaciones a lo largo de un periodo. Para Krajewski (2008) menciona que un gráfico de control tiene un valor nominal que puede ser el promedio histórico del proceso o algún objetivo que los gerentes desearían alcanzar por medio del proceso, y dos límites de

control basados en la distribución de muestreo de la medida de calidad. Los límites de control se usan para juzgar si es necesario tomar acciones correctivas. El valor más grande representa el límite de control superior (UCL) y el más pequeño, el límite de control inferior (LCL). Una estadística de muestra, ubicada entre los límites de control superior e inferior, indica que el proceso está mostrando causas comunes de variación, mientras que una muestra ubicada fuera de estos límites indica que el proceso está mostrando causas asignables de variación.

Los gráficos de control (ver figura 3) base usan para evaluar un proceso de la siguiente manera:

- Se toma una muestra aleatoria del proceso y se calcula una medida de desempeño variable o de atributos.
- Si la estadística se ubica fuera de los límites de control del gráfico o se comporta de manera inusual, se busca una causa asignable.
- Se elimina la causa si ésta degrada el desempeño, se incorpora la causa si mejora el desempeño. Se reconstruye el nuevo gráfico de control con los nuevos datos.
- Se repite periódicamente todo el procedimiento.

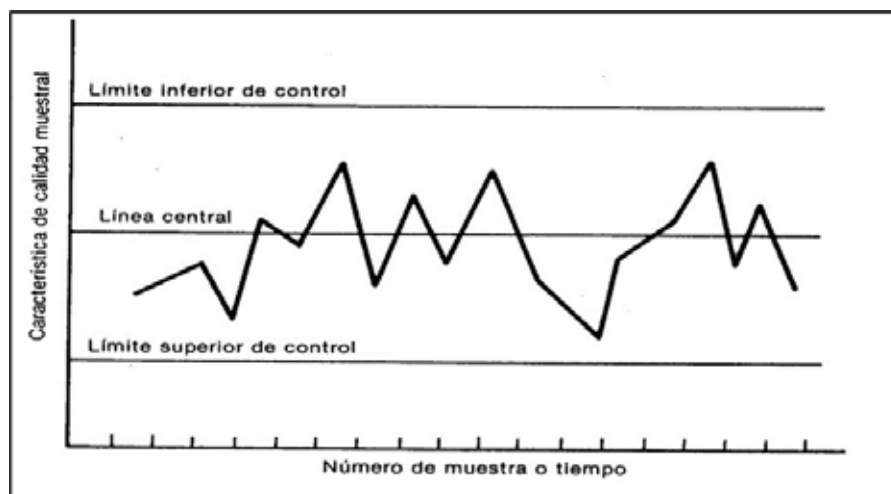


Figura 3. Gráfico de control de un proceso.

Fuente: edu.jccm.es/ies/donbosco

Un gráfico de control es un dibujo que determina si el modelo de probabilidad (variabilidad) es estable o cambia a lo largo del tiempo. Hay distintos tipos de gráficos de control referidos a distintas pautas de variabilidad. Pero todos tienen unas características comunes y se interpretan de la misma manera. En todos los casos es una prueba de hipótesis estadística. En la misma se emplean las siguientes herramientas para su elaboración:

a) Límites de control

Los límites de control representan la variación de un proceso con las líneas horizontales ubicadas arriba y debajo de la línea central, que se utilizan para determinar si un proceso está fuera de control. Los límites de control superior e inferior se basan en la variación aleatoria esperada en el proceso.

Se determina mediante las siguientes formulas:

Grafico \bar{X}

Linea central (LC)= $\bar{\bar{X}}$

Linea control superior (LCS)= $\bar{\bar{X}} + A2\bar{\bar{R}}$

Linea control superior (LCI)= $\bar{\bar{X}} - A2\bar{\bar{R}}$

Grafico \bar{R}

Linea central (LC)= $\bar{\bar{R}}$

Linea control superior (LCS)= $D4 \bar{\bar{R}}$

Linea control superior (LCI)= $D3 \bar{\bar{R}}$

b) Capacidad de Proceso (CP)

El mercado (clientes) establece las tolerancias que debe cumplir el producto. Para Arvelo (1998), un producto fabricado fuera de esas tolerancias se considerará un producto sin la calidad requerida, es decir, defectuoso. Las tolerancias son los requerimientos técnicos para que el producto sea admisible para su uso, siendo establecidos por el cliente, el fabricante o alguna norma; mientras que la capacidad es una característica estadística del proceso que elabora dicho producto. Para el caso

en mención se especificó un intervalo de tolerancias acorde al producto que se va a evaluar durante el estudio.

Para relacionar ambos conceptos se define el índice de capacidad Cp como el cociente entre el rango de tolerancias del proceso y la capacidad, como intervalo natural de variación, del mismo:

$$Cp = \frac{\text{Intervalo de tolerancias}}{\text{USL} - \text{LSL}}$$

$$Cpk = \min \left[\frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} \right]$$

d) Límites de especificación

Los límites de especificación son los valores entre los cuales deberían funcionar los productos o servicios. Estos límites por lo general se establecen de acuerdo con los requisitos del cliente.

· El Control Estadístico de Procesos (CEP)

También conocido por sus siglas en inglés como "SPC", es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos.

El CEP es aplicable tanto a procesos productivos como de servicios, siempre y cuando cumplan con dos condiciones: que sea medible (observable) y que sea repetitivo. El propósito fundamental de CEP es identificar y eliminar las causas especiales de los problemas (variación) para llevar a los procesos nuevamente bajo control. En tal sentido, el CEP es una de las herramientas claves para lograr ser LEAN.

El Control Estadístico de Procesos - CEP, es una de las principales herramientas de calidad de carácter preventivo. Los pilares del Lean, como son: hacer que el producto fluya, cero defectos, eliminar desperdicios y la búsqueda de una amplia participación del personal, interactúan ampliamente una con otra, pero necesitan siempre del control estadístico de procesos. El principal desperdicio / muda / waste que ataca obviamente el CEP es los defectos el producto no conforme o el potencial producto no conforme (ver figura 4).

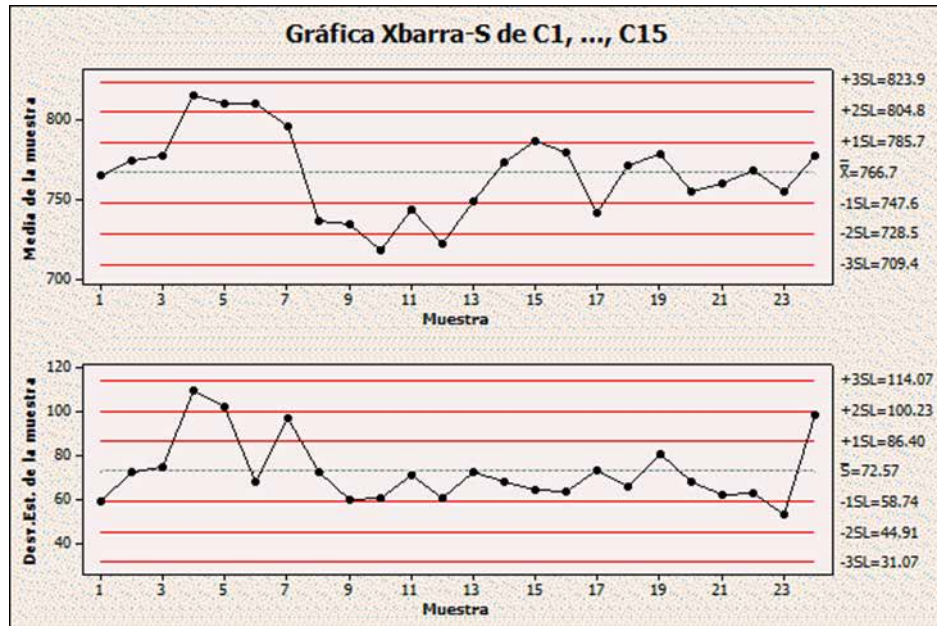


Figura 4. El Control Estadístico de Procesos (CEP)

Fuente: edu.jccm.es/ies/donbosco

· **Pasos para implementar CEP**

1. Identificar el proceso a control
2. Identificar el gráfico de control que más fácil o mejor permitiría llegar a conclusiones y que sea fácil de realizar por el operario
3. Verificar la confiabilidad de datos
4. Capacitar al personal en el uso de la herramienta
5. Capacitar a todas las partes interesadas (producción, mantenimiento, calidad, etc.) en como analizar el gráfico y como reconocer los problemas y/o desviaciones.
6. A pesar que hay Minitab y/o otros software que grafican, no hay nada mejor que sea el mismo operario el que realiza el gráfico día tras día, turno tras turno, pues se genera un efecto "doliente" donde el operario "siente" los altibajos de su proceso y puede convocar a otras herramientas Lean como son ShoopFloor Management, Eventos Kaizen, Mejoras Enfocadas, etc.

7. Seguimiento permanente al llenado / forma de registro / levantamiento de datos.
8. Iniciar procesos de mejora con los resultados de estos controles realizados, para que las personas vean que los gráficos que generan sirven y no trabajan para nada.

2.2.6 Efecto de la variación en la calidad de un proceso

2.2.6.1 Variación de procesos

Para que un producto satisfaga las necesidades, debe cumplir con ciertas especificaciones que los mismos clientes determinan. Para dar a conocer a los clientes que efectivamente se cumple con las especificaciones es necesario medir la variación que existe en los procesos y de esta forma comprobar que se cumple con las especificaciones. Todos los modelos o sistemas para el control de la calidad tratan de medir y controlar la variación, dos formas que existen para analizar son: mediante los índices de capacidad o por los niveles de sigma; las cuales se estudiarán en los capítulos siguientes.

Para satisfacer las necesidades de los clientes se establecen ciertas especificaciones que son necesarias cumplir para que la variación existente en los procesos no se extienda del rango de aceptabilidad de un producto.

Antes que se utilizara la administración de la calidad total como una filosofía de competitividad, la calidad era medida solamente al final de la línea; en donde se prestaba más atención al producto final que a los procesos. La variación era medida en una inspección final en donde se decidía si un producto era aceptable o no; este tipo de modelo podemos apreciarlo en la figura 5 actualmente (ver figura 5).

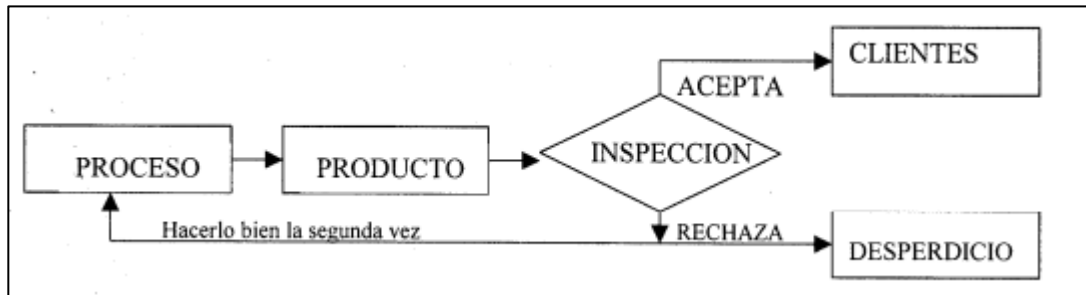


Figura 5. Modelo de variación de proceso
Fuente: Lucidchart (2020)

Actualmente uno de los principales objetivos de todo el proceso que quiere ser controlado es el de identificar los procesos que no cumplen con las especificaciones establecidas o aquellos procesos que tienen un alto grado de variación y corregirlos (ver figura 6).

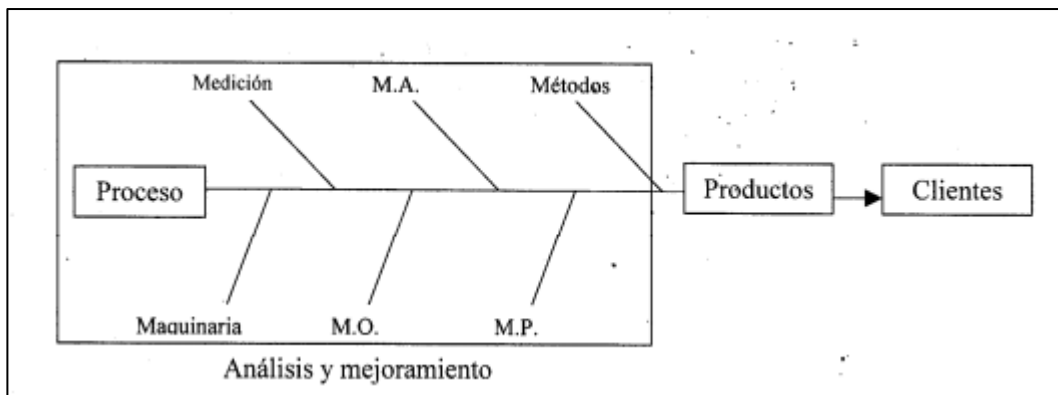


Figura 6. Análisis de variación
Fuente: Lucidchart (2020)

En todo proceso productivo existen variaciones en el producto. No es posible producir dos piezas exactamente iguales; es posible que la variación existente entre dos piezas sea muy pequeña, pero ya sea que exista en grandes o pequeñas cantidades está presente en todo proceso de fabricación; desde procesos de fabricación manual hasta los más exactos instrumentos de producción automática. Algunas de las ventajas serán evidentes, de manera que con instrumentos de medición podrán ser detectadas, sin embargo, existen

variaciones tan diminutas que incluso con los instrumentos de medición más exactos serán difíciles detectarlos.

En los procesos, las causas que afectan la variación regularmente están relacionados con uno o varios defectos de los factores que aparecen en la figura.

2.2.6.2 Causas de Variación

En cualquier proceso, ocurrirá en forma natural cierto grado de variación. La variación por causas comunes es una variación natural o esperada en un proceso. La variación por causas especiales es una variación no esperada que se deriva de ocurrencias poco comunes. Es importante identificar y tratar de eliminar la variación por causas especiales. Los puntos fuera de control y los patrones no aleatorios en una gráfica de control indican la presencia de una variación por causas especiales.

- **La variación por causas comunes**

Las causas comunes de variación son las que están relacionadas directamente con el proceso. Afectan todo lo relacionado con él y tienden a actuar a largo plazo sobre el sistema de una forma que los resultados pueden ser predecibles. Estas causas son provocadas por la variación normal que puede existir entre el personal, las herramientas, la materia prima, los instrumentos de medición, el medio ambiente o por los métodos utilizados. Al conjunto de causas comunes que afectan a un proceso se le conoce como un sistema de variación.

Cuando toda la variación en un sistema es debido a causas comunes se dice que el resultado es un sistema estable que se encuentra dentro de control estadístico. Para reducir la variación que se presenta por causas especiales se requiere que la administración cambie algunas de las características inherentes del proceso. En la parte izquierda de la figura 7 se observa como el proceso se ve afectado por variación debido a causas comunes. Debido a que el en el

proceso permanece sin cambio el cambio el promedio, la varianza y la varianza y la forma se puede controlar y predecir a través del tiempo.

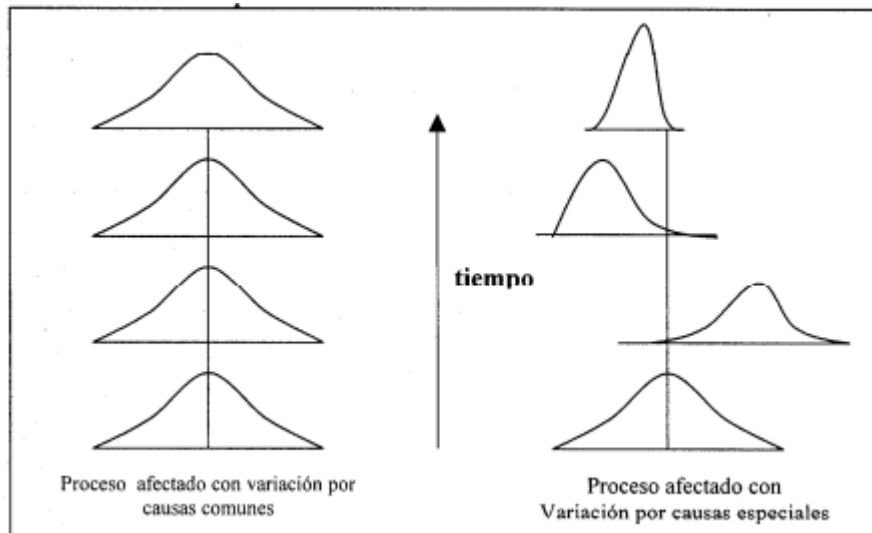


Figura 7. Causas comunes y especiales de variación
Fuente: Minitab (2020)

En la tabla 5 que se presenta a continuación se hace descripción entre las causas comunes y las causas asignables:

Tabla 5. Descripción de Causas comunes y especiales

CAUSAS COMUNAES	CAUSAS ESPECIALES
1. Un valor dentro de los límites de control de una variable aleatoria significa que el proceso no debe ajustarse.	1. Una observación fuera de los límites de control o un patrón de observaciones no aleatorio dentro de los límites de control, significa que el proceso debe investigarse o corregirse.
2. Cuando solo existen variaciones aleatorias, el proceso es estable y podemos utilizar procedimientos de muestreo para monitorear el comportamiento del proceso, realizar predicciones de la producción total o realizar estudios de optimización.	2. Cuando existen causas de variación el proceso no es estable y pueden utilizarse los procedimientos de muestreo. En estas cosas se recurre a las inspecciones en masa (inspección 100%)

Autor: Marcovich F. y Guarino V

En la siguiente tabla 6 se presenta la interpretación al analizar las causas comunes y las especiales:

Tabla 6. Interpretación de Causas comunes y especiales

CAUSAS COMUNALES	CAUSAS ESPECIALES
Es el resultado de muchas pequeñas causas individuales.	Son generadas por una o varias causas individuales.
Cualquier causa aleatoria resulta en una cantidad de variaciones pequeñas.	Una sola causa especial puede resultar en una variación grande.
La variación por causa común puede presentarse por variaciones humanas por preparar controles de la máquina, pequeñas variaciones en la materia prima, variaciones en factores ambientales...	La variación se encuentra en errores del operador, mala preparación de la máquina, lotes de materias primas defectuosas.
La variación puede ser reducida utilizando herramientas de mejora para los procesos.	La variación es fácilmente detectada y es fácil de eliminar.

Autor: Marcovich F. y Guarino V

Es imposible eliminar la variación de un proceso, sin embargo, esta se puede reducir y controlar de manera que no afecte significativamente la calidad de los productos o servicios.

- **La variación por causas especiales**

Las causas especiales de variación no tienen relación con el diseño. No afectan a todo el proceso y ocurren en circunstancias especiales. Este tipo de causas son impredecibles y solo son temporales. Regularmente las causas especiales se deben a circunstancias que ocurren fuera del proceso. Cuando la variación en un sistema es debido a las causas especiales se dice que el proceso es inestable, puesto que no se sabe cuándo pueda presentarse otra falla de este tipo y por lo mismo es impredecible el comportamiento de este.

Las causas especiales de la variación pueden ser corregidas por los mismos miembros del equipo que estén operando el proceso. Cuando un

proceso se ve afectado debido a causas especiales, estas afectan el promedio, la varianza y la forma de la distribución normal, por lo que en dichas causas no se puede predecir su comportamiento a través del tiempo.

2.2.7 Control de producción

El proceso de planificación y control de la producción según Domínguez M. (1995), “es el proceso en el que se logre una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y operativos y además se establezca su relación horizontal con las otras áreas funcionales de la compañía”.

El control de producción es, resumiendo, una suma de acciones y responsabilidades integradas que buscan garantizar las condiciones de calidad, plazos de entrega y costes planteadas inicialmente para la producción de artículos o servicios.

Los sistemas de control de producción tienen básicamente tres objetivos: lograr que los pedidos de artículos se entreguen en los plazos y las cantidades solicitadas, evitar que el coste de estos mismos productos supere la estimación inicial y crear un método para identificar los fallos y solucionarlos en tiempo real.

Estos tres objetivos se logran, en ese mismo orden, implementando acciones orientadas a la planificación, la gestión financiera y de costes y la monitorización y el seguimiento.

Ahora bien, el reto consiste no tanto en alcanzar estas tres metas, pues en cierta medida las empresas lo hacen en diferentes momentos de su fase productiva. El verdadero reto está en saber integrarlas para darle vida a un sistema de control de producción.

2.2.7.1 Pasos para Implementar un Sistema de Control de Producción

Antes de implementar un sistema de estas características, lo primero que se debe saber que existen tres niveles básicos: la programación, la planificación de suministradores o departamentos y la emisión de las órdenes de trabajo. A partir de ahí, los pasos que debe seguir toda empresa se resumen en:

- El objetivo es mantener un flujo de rendimiento continuo y óptimo. Para comenzar se asegura que los materiales de producción y los productos accesorios circulen de manera constante a lo largo de toda la cadena. No debe haber lugar para el desabastecimiento en ninguna etapa.
- Se debe asegurar de que apenas haya cambios en la cadena productiva de un día con respecto a la de los siguientes. Recuerda que el objetivo es encontrar la unidad en la producción, que a su vez es una seña de identidad de las marcas.
- La planificación debe ser la base del sistema de control de producción, pues gracias a ella logramos una medición exacta de las tareas, así como una asignación oportuna de las tareas del proceso. Se debe tener en cuenta que debe existir una máxima dependencia entre la línea, el equipo de trabajo y que, además, no es necesaria la planificación de labores individuales.
- Las instrucciones a los equipos de trabajo sólo deben explicarse al inicio del proceso. A partir de ese momento, la repetición diaria y el hábito se encargarán de que las puedan recordarlas sin dificultad. Esto evitará, además, la inversión permanente de tiempo en lecciones especializadas.
- Las líneas de producción no modificarán su rendimiento a menos que exista una buena razón para ello: cambio en las horas de trabajo, adición de turnos extra, descansos más o menos prolongados, aumento o disminución del número de trabajadores implicados en el sistema o incluso las incidencias que pueden aparecer en cualquiera de sus fases. De lo contrario, la producción no sólo tendrá unidad en la forma sino también en el contenido, y el volumen de la producción será siempre el mismo.

2.2.7.2 Funciones del Control de la Producción

Lo que se debe hacer para mayor efectividad, es que la industria sea la que proporcione las herramientas y los materiales necesarios para llevar a cabo la producción de los productos que la empresa quiere fabricar. Hay que tener

en mente que el control de producción tendrá que disponer de varios métodos para valorar determinados factores como, por ejemplo, la demanda de los clientes, la capacidad productiva de la empresa o el estado del capital de la compañía. Así, el control de producción se encargará de controlar los artículos fabricados antes, durante y después, además de lo vinculado a su propulsión para el futuro. En base a todo esto, queda claro que la función primordial de este sistema es solucionar cualquier problema que pueda acontecer, para que la producción se lleve a cabo de la manera planificada.

2.2.7.3 Sistema del Control de la Producción

Aunque el control de producción es algo que se ha venido haciendo desde hace muchos años, hoy en día existen profesionales expertos en este sector que saben llevar a cabo un control exhaustivo analizando todas las partes para que finalmente se cree un producto de calidad. A la hora de garantizar que el control de producción sea adecuado, el sistema debe tener una buena organización. Este se tiene que dividir en las siguientes partes:

- Producción: parte en la que se lleva a cabo el proceso de los productos que fabrique la industria en concreto.
- Operaciones: conjunto de tareas que se realizan para producir los productos o servicios.
- Actividad productiva: tarea que consiste en moldear la materia prima y transformarla en el producto final que queremos proporcionar a los consumidores.
- Función de producción: es cuando se fabrican todos los artículos o servicios que se generan en la industria.

2.2.8 Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta.

Según Castillo. F. (2009) la Manufactura Esbelta es la citada a continuación:

“La Manufactura Esbelta son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de

cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones. La Manufactura Esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre algunos.” (p. 1)

Se evidencian algunas en presencia de los inicios de La Manufactura Esbelta a principio del siglo XX en Estados Unidos por parte de Henry Ford y F.W. Taylor, los cuales implementaron en sus líneas de producción algunas técnicas de optimización, sin embargo, fueron los fundadores del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre otros. Quienes unieron todas las técnicas de optimización y crearon algunas otras para concebir El sistema de Manufactura Esbelta e implementarlo en su compañía, el cual se ha definido como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en la eliminación planificada de todo tipo de desperdicio, mejora continua (Kaizen) y la mejora permanente de Productividad y Calidad

El objetivo principal de dicha metodología es la eliminación de todo tipo de desperdicio para lograr una mejora en el proceso, reducir los tiempos de producción y reducir los costes, se busca aumentar el valor al producto utilizando la cantidad mínima necesaria de recursos, generando múltiples beneficios tanto para la empresa como a para sus empleados, entre algunos de los beneficios que se generan por metodología Lean Manufacturing son la reducción de los costos de producción, reducción de inventarios, reducción del tiempo de entrega (lead time), reducción de desperdicios, optimización de equipos de trabajo, mejor calidad y Menos mano de obra.

La aplicación de la manufactura esbelta en una organización puede ayudar en varios aspectos de distintas áreas de dicha organización, aspectos como el inventario, movimiento o movilidad, tiempo de espera o filas, máquinas averiadas o perdida de herramientas, desorden, suciedad ,ruido y muchos otros aspectos, también es de gran utilidad para mejorar la eficiencia del personal y reducción de

desperdicios, algunos otros beneficios son el incremento del rendimiento, incremento de calidad y reducción de tiempo de ciclos, beneficios los cuales provienen de los dos principios fundamentales de la manufactura esbelta, “Tiempo es dinero” y “Calidad sí importa”.

2.2.8.1 Herramientas de Manufactura esbelta.

Dependiendo de las necesidades que posea una organización se puede escoger cuál de las herramientas de la manufactura esbelta le será más útil y eficiente, algunas de las herramientas más comunes del lean manufacturing son las siguientes:

2.2.8.2 5S's

El método de las 5S's es una técnica de gestión japonesa la cual pretende mejorar condiciones del trabajo, mediante la creación de un lugar agradable, seguro y limpio. Según Piñero E. (2011) la herramienta 5S's se basa en lo siguiente:

“Las 5S tienen como fin lograr un mayor orden, eficiencia, y disciplina en el lugar de trabajo. El nombre de la metodología de las 5S, proviene de los términos japonés de los cinco elementos básicos del sistema: Seiri (selección), Seiton (sistematización), Seiso (limpieza), Seiketsu (normalización) y Shitsuke (autodisciplina). Seiri (seleccionar). Seleccionar lo necesario y eliminar lo que no lo es. Seiton (orden). Cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa. Seiso (limpiar). Esmerarse en la limpieza del lugar y de las cosas. Seiketsu (estandarizar). Cómo mantener y controlar las tres primeras S. Shitsuke (autodisciplina). Convertir las 4S en una forma natural de actuar, creando hábitos en los todos los integrantes de la organización para una cultura de la calidad.” (p. 102).

2.2.8.3 Kanban

Kanban es una herramienta que ayuda a la producción mediante registros visuales o señales de las tareas por cumplir, en proceso y terminadas a lo largo de la línea de producción, en dichos registros visuales se pueden evidenciar todo tipo de información, desde los tiempos de producción hasta quienes son los encargados de su cumplimiento. Según Castellano L. (2019) Kanban se define de la siguiente manera:

“El significado literal de Kanban es “tarjeta” o “señal”. La misión del sistema Kanban es el control de los materiales para conseguir que el inventario de producto semiterminado recorra toda la cadena de suministro desde el cliente hasta los proveedores. Cada proceso que ocurre a lo largo de la cadena de suministro de una empresa debe producir al ritmo que se necesitan los productos y hacer reposición de las unidades consumidas. (p. 35). Kanban consiste en un sistema de señales visuales de control de producción que mantiene activo el proceso de reabastecimiento. Para mandar la señal de reabastecimiento existen una amplia variedad de métodos, desde tarjetas o tableros, señales visuales o electrónicas. La elección de un método de aviso u otro dependerá de las condiciones de la empresa, así como de las características del producto.” (p. 37).

2.2.8.4 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Total Productive Maintenance, TPM, o en su traducción al español Mantenimiento Productivo Total, es una filosofía japonesa la cual su objetivo es disminuir o si es posible eliminar las pérdidas producidas por fallos o paros de la maquinaria productiva mediante la puesta a punto programada de la maquinaria. Sacristan F. (2002) define el TPM como:

“El conjunto de disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permiten garantizar que las máquinas, instalaciones y organización que conforman un “proceso básico” o línea de producción, pueden desarrollar el trabajo que tienen previsto en un plan de producción en constante evolución por la aplicación de la mejora continua. El TPM asume el reto de cero fallos, cero incidencias y cero defectos para mejorar la eficacia de un proceso productivo, permitiendo reducir costes y stocks intermedios y finales, con lo que la productividad mejora.” (p. 59).

2.2.8.5 Poka Yoke

Poka Yoke es una metodología que mediante distintos mecanismos ayudan a prevenir los errores antes de que sucedan, o a hacerlos evidentes para que sean advertidos por los operarios y sean corregidos a tiempo. Según Ochsnius I. (2016):

“Proviene del japonés y la composición de las palabras significan: Poka, errores involuntarios; y Yokeru, evitar. El método Poka Yoke fue introducido por Shigeo Shingo en 1961, al trabajar como

ingeniero de la corporación Toyota Motor. Este método tiene por objetivo prevenir los errores y posteriores defectos originados en los procesos, hasta el punto que según este autor: “Defectos igual a cero es absolutamente posible”. Se busca en esencia eliminar el potencial error humano. Tal herramienta no sólo controla, sino que permite realizar “control y mejora” al instante, lo cual la hace de una aplicabilidad muy útil. El Poka Yoke funciona haciendo al menos una de estas tres acciones: Prever errores, Corregir errores, Notificar errores.” (p. 85).

2.2.9 Tablas Militares

Las tablas siete son una herramienta utilizada para definir la cantidad de muestras que se deben tomar y su frecuencia, dependiendo del producto y su calidad, dependiendo de los resultados que proporcionen las tablas se pueden sugerir tres tipos de inspección, normal, rigurosa y reducida. Según Balderas M. (2008).

“Las tablas Militar y Standard 105 (MIL-STD-105E (1989), donde E indica la revisión), fueron desarrollada durante la II Guerra Mundial ante la necesidad de garantizar la calidad de pertrechos militares (municiones, etc.), durante su producción en lotes. Esta norma es el sistema de inspección de aceptación más difundido a nivel mundial. Es un sistema de inspección de aceptación por atributos porque es una colección de esquemas de muestreo que a su vez comprenden planes de muestre”. (p. 1)

· Uso de la tabla militar

El uso de esta tabla es sencillo, con el valor del tamaño del lote se busca en la primera columna el intervalo que contiene este tamaño del lote. En línea recta y horizontalmente se busca el código de letra que corresponde al tamaño de muestra a usar, que se encuentra en la columna II de niveles generales de inspección.

Se usa el nivel general de inspección II, porque es un nivel de inspección normal, es el que generalmente se emplea en las empresas. Con este código de letra muestral se busca en la tabla respectiva el valor numérico que corresponde el tamaño de muestra, de acuerdo con el tipo de muestreo, ya sea

por variables o atributos. La tabla militar permite obtener el código de letra correspondiente a la muestra y con este código posteriormente se determina el tamaño de muestra (ver tabla 7).

Tabla 7. Tabla Militar

Tamaño del lote	Nivel S-1	Nivel S-2	Nivel S3	Nivel S-4	Nivel I	Nivel II	Nivel III
2-8	A	A	A	A	A	A	B
9-15	A	A	A	A	A	B	C
16-25	A	A	B	B	B	C	D
26-50	A	B	B	C	C	D	E
51-90	B	B	C	C	C	E	F
91-150	B	B	C	D	D	F	G
151-280	B	C	D	E	E	G	H
281-500	B	C	D	E	F	H	J
501-1200	C	C	E	F	G	J	K
1201-3200	C	D	E	G	H	K	L
3201-10000	C	D	F	G	J	L	M
10001-35000	C	D	F	H	K	M	N
35001-150000	D	E	G	J	L	N	P
150001-500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001 o más	D	E	H	K	N	Q	R

Fuente: Universidad Nacional Federico Villarreal (2007)

2.2.10 Indicadores de Gestión.

Un indicador de gestión es un dato que refleja las consecuencias de las acciones implementadas en una organización, facilitando su estudio demostrando de una manera sencilla la situación de una empresa, los indicadores deben ser medibles, entendibles y controlables, permitiendo evaluar el desempeño con respecto a las metas y objetivos, para poder mejorar mediante la toma de acciones necesarias. Según Rincón R. (1998):

“Se consideraban los indicadores de calidad como instrumentos de evaluación de la gestión de las compañías en función del impacto de sus productos y servicios.

Un indicador es una medida de la condición de un proceso o evento en un momento determinado. Los indicadores en conjunto pueden proporcionar un panorama de la situación de un proceso, de un negocio, de la salud de un enfermo o de las ventas de una compañía.” (p. 18-19)

Dependiendo de que sean los datos que se están registrando y de que parte de la organización se están obteniendo, dichos indicadores se categorizan como indicadores de cumplimiento, de evaluación, de eficiencia, de eficacia o de gestión. Según Camejo J. (2012):

“Indicadores de cumplimiento: con base en que el cumplimiento tiene que ver con la conclusión de una tarea.

Indicadores de evaluación: la evaluación tiene que ver con el rendimiento que se obtiene de una tarea, trabajo o proceso.

Indicadores de eficiencia: teniendo en cuenta que eficiencia tiene que ver con la actitud y la capacidad para llevar a cabo un trabajo o una tarea con el mínimo de recursos.

Indicadores de eficacia: eficaz tiene que ver con hacer efectivo un intento o propósito.

Indicadores de gestión: teniendo en cuenta que gestión tiene que ver con administrar y/o establecer acciones concretas para hacer realidad las tareas y/o trabajos programados y planificados.” (p. 34-38)

Para medir el desempeño de una empresa o unidad ya sea en calidad, productividad, costo, seguridad, etc., se debe disponer de indicadores que permitan interpretar en un momento dado las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas.

Normalmente en la práctica, se comenten muchos errores, o existe un gran número de deficiencias en el uso de indicadores, deficiencias que son producto de la falta de rigurosidad en el tratamiento del tema. Por esta razón es necesario definir lo que son indicadores de Gestión. Es la expresión cuantitativa del comportamiento o desempeño de una empresa o departamentos, curva magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, podrá estar señalando una desviación sobre la cual se tomarán acciones correctivas o preventivas según el caso.

Los indicadores de gestión son expresiones cuantitativas que permiten analizar cuan bien se están administrando la empresa o unidad, en áreas como uso de recursos (eficiencia), cumplimiento del programa (efectividad), errores de documentos (calidad), entre otros. El objetivo de los indicadores de gestión es

seleccionar y combinar acciones preventivas y correctivas en una sola dirección. Esta combinación dependerá de la magnitud de los problemas y el momento (oportunidad) de intervención. El objetivo permitirá tener claridad sobre lo que significa mantener un estándar en los niveles de excelencia y adecuarlo permanentemente ante los diversos cambios, así como proponerse nuevos retos.

2.2.11 Lote, tamaño de lote y muestra

2.2.11.1 Lote

Conjunto de artículos o unidades producidas a través de un mismo proceso de fabricación. Una entrega de materiales se considera como un lote.

2.2.11.2 Tamaño de lote

El tamaño de lote de producción es un cálculo fundamental para realizar una planificación de recursos racional y, en función de las características de la compañía, se prioriza un método. La aparición de los sistemas de programación dinámica ha abierto nuevas posibilidades de cálculo que dependen de algoritmos. La previsión es que las industrias asuman estas técnicas para minimizar riesgos. Finalmente, si te interesa conocer como cubrir las necesidades de materias primas para producir el lote de producción

2.2.11.3 Muestra

Parte de una población o subconjunto de un conjunto de unidades, obtenidas con el fin de investigar las propiedades de la población o conjunto de procedencia.

Un elemento fundamental para conseguir un rendimiento óptimo de la cadena de producción en una industria es el tamaño de lote de producción. De esta forma, la asignación de recursos será la correcta en función de las características de la empresa. Para calcular el tamaño de lote de producción se puede utilizar una regla simple, que utiliza una sola variable, o reglas heurísticas, que utilizan varias. El método Wagner Within, como se podrá ver, obedece a una lógica diferente porque es un algoritmo.

El método a elegir dependerá del producto que se fabrique, de las dimensiones de la compañía y, sobre todo, de las características de la demanda. Existen industrias

que tienen una demanda muy estacionalizada y que, por lo tanto, no pueden espaciar la producción. En cambio, hay otras empresas que sí pueden hacerlo porque, aunque existen variaciones, hay una demanda constante.

2.3 Definición de términos

- **Aleatorización:** Son corridas en orden aleatorio.
- **Atributos:** Son los adjetivos que se le añaden a los datos sean buenos o malos para diferenciar y poder llevar buenos reportes.
- **Bloqueo:** Es la toma en consideración de todos los factores que puedan ir en contra de un proceso y ejecutar un plan en contra de ellos.
- **CEP:** Control estadístico del proceso, cuando el proceso es predecible, estable y además solo varía por causas comunes.
- **Controlar (DMAIC):** Cuando las mejoras han sido alcanzadas, en esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y se cierra el proyecto.
- **CPK:** Índice de capacidad a corto plazo o real., se obtiene multiplicando el valor del Cp por la diferencia de la unidad menos el valor de k.
- **Curva normal:** Representa la distribución de probabilidad normal y está definida por dos valores su media y su desviación estándar, donde el valor medio se encuentra al centro de la curva y es sesgada a ambos lados de manera simétrica.
- **Despilfarro:** Gasto excesivo de recursos sean bienes materiales, técnicos y recurso humano.
- **Desperdicio:** La diferencia entre el valor potencial y valor actual. Desviación estándar muestral: Refleja que tan esparcidos se encuentran los datos con respecto a su media o promedio.
- **Diagrama de causa y efecto:** Muestra la relación entre un problema y sus fallas o causas potenciales que lo provocan.
- **Diagrama de Flujo:** Los diagramas de flujo de despliegue son un buen instrumento para los planes de implementación porque le permiten representar cómo se relacionan entre sí distintas personas o grupos.

- **DMAIC:** Es la metodología empleada para realizar proyectos seis sigma y consiste en Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar, DMAIC por sus siglas en ingles.
- **Error aleatorio:** Es la variabilidad observada que no se puede explicar por los factores estudiados, y resulta del pequeño efecto de los factores no estudiados y del error experimental.
- **Error experimental:** Componente del error aleatorio que refleja los errores del experimentador en la planeación y ejecución del experimento.
- **Estabilidad:** En CEP, cuando el proceso solo varia por causas comunes de variación.
- **Estandarización:** Se dice cuando en un método de trabajo todas las variables del método están establecidas al detalle.
- **Gestión visual:** Estrategia basada en colores que se aplica al trabajo para mejorar la organización y que da como resultado un sitio de trabajo visualmente cómodo para trabajar.
- **Muda (Desperdicio):** Todo aquello en el proceso que no agregue valor al producto.
- **Tack time (tiempo de ciclo):** Es el tiempo que tarda una operación de un proceso en ser llevada a cabo sea manual o por una máquina alineada con la demanda del cliente, por ejemplo: La fabricación de una pieza cada 24 segundos.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En consideración al aspecto referente al marco metodológico, se considera que todo proceso investigativo se fundamenta dentro de este marco, el cual se define como el uso de métodos, técnicas, instrumentos, estrategias y que puedan utilizarse dentro del estudio que se pretende desarrollar. Al respecto, Balestrini (2006) señala que el marco metodológico es la “instancia referida a los métodos, las diversas reglas, registros, técnicas y protocolos con los cuales una teoría y su método calculan las magnitudes de lo real” (p.125).

3.1 Tipo de Investigación

Ya que el presente trabajo de grado tiene como finalidad diseñar un plan de mejora que logre solucionar una problemática planteada existente en la empresa, por lo que se basa en un proyecto factible. Al respecto, la Universidad Experimental Libertador UPEL (2006) indica que “El Proyecto Factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modo operativo variable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales” (p. 13).

3.2 Diseño de Investigación

La presente investigación esta enmarcada en un diseño de campo y documental, que según, Arias (2016) “consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variables algunas”. (p. 94). Al respecto, la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2006), expone que se entiende por Investigación de Campo:

El análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés

son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios. (p.11).

A su vez, debemos destacar que también está enmarcado en un diseño de investigación documental, al realizar la recolección de información en diversos documentos, según Stracuzzi P. y Martins F. (2012) la investigación documental “Se concreta exclusivamente en la recopilación de información de diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos.”(p. 90).

3.3 Nivel de Investigación

En consideración a este punto, se establece que el nivel de investigación se refiere a la profundidad con la que se aborda el tema de investigación y las conclusiones a producirse, es decir, el nivel de complejidad con el cual se abordan las variables de acuerdo con los objetivos del estudio. En el caso del presente trabajo de grado en el cual se realizó un análisis y descripción del funcionamiento actual de un proceso, la investigación está enmarcada en un nivel descriptivo, sabiendo que Stracuzzi P. y Martins F. (2012) afirma lo siguiente sobre el nivel de investigación descriptivo “El propósito de este nivel es de interpretar realidades de hecho. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos.”(p. 92).

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

En esta parte de la investigación, el interés se centra en quienes, es decir, en los sujetos u objetos de estudio, la población a ser estudiada. Según, Arias (2016) define a la población como “un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas conclusiones de la investigación. Esta queda determinada por el problema y por los objetivos del estudio” (p. 81). En el caso del presente trabajo de grado la población está enmarcada en todos los procesos productivos que realiza la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.

3.4.2 Muestra

La muestra está conformada por un segmento de la población, Arias (2012), afirma que la muestra es “Un subconjunto representativo finito que se extrae de la población accesible” (p. 83), en este caso, la muestra del presente trabajo está conformada por la línea de pintura electrostática.

3.5 Técnicas de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos proporcionan al investigador la información necesaria, oportuna y verdadera sobre el problema planteado. A través de la recolección, no sólo se observa la realidad, sino que se fijan los lineamientos con los cuales se puede dar soluciones al objeto de investigación. En consideración a este punto, Arias (2016), plantea que “las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener información” (p.67), para el presente trabajo se utilizara la observación directa y la entrevista estructurada al personal experto y capacitado en el área (juicio de expertos), y revisión documental.

· Observación Directa

Según Tamayo (2008), la observación directa “es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación”. En la presente investigación, será aplicada directamente en la Empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A., no se utilizaran categorías establecidas para el registro de los sucesos que se observan, consistirá en anotar los hechos sin ayuda de medios técnicos, no se establece detalles a observar por lo que el investigador tiene plena libertad para considerar lo más importante para la investigación.

La observación cuantitativa se basa en la documentación o registro, de datos, información o sucesos que acontecen en la muestra que se está investigando, según Gomez M. (2006) la observación cuantitativa “Consiste en el registro sistemático, valido y confiable de comportamientos o conductas manifiestas de los objetos de estudio”(p. 134). Para ello, se debe realizar un

diseño de una herramienta que ayude con la recolección de datos observada, la cual fue diseñada en la fase I del capítulo IV del presente trabajo de grado

- **Entrevista estructurada**

La entrevista es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones impersonales interesan al investigador. En el caso de la entrevista estructurada se deberán tener planteadas previamente una serie de preguntas con el fin de obtener respuestas precisas con la información necesaria, Según Llanos J. (2005) La entrevista estructurada, “Se lleva a cabo mediante un formato previamente establecido, pues existe un límite de tiempo. Este tipo de entrevista, ahorra tiempo y esfuerzo, no requiere de un especialista para aclarar información y limita al entrevistado porque se solicitan respuestas concretas.” En el caso del presente trabajo de grado la entrevista fue realizada a los operarios, supervisor y gerente de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.

- **Revisión documental**

La consulta e investigación de información en documentos de la empresa los cuales describen el proceso y proporcionan información técnica sobre los equipos pertinentes a dicho proceso, ha sido de suma importancia para la obtención de información veraz, según Hurtado, J (2008), es “una técnica en la cual se recurre a información escrita, ya sea bajo la toma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros o como texto que en sí mismo constituyen los eventos de estudio”. (p.138)

- **Revisión bibliográfica**

Mediante la investigación de información y el análisis de la misma, se lograra generar una base teórica que sustente el presente trabajo de grado. Según Sabino (2010), la revisión bibliográfica es “un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información

relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea ésta clínica, docente, investigadora o de gestión.”.

3.6 Instrumentos de Recolección de Datos

En cuanto a los instrumentos, Arias (2016), establece que “los instrumentos de recolección de datos pueden definirse como “cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. (p.68)”. Los instrumentos que se utilizaran en esta investigación son los siguientes:

- **Ficha de Observación**

Para la observación directa, se utilizará como instrumento la ficha de observación, que es un instrumento de la investigación de campo. Se usa cuando el investigador debe registrar datos que aportan otras fuentes como son personas, grupos sociales o lugares donde se presenta la problemática. Se utilizará este tipo de instrumento para conocer la manera como se desarrollan las actividades y los resultados de ellas.

- **Guion de entrevista**

Un guion de entrevista es una lista con una serie de preguntas las cuales serán formuladas al momento de realizar la entrevista, este guion ayuda realizar la formulación de las preguntas de la manera más adecuadas, con el fin de obtener los mejores resultados posibles. El guion de la entrevista aplicada en el presente trabajo de grado se encuentra en el Anexo B-1 y Anexo B-2, el cual fue validado por el Ingeniero Manuel Cuadrado, la finalidad de dicho guion es obtener información y opinión de parte del personal perteneciente al proceso de pintura electrostática.

- **Ordenes de producción**

Las órdenes de producción son hojas con toda la información pertinente a la producción realizada en una empresa en un periodo dado, esta puede poseer amplia información como la cantidad producida, porcentaje de avance, fecha

de entrega, entre otros, esta información es de gran importancia al momento de realizar una revisión documental.

- **Manuales**

Los manuales son documentos donde se encuentra toda la información necesaria para el uso o mantenimiento de alguna maquinaria, herramienta o equipo, los manuales son de gran importancia al momento de realizar una revisión documental, ya que se puede obtener la información de los equipos implementados en un proceso y sus capacidades.

3.7 Técnicas de análisis

La información recolectada fue organizada, sistematizada y tabulada con el fin de analizarla mediante distintas técnicas, como lo son el análisis de regresión el cual se basa en investigar la relación entre diversas variables que puedan afectar un proceso, y la técnica de análisis visualización de datos.

- **Grupo Nominal**

La técnica Grupo Nominal, se basa en la recolección de datos, generación y análisis de los mismos en base a una reunión de dos o más personas con el propósito de la priorización de elementos o ideas en base a los criterios de cada persona del grupo para hallar la solución de un problema. Según Amezcua C. y Jimenez A (1996) La técnica de Grupo Nominal “Los pilares metodológicos en los que se asienta la técnica de grupo nominal son, por una parte, la generación y desarrollo de ideas a partir de la reflexión personal, y por otra parte, la priorización por consenso entre los participantes.” (p. 45)

- **Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa o diagrama Causa-Efecto es de gran ayuda para el análisis de las posibles causas halladas, en dicho diagrama se clasificó y ordenó cada causa, a su vez se describió cada una y se especificó el efecto que genera cada una de ellas.

· **5 ¿Por qué?**

La técnica del 5 ¿Por qué? Ayuda a llegar al origen de cada causa, analizando su procedencia, y la razón de que ocurra cada una de ellas, facilitando el análisis y la generación de una solución para cada causa.

· **Diagrama de Pareto**

En el diagrama de Pareto se analizó cada causa con respecto a su frecuencia, mediante el resultado de la técnica grupo nominal, con la finalidad de identificar las causas más vitales de la generación de desperdicios en el proceso de pintura electrostática.

3.8 Fases Metodológicas

A continuación, se presentan las fases metodológicas que se desarrollaran en la investigación, las cuales están basadas en los objetivos específicos.

FASE I. Diagnóstico de la situación actual del proceso de pintura electrostática; se aplicará una observación directa en el lugar donde se desarrollan las acciones del personal, es decir, en las instalaciones de la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. De acuerdo a la observación directa, se realizará la entrevista estructurada con las preguntas más adecuadas, con el fin de obtener un buen análisis y así, proponer una propuesta de mejora en el área de pintura electrostática.

Fase II. Análisis de las causas generadoras de desperdicio encontradas en el proceso de pintura electrostática; Se llevó a cabo un análisis a la información obtenida en la fase anterior mediante la implementación de herramientas como lo son el Diagrama De Causa-Efecto Para la identificación los Factores negativos que inciden en la empresa, diagrama de Pareto y técnica de los 5 ¿Por qué?.

Fase III. Plan de mejora en el proceso de pintura electrostática que permita la reducción de los desperdicios del proceso; En esta fase se plantearan todas las propuestas que forman parte del plan de mejora con la

finalidad de reducir los niveles de desperdicio de la línea de pintura electrostática, propuestas dirigidas a cada una de oportunidades de mejora halladas.

Fase IV. Evaluación de la factibilidad del plan de mejora diseñado; en esta fase, se presentaran los costos asociados a la implementación de las diferentes propuestas, los beneficios que tendrá la organización al aplicar estas mejoras. Se realizará un presupuesto de inversión de la propuesta planteada, a su vez, una evaluación del beneficio que se podría percibir una vez implementada la propuesta. Por último, se determinará la relación de factibilidad social, ambiental, económica, técnica y operativa de la propuesta planteada.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Se le denomina resultados a toda aquella información obtenida tras el análisis de los datos conseguidos sobre una problemática a través de una investigación, claro está que los resultados dependerán de los objetivos planteados en dicha investigación. Del mismo modo, en el presente trabajo de investigación se obtuvieron resultados apoyados en las cuatro fases planteadas, conformadas por el diagnóstico de la situación actual del proceso de pintura electrostática, análisis de las causas generadoras de desperdicios encontradas en el proceso de pintura electrostática, plan de mejora en el proceso de pintura electrostática que permita la reducción de los desperdicios del proceso, y por último, evaluación de la factibilidad del plan de mejora diseñado.

4.1. Fase I. Diagnóstico de la situación actual del proceso de pintura electrostática.

Para alcanzar el logro de esta primera fase se realizó una serie de visitas a la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. con el fin de aplicar la técnica de la observación directa en la línea de pintura electrostática de dicha planta, a su vez, la entrevista estructurada a los empleados encargados del área de pintura electrostática y la revisión documental ayudaron a tener una mejor inferencia de la problemática presente en dicho proceso.

Algunos de los hallazgos que se lograron evidenciar gracias a las técnicas aplicadas en la presente fase, fueron una serie de debilidades dentro del proceso que son posibles causas generadoras de desperdicios, entre las debilidades halladas se encuentran la falta de control de la puesta a punto para el arranque de la máquina, no se tienen establecido los niveles óptimos de las variables de la máquina de pintura, exceso de tiempo para la puesta a punto, se



presentan fugas de polvo en la cabina de pintura, falta de capacitación del personal. A continuación se presentan las técnicas aplicadas para el diagnóstico de la situación actual del proceso de pintura electrostática, su resolución y hallazgos.

4.1.1 Revisión documental del proceso de pintura electrostática.

Con el fin de realizar una descripción del proceso se efectuó una revisión documental mostrando las condiciones de trabajo del área de producción. En primer lugar se presenta el flujograma del proceso de pintura electrostática, planteando todos los pasos y acciones necesarias para completa dicho proceso, desde el momento en que las piezas entran al área de pintura hasta el momento en que son despachadas al cliente (Ver figura 8.).

El flujograma mostrado en la figura 8 facilita entender el funcionamiento del proceso de una manera sencilla, en resumen dicho flujograma nos indica que el proceso consta de distintas fases, las cuales son lavado de piezas, tratamiento con fosfato, secado, pintado y horneado, con tres puntos de inspección a lo largo del proceso.

En la fase de lavado las piezas son sometidas a una limpieza minuciosa donde los operarios le remueven manualmente toda impureza o grasa que esté adherida la pieza (Ver figura 9.), mediante el uso de desengrasantes, agua jabonosa y agua fresca; una vez limpia la pieza es sumergida en un contenedor con fosfato de zinc líquido por quince minutos, realizando un tratamiento químico a la superficie de dicha pieza, el cual beneficia e incrementa la adherencia de la pintura en polvo; al completarse el tiempo requerido para el tratamiento químico las piezas son extraídas del contenedor y guindadas sobre el mismo hasta que escurran el líquido y se sequen.

Las piezas secas son llevadas a la línea de pintura, donde serán guindadas en carriles móviles que atraviesan la cabina de pintura y el horno, una vez el carril posea la cantidad requerida de piezas será llevado a la cabina de pintura donde serán recubiertas por el polvo electrostático.

Al completarse la fase en la cabina de pintura el carril con las piezas pintadas es llevado al horno, donde las piezas permanecerán por quince minutos a ciento ochenta grados Celsius (180°C), una vez transcurrido el tiempo de horneado el carril con las piezas horneadas es extraído del horno para proceder a desguindar las piezas y poder completar las siguientes fases de revisión, empaquetado y despacho.

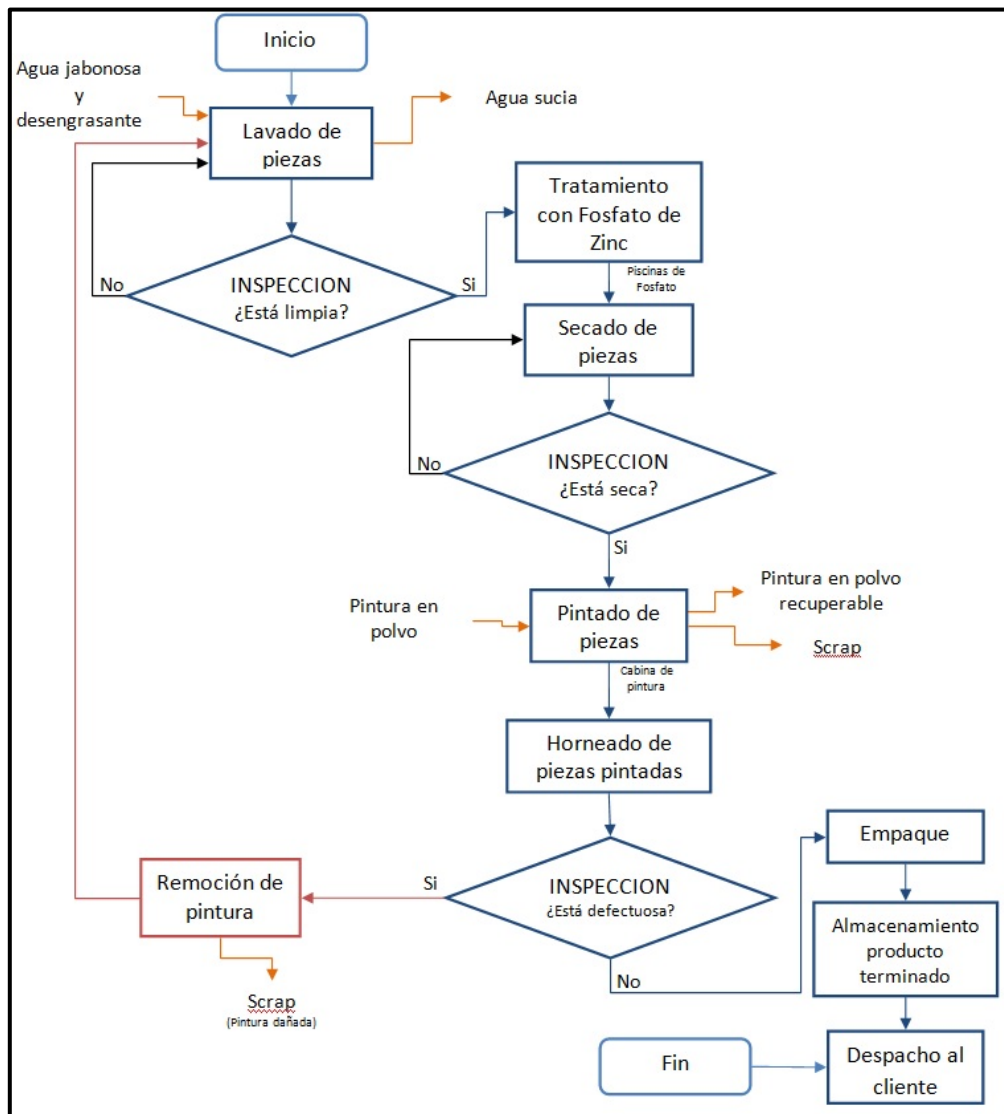


Figura N°8 Flujograma del proceso de pintura electrostática.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Autor: Marcovich F. y Guarino V



Figura 9. Área de lavado.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Descripcion de la cabina de pintura.

La línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. esta destinada a desempeñar un óptimo servicio de recubrimiento en polvo, adaptándose a las dimensiones de cualquier producto que la clientela desee pintar. La cabina de pintura electrostática de proporción dos (2) metros de alto por dos (2) metros de ancho por tres (3) metros de largo, tiene la capacidad de procesar en su interior solo un carril de la línea a la vez, en el caso del producto que tomamos para el estudio que son las tapas metálicas de filtros de aire automotriz de área 0.182m^2 ; se guindan 48 tapas en cada carril (Ver Figura 10.) y el tiempo promedio de pintado en la cabina para dicha cantidad de tapas es de cinco (5) minutos aproximadamente, cabe destacar que la empresa tiene un estimado de la cantidad de pintura adherida a la pieza con un acabado final el cual es de 30 gramos de pintura aproximadamente por cada pieza; la cabina cuenta con una máquina de pintura electrostática de marca KCI modelo KCI-901 operada manualmente por dos operarios, el pintor el cual se encuentra dentro de la cabina empuñando la pistola aspersora del polvo, y el asistente, quien controla las variables de la máquina fuera de la cabina.



Figura 10. Carril de la línea de pintura con tapas metálicas de filtros de aire automotriz.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Los valores de las variables de la máquina de pintura electrostática son graduados dependiendo del producto que será pintado y las especificaciones del cliente. Sabiendo que solo son tres las variables que se deben ajustar en la máquina, y estas son:

1. Voltaje.
2. Amperaje.
3. Porcentaje de polvo a esparcir.

El control del voltaje está medido en Kilovoltio (kV), en este ajuste se puede configurar la cantidad de kilovoltios deseado que carga a las partículas de polvo al pasar por la pistola, la máquina de esta línea posee un rango de entre 0 y 100 Kv; a

controlar la corriente eléctrica, es decir, la cantidad de carga que se moviliza desde el electrodo de la pistola hacia la nube de aire y polvo proveniente de la misma pistola hasta la pieza, esta variable también tiene un rango de configuración en la máquina de entre 0 y 100 , mientras mayor sea el amperaje mayor es la cantidad de polvo que se adhiere a la pieza y viceversa; y por último se encuentra el control del porcentaje de polvo a esparcir, el cual controla el caudal de salida de polvo por la pistola de la máquina, usualmente esta variable se configura en esta línea a un 70% lo que se traduce a un caudal de salida de aproximadamente 7,6g/seg.



Figura 11. Cabina y maquina de pintura electrostatica

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)



Figura 12. Maquina de pintura electrostatica KCI-901.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

El flujo de aire es proporcionado a la máquina de pintura gracias a dos compresores que se encuentran a un lado de la línea, cada compresor llena su propio tanque con el fin de que en el momento que un tanque se vacíe empiece el compresor a cargarlo y el otro tanque lo supla, de esa manera la máquina de pintura tiene garantizado el suministro de aire durante toda la jornada productiva, cada uno de los compresores es de 5Hp y cada tanque tiene una capacidad de 300Litros. Cabe destacar que la máquina de pintura no necesita una presión de aire específica, solo necesita un flujo de aire constante para poder lograr dispersar la pintura con la pistola de la máquina.



Figura 13. Compresores de la línea de pintura.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

El siguiente paso dentro del proceso de pintura electrostática luego de la cabina de pintura es el horneado, el horno de la línea posee unas dimensiones de dos (2) metros de ancho, dos (2) metros de alto y seis (6) metros de largo, teniendo la capacidad de hornear dos carriles a la vez, este horno está diseñado para ser calentado a gas, posee dos mecheros situados en la parte inferior de la puerta de entrada, direccionados hacia el centro del horno, los cuales logran calentar uniformemente el interior llegando a la temperatura deseada de 180°C.



Figura 14. Horno industrial de la línea de pintura electrostática.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Recuperacion de pintura electrostatica.

El proceso de recuperacion de pintura es un proceso a parte del de pintado, en el cual se busca recuperar la pintura que cae al piso de la cabina mientras se pinta, ya que cierta cantidad de pintura que la pistola esparce no se adhiere a la pieza, y al no adherirse a las piezas el polvo se precipita al piso de la cabina. Este proceso se basa en la recoleccion de pintura adyacente en el piso de la cabina para luego ser filtrada y cernida manualmente con filtros metalicos los cuales logran separar la pintura en polvo de la mayoria de las impurezas que puedan tener al haber estado en contacto con el suelo. Segun la empresa V.S. Venezolana de servicios C.A. este proceso de recuperacion de pintura solo logra recuperar un 85% de la pintura total que se recolecto del piso de la cabina, el otro 15% pasa a ser un desperdicio.

Dicho proceso se hace diariamente al terminar la jornada de trabajo, la pintura recuperada es almacenada para ser posteriormente usada una unica vez, ya que la pintura va perdiendo sus propiedades al estar en contacto con impurezas, la pintura en polvo no puede ser recuperada mas de una sola vez. Convirtiendose asi en desperdicio toda la pintura que no se logre adherir en el ciclo de pintado con pintura reciclada, cabe destacar que la empresa tiene destinado un dia a la semana para la utilizacion de pintura recuperada.



Figura 15. Pintura no adherida en el piso de la cabina de pintura.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)



Figura 16. Recoleccion de la pintura no adherida precipitada en el piso de la cabina de pintura.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

4.1.1.2 Descripción de la pintura electrostatica.

La pintura electrostatica es un recubrimiento en polvo que para ser aplicado debe ser esparcido por una pistola electrostatica la cual mediante un electrodo carga al polvo electricamente, este es atraido fuertemente por la pieza a pintar la cual debe estar conectada a tierra, y una vez horneada el polvo se funde creando asi una capa homogenea y resistente, con un grosor idoneo de entre 60 y 75 micras, la cual protege a la pieza de daños por agentes externos y evitando su oxidacion o corrosión.

El tipo de pintura electrostatica usada en la empresa V.S. Venezolana de servicios C.A. posee un rendimiento de $6\text{m}^2/\text{Kg}$, es de tipo hibrida, este tipo de pinturas esta compuesta por poliester y endurecidas con resinas epoxidicas, otorgandole propiedades a las piezas pintadas como lo son la buena resistencia a la interperie, altos niveles de dureza y resistencia a los impactos.

Control de calidad aplicado a la pintura electrostatica.

Una vez concluido el proceso de curado en el horno las piezas son sometidas a un inspeccion visual, donde se debe serciorar que las pintura no tenga ningun defecto como los que se muestran en la tabla N°8; defectos causados posiblemente por temperaturas de curado incorrectas, contaminacion de las piezas con grasa u aceite antes de pintar, valores inadecuados en la

maquina de pinutura; de ser necesario se realizan pruebas de adherencia rayando la pieza, sabiendo que esta prueba es destructiva.

Tabla 8. Defectos en acabado final y posibles causas.

Defectos en acabado final	Posibles causas
Burbujas en la pintura.	-Altas temperaturas en el horneado -Contaminacion liquida bajo pintura.
Texturas no deseadas (Corrugado).	-Limpieza de la pieza con desengrasantes agresivos.
Alteracion de color.	-Altas temperaturas en el horneado -Exceso de tiempo en el horneado.
Falta de adherencia.	-Bajas temperaturas de horneado. -Poco tiempo de horneado. -Contaminacion bajo pintura. -Oxidacion en la pieza. -Configuracion inadecuada de la maquina de pintura.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

En caso de que la pintura no cumpla con las especificaciones, o presente defectos debera ser removida de la pieza convirtiendose en desperdicio, y se tendra que reprocesar dicha pieza. Al completar la revision visual y comprobar que todas la pintura de las piezas pintadas cumplen con los parametros de la empresa, estas son embaladas e identificadas, almacenadas como producto terminado para proceder con el despacho al cliente.



Figura 17. Piezas con pintura electrostatica, acabado final..

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Se debe tomar en cuenta que los defectos en el acabado final de las piezas no son los únicos causantes de desperdicio en el proceso de pintura electrostática, un punto de desperdicio bastante significativo que se pudo evidenciar gracias a la revisión documental se encuentra en la cabina de pintura en polvo ya que no toda la pintura que se aplica en cabina se adhiere a la pieza, a su vez en el proceso de recuperación de pintura no se recupera el 100% de la pintura no adherida y la pintura recuperada solo puede ser usada una vez, esta no se puede recuperar nuevamente, generando desperdicios diarios en el proceso.

4.1.2. Observación directa en la línea de pintura electrostática del área de pintura.

En esta etapa se realizó una observación directa a todo el proceso de pintura electrostática, desde el área de lavado de las piezas a pintar, pasando por la cabina de pintura en polvo detallando la puesta en marcha de la máquina de pintura hasta el final de la línea en la revisión de las piezas ya pintadas y curadas en el horno, gracias a esta observación se lograron identificar ciertas debilidades a lo largo del proceso productivo que podrían ser causas potenciales generadoras de desperdicio.

Maquina de pintura

Se pudo observar debilidades con respecto a la máquina de pintura que inciden directamente al desperdicio de materia prima, o al funcionamiento menos óptimo de dicha máquina; la primera observación que se tiene es con respecto a la configuración de las variables de la máquina, como lo son el voltaje, el amperaje y el porcentaje de aspersion de pintura, dicha configuración de las variables se logró por ensayo y error, es decir, a medida que el operario va aplicando la pintura se van configurando los niveles de la variable de la máquina hasta conseguir la adherencia de pintura deseada; sin embargo no poseen una tabla o guía donde indique los valores más óptimos que den como resultado una buena adherencia y bajos niveles de desperdicio; a su

vez, no se tiene un control de puesta a punto para el arranque de la maquina, debido a estas dos debilidades identificadas se produce una tercera la cual es el exceso de tiempo para la puesta a punto de la maquina y su arranque.

Herramientales.

Al ver el proceso de pintura electrostatica se detallo a simple vista una deficiencia en la cabina de pintura, la cual posee puertas corredizas que al no ser hermeticas y no lograr un cierre total de la cabina, cierta cantidad de pintura en polvo se escapa del area destinada para el proceso de pintado por los espacios entre las puertas y el piso, paredes y techo (Ver figura N°17), cabe destacar que esta pintura que se escapa fuera de la cabina no se le puede realizar el proceso de recuperacion ya que su contacto con el exterior de la cabina tiende a tener un alto nivel de contaminacion.



Figura 18. Escape de pintura en polvo de la cabina de pintura.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Procesos

En el proceso de pintura electrostática se logró observar algunas deficiencias directamente relacionadas con el proceso productivo, se observó en el área de lavado al finalizar el tratamiento químico de fosfato los operarios manipulan la piezas

manualmente solo con el uso de guantes, sin el uso de alguna herramienta de sujeción, proporcionando un contacto directo que podría contaminar a la pieza ya tratada pudiendo causar problemas en la adherencia de la pintura; también se observó dentro de la cabina de pintura que el operario o pintor no tiene ningún parámetro o medida estándar de separación entre la boquilla de la pistola y la pieza, generando una deficiencia en el proceso de pintado aumentando la cantidad de pintura que se precipita a suelo de la cabina; no se lleva un control del tiempo de pintado, tampoco se tiene un tiempo estándar del proceso, no se tiene un tiempo determinado para pintar ciertas piezas generando posiblemente tiempos en exceso de producción.



Figura 19. Pintura usada por segunda vez. Contaminada, desperdicio, si se usa nuevamente puede generar cambios de color, textura no deseada, grosor no deseado.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Condiciones de seguridad ambiental y personal

En el ámbito de la seguridad ambiental y personal de los trabajadores se pudo observar que la empresa cuenta con los implementos, normativas y procedimientos necesarios para mantener un ambiente controlado y seguro, en el caso del personal, se les proporciona todos los implementos necesarios, guantes, lentes, cascos, y botas de

seguridad, en el caso de ser pintor, traje, respirador, guantes y lentes. El área de trabajo cuenta con una serie de avisos con las normativas y alertas de cualquier peligro existente en el área, en el caso de la pintura en polvo desperdiciada se tiene un proceso de recolección y desecho evitando contaminación ambiental, a pesar de que la empresa utiliza una pintura que no es toxica, el polvo puede escaparse del área de trabajo ya que la cabina no es hermética, a su vez dicho polvo puede ser arrastrado al exterior de la empresa por cualquier corriente de aire, siendo esta una posible fuente de contaminación ambiental difícil de controlar.

En conclusión estas son las deficiencias identificadas a lo largo del proceso de pintura de la línea de pintura electrostática:

No se tiene establecido los niveles optimos de las variables de la maquina de pintura.

No se tiene un control de la puesta a punto para el arranque de la maquina de pintura.

Exceso de tiempo para puesta a punto de la maquina de pintura.

Escape de pintura en polvo de la cabina de pintura.

Manipulacion manual en contacto directo con las piezas tratadas quimicamente.

No hay una distancia optima estandarizada entre la boquilla de la pistola aspersora de pintura y la pieza

No existe un tiempo estandar estipulado para el proceso de pintado.

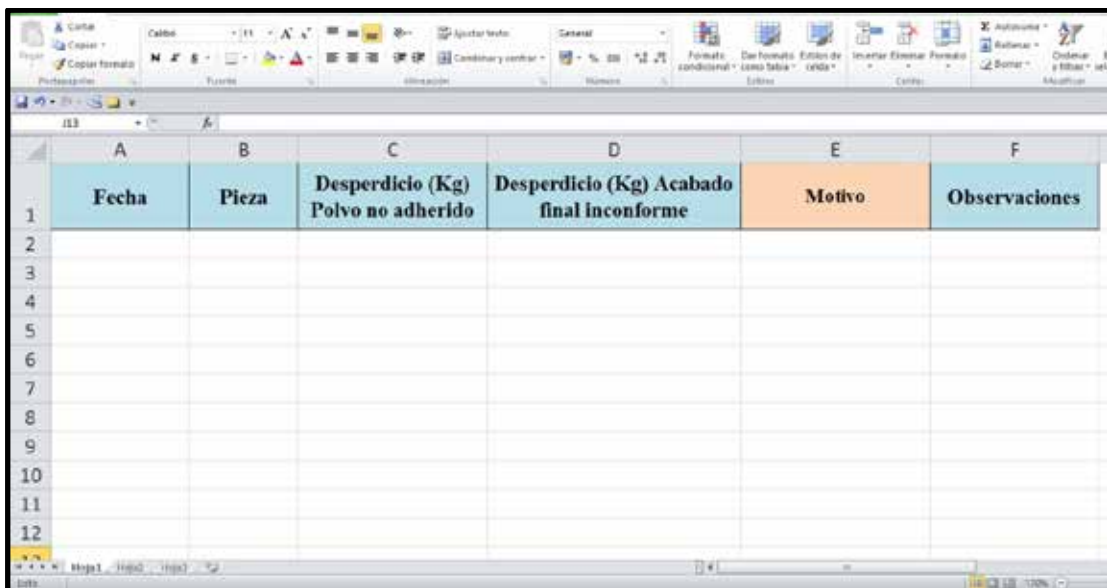
4.1.3. Diseño de instrumento de recoleccion de datos y analisis.

Sabiendo que un instrumento de recoleccion de datos es cualquier medio que ayude al investigador aproximarse al fenomeno y lograr extraer informacion de los tados recolectados. En la presente investigacion surgio la necesidad de recolectar informacion detallada y precisa del desperdicio de pintura en polvo, para determinar los puntos de desperdicios de mayor relevancia y los motivos por los cuales se genero dentro del proceso de pintura electrostatica.

Descripción de la herramienta de recolección de datos.

Para la creación de la herramienta de recolección de datos se implementó el uso del software “Microsoft Excel” por ser un software amigable, de fácil uso en cálculos y además ayuda con la generación de gráficos de los datos obtenidos facilitando su análisis. La herramienta cuenta con diferentes columnas donde se deberán ir tabulando los datos recolectados, cada columna está destinada para un dato en específico, como se detalla a continuación:

- Fecha en la cual se presentó el desperdicio.
- Tipo y modelo de la pieza de la cual se obtuvieron los datos.
- Cantidad de desperdicio en Kilogramos y su procedencia, si fue un desperdicio causado por un acabado final inconforme o un desperdicio de polvo no adherido.
- Motivo por el cual se generó el desperdicio.
- Observaciones que se obtenga al momento de recaudar los datos.



The image shows a screenshot of the Microsoft Excel interface. The spreadsheet has six columns labeled A through F. Column A is 'Fecha', B is 'Pieza', C is 'Desperdicio (Kg) Polvo no adherido', D is 'Desperdicio (Kg) Acabado final inconforme', E is 'Motivo', and F is 'Observaciones'. The rows are numbered 1 through 12. The table is currently empty of data.

	A	B	C	D	E	F
1	Fecha	Pieza	Desperdicio (Kg) Polvo no adherido	Desperdicio (Kg) Acabado final inconforme	Motivo	Observaciones
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Figura 20. Formato gestión de desperdicio.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

Ejecucion de la herramienta de recoleccion de datos.

Para la implementacion de la herramienta se planteo una reunion con el supervisor de la linea de pintura electrostatica ya que seria quien plasmara los datos en el formato de gestion de desperdicio planteado, explicando como seria el proceso de recoleccion de los datos y como se rellenarian los campos en el formato. Ya aplicada la herramienta se logro recolectar los datos de desperdicios de 5 meses de produccion, datos los cuales son analizados en la fase II de esta investigacion.

	A	B	C	D	E	F
1	Fecha	Pieza	Desperdicio (Kg) Polvo no adherido	Desperdicio (Kg) Acabado final Inconforme	Motivo	Observaciones
2	08-jun	Tapa. 0,382m ²	22,4	0	CFG maquina pintura	Distancia pistola pieza inadecuado
3	08-jun	Tapa. 0,382m ²	3,2	0	Ganchos	ganchos inadecuado
4	09-jun	Tapa. 0,382m ²	2,6	0	Fuga de cabina	Fuga zona inferior puertas
5	09-jun	Tapa. 0,382m ²	24,3	0	CFG maquina pintura	Distancia pistola pieza inadecuado
6	10-jun	Tapa. 0,382m ²	0	1,8	Horneado	Altos niveles de temper
7	11-jun	Tapa. 0,382m ²	0	1,2	Contaminacion bajo Pintura	Residuos de aceites/grasa
8	11-jun	Tapa. 0,382m ²	2,8	0	Ganchos	ganchos inadecuados
9	11-jun	Tapa. 0,382m ²	0,7	0	Manipulacion	Contacto con piezas con
10	11-jun	Tapa. 0,382m ²	19,2	0	CFG maquina pintura	Repaso por zonas ya cubiertas
11	12-jun	Tapa. 0,382m ²	1,9	0	Fuga de cabina	Fuga zona inferior puertas
12	12-jun	Tapa. 0,382m ²	0	1,4	Horneado	Exceso de tiempo

Figura 21. Muestra formato gestion de desperdicio.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

4.1.4. Resultados de la herramienta Gestion de Desperdicio.

Gracias a la implementacion de la herramienta gestion de desperdicio se logro recolectar informacion pertinente al desperdicio generado en la linea de pintura electrostatica en 5 meses de produccion, donde se logro identificar ciertos motivos generadores de desperdicio y su relevancia.

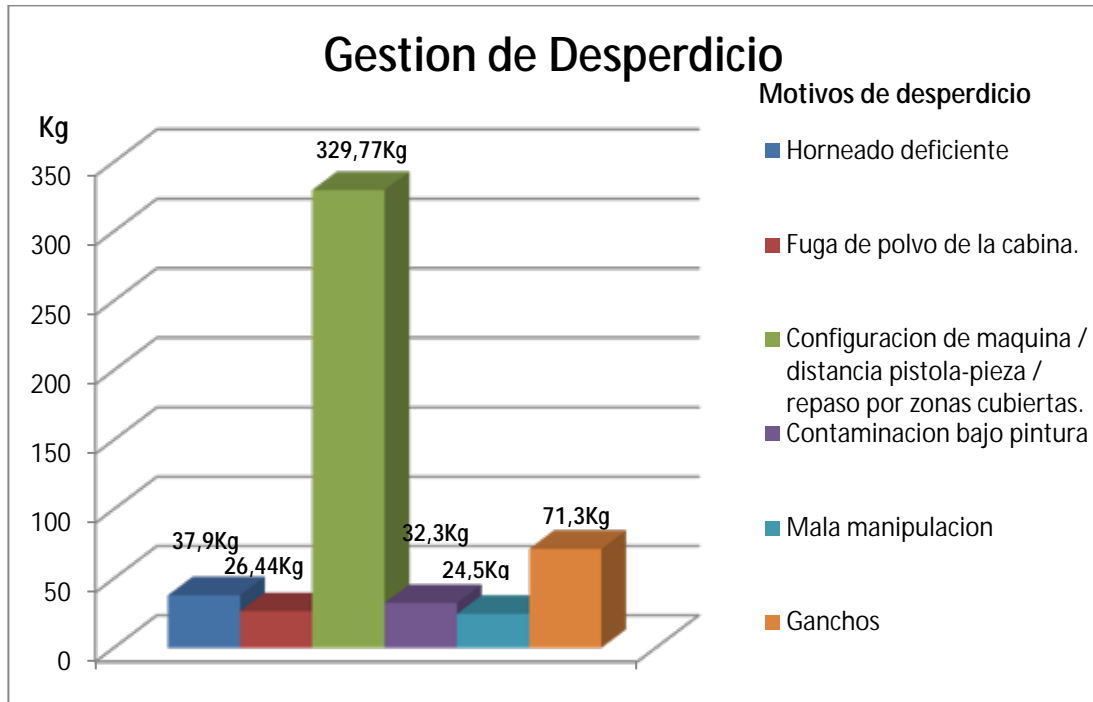


Grafico 5. Resultados formato gestion de desperdicio.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

Análisis del gráfico.

En el grafico presentado anteriormente se puede observar a simple vista los niveles de desperdicios que generaron en un periodo de 5 meses cada uno de los motivos señalados, en dicho grafico se evidencia los motivos de mayor relevancia por su cantidad de desperdicio generado en el proceso, los cuales son los siguientes:

Configuracion de maquina / distancia pistola-pieza / repaso por zonas cubiertas: Este es el principal motivo de generacion de desperdicio y el mas relevante de todo el proceso, una mala configuracion de la maquina provoca que gran cantidad del polvo esparcido no se adhiera a la pieza, a su vez, si no se tiene una distancia optima entre la pistola y la pieza cierta pintura no se va a adherir, y si el operario repasa una zona de la pieza que ya esta recubierta la pintura que se esta esparciendo no se adherira, estos tres puntos hacen que la pintura se

precipite al suelo de la cabina que a pesar que cierta pintura se logre recuperar, se genera un desperdicio.

Ganchos: La pintura adherida a los ganchos donde se guindan la piezas para ser pintadas pasan a ser un desperdicio.

Horneado deficiente: Las piezas al tener un proceso de curado en el horno deficientemente genera defectos en el acabado final de la pintura, ya sea por temperaturas por fuera de los limites o por tener un tiempo de curado por fuera del tiempo establecido.

Cabe destacar que a pesar de que estos tres motivos mencionados son los de mayor relevancia uno solo de ellos genera el 63% del desperdicio total de pintura en la linea de pintura electrostatica, el cual es “Configuracion de maquina / distancia pistola-pieza / repaso por zonas cubiertas”, estos tres motivos se toman como uno solo por la dificultad de medir la cantidad de desperdicio que genera cada uno por separado, pero si se puede pesar la cantidad de polvo que cae al suelo de la cabina originado por los tres motivos juntos, tomando en cuenta que dichos motivos estan ocasionados por un procedimiento deficiente del o los operadores.

4.1.5. Aplicación de la entrevista estructurada.

Con el fin de complementar la informacion recaudada de la situacion actual de la linea de pintura electrostatica de la empresa se decidio realizar una entrevista con una serie de preguntas dirigidas al personal encargado de la linea de pintura, tanto a operarios, supervisores y gerente. El guion de la entrevista se encuentra adjunto en los anexos N°4 y N°5 del presente trabajo de grado, instrumento el cual fue validado por el ingeniero Manuel Cuadrado Garcia. A continuacion se presenta la entrevista estructurada aplicada y un resumen de las respuestas dadas por parte del personal:

¿Cuáles cree usted que son las causas que generan desperdicios en la linea de pintura electrostatica de la empres V.S. Venezolana de Servicios C.A.?

En esta pregunta se proporcionaron distintas causas de desperdicios en la línea de pintura electrostática, algunos afirmaron que existía un desperdicio en la adherencia de pintura en los ganchos donde guindan las piezas, también afirmaron que podría presentarse el desperdicio de pintura por un defecto en el acabado final, pero afirman que no sucede con frecuencia, no obstante, todos coincidieron en el desperdicio de pintura electrostática más frecuente es el polvo que no se adhiere a las piezas por deficiencia en la configuración de la máquina y no tener una distancia óptima entre la pistola de la máquina y la pieza y se precipita al piso, que por más que exista un proceso de recuperación cierta cantidad se desperdicia, sucede lo mismo cuando el operario repasa con la pistola zonas de las piezas que ya están recubiertas, al no haber un espacio sin recubrir el polvo no se adhiere.

En conclusión, los encuestados sugirieron que las causas generadoras de desperdicio en la línea de pintura electrostática son:

- Adherencia en los ganchos.
- Acabado final inconforme.
- Polvo no adherido.

¿En que condiciones productivas considera usted que se encuentra la línea de pintura electrostática?

La respuesta obtenida de esta pregunta por parte del personal de la línea de pintura electrostática es que a pesar de que la línea se encuentra operativa y en buenas condiciones se pudieran aplicar algunas mejoras ya que se pueden apreciar algunas deficiencias a lo largo de la línea como lo son deficiencia en la iluminación dentro de la cabina de pintura, deficiencia en las puertas de la cabina ya que no cierran completamente y cierta cantidad de pintura sale de la cabina, deficiencia en la medición de la temperatura del horno ya que no existe ningún tipo de alerta si la temperatura se encuentra por fuera de los parámetros, solo se posee un termómetro donde se visualiza la temperatura del horno y las marcas de los límites, tampoco

posee un cronometro para el tiempo del horneado, se lleva el tiempo con un reloj situado en la linea.



Figura 22.Termometro del horno de curado.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

¿Los operarios tienen la experiencia necesaria para la manipulación de la máquina de pintura y para pintar con la pistola de pintura electrostática?

Esta pregunta fue dirigida al supervisor y gerente de la planta y sus respuestas coinciden en que a pesar que los operadores de la máquina de pintura electrostática tienen más de diez años en la empresa operando la máquina y pintando, solamente se les dio las instrucciones y se les enseñó dentro de la empresa cómo manejar la máquina y de cómo pintar, ninguno tiene capacitaciones previas antes de entrar a la empresa ni han recibido cursos o talleres sobre el manejo de la máquina de pintura.

¿Qué solución propondría para evitar las causas de desperdicio de pintura en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.?

Las propuestas dadas como respuesta de esta pregunta fueron las siguientes, tener un constante mantenimiento en la ganchería de la línea que permita la conductividad eléctrica a la pieza que será pintada, así como también se propone la utilización de ganchos más indicados para el uso de la línea que sean más delgados y se desperdicie menos pintura en su adherencia, también se propuso realizar planes de capacitación para los operarios donde tengan la información necesaria para lograr un uso óptimo de la máquina de pintura y evitar desperdicio en el proceso.

Tabla 9. Resumen de las soluciones propuestas por los entrevistados.

Soluciones Propuestas
Plan de mantenimiento constante para ganchería.
Implementación de ganchos adecuados.
Plan de capacitación

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

4.1.5.1. Resumen de las debilidades obtenidas en el diagnóstico.

En definitiva, en la fase I de la presente investigación se logró obtener información veraz del proceso de pintura electrostática, donde se alcanzaron identificar una serie de posibles causas de desperdicio presentes en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicio C.A. Información la cual fue obtenida por diferentes medios, gracias a la aplicación de una revisión documental, a su vez por la realización una observación directa, una entrevista estructurada al personal involucrado en la línea de pintura y la aplicación de una herramienta de recolección de datos gestión de desperdicios, todo con el fin de lograr

realizar un analisis de las causas detectadas, dicho analisis sera ejecutado en la fase siguiente de la presente investigacion.

A continuacion presentamos las debilidades halladas en la linea de pintura electrostatica, las cuales son posibles causas generadoras de desperdicio:

- Configuracion no optima de las variables de la maquina de pintura.
- Distancia no optima entre la boquilla de la pistola y la pieza.
- Deficiencia en la supervision.
- Manipulacion inadecuada de las piezas a pintar.
- Adherencia de pintura en ganchos.
- Escape de pintura de la cabina.
- Fallas en el horneado, defectos en acabado final por horneado inadecuado.
- Proceso de recuperacion de pintura deficiente.
- Tiempo estandar de pintado no establecido.
- Repaso de la pistola por zonas ya cubiertas de las piezas.

4.2. Fase II. Analisis de las causas generadoras de desperdicio encontradas en el proceso de pintura electrostatica.

En esta fase se analizaran los resultados obtenidos anteriormente por las herramientas aplicadas, las cuales fueron la revision documental, observacion directa, implementacion de la entrevista estructurada y la implementacion de la herramienta de gestion de desperdicio, para el analisis se utilizaran herramientas de ingenieria industrial, las cuales ayudaran con un analisis mucho mas preciso y profundo de la informacion recolectada, todo esto con el proposito de identificar y priorizar las causas de desperdicio con mas incidencia en el proceso para posteriormente lograr encontrar las estrategias mas adecuadas que logren disminuir el desperdicio de materia prima en la line de pintura electrostatica.

4.2.1. Analisis de las causas basado en el diagrama de Ishikawa (Causa-Efecto).

Para profundizar un poco mas en con la investigacion, y a su vez clasificar y ordenar cada causa del problema con un area especifica se procedio a la creacion de un diagrama de Ishikawa o tambien conocido como diagrama Causa-Efecto. Para la creacion del diagrama se utilizara la informacion recolectada en la revision documental, observacion directa y la entrevista estructurada aplicada al personal, tambien se tomara en cuenta los resultados obtenidos en la herramienta de recoleccion de datos formato de gestion de desperdicios, la cual nos indico los motivos que generan mas desperdicio en la linea de pintura electrostatica. Las causas identificadas en la fase I son las siguientes:

- Configuracion no optima de las variables de la maquina de pintura.
- Distancia no optima entre la boquilla de la pistola y la pieza.
- Deficiencia en la supervision.
- Manipulacion inadecuada de las piezas a pintar.
- Adherencia de pintura en ganchos.
- Escape de pintura de la cabina.
- Fallas en el horneado, defectos en acabado final por horneado inadecuado.
- Proceso de recuperacion de pintura deficiente.
- Tiempo estandar de pintado no establecido.
- Repaso de la pistola por zonas ya cubiertas de las piezas.

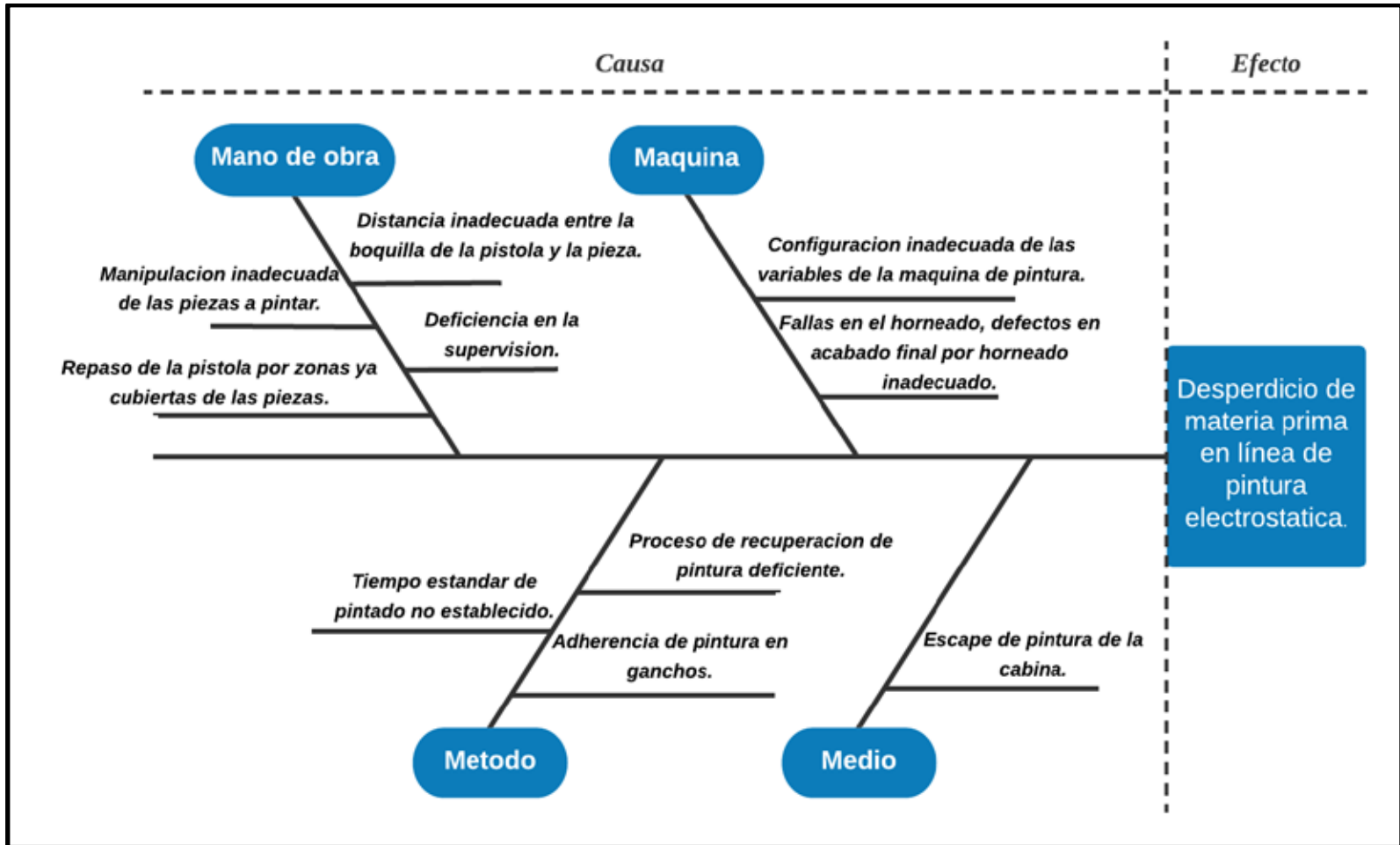


Figura 23. Diagrama de Ishikawa.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

4.2.2. Estudio del Diagrama de Ishikawa realizado en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.

En el diagrama de Ishikawa anteriormente anexado podemos observar las causas debidamente clasificadas en cuatro categorías, mano de obra, maquina, método y medio. A continuación se describirá detalladamente cada debilidad encontrada en la línea de pintura electrostática, plasmadas en el diagrama, identificándolas con el efecto y desperdicio asociados a cada una de ellas.

Tabla 10. Resumen de las causas encontradas en el proceso.

RAMA	CAUSA	EFEECTO	DESCRIPCIÓN	DESPERDICIO
Mano de obra	Repaso de la pistola por zonas ya cubiertas de las piezas.	Aumento de desperdicio de pintura en polvo.	Los operadores realizan repasos por zonas ya cubiertas o pintadas, lo que provoca un desperdicio de polvo, esto puede ser causado por falta de capacitación al personal.	-Materia Prima. -Tiempo.
	Manipulación inadecuada de las piezas a pintar.	Aumento de polvo no adherido al desprenderse de las piezas por el contacto.	Las piezas ya recubiertas no pueden tener ningún contacto directo con su superficie, ya que esto puede causar que el polvo adherido que aún no se ha curado se desprenda.	-Materia Prima.
	Deficiencia de supervisión	Aumento de desperdicio de pintura en polvo.	No hay una supervisión constante en la línea de pintura, lo que puede conllevar a operaciones realizadas indebidamente.	-Materia Prima. -Tiempo.
	Distancia inadecuada entre la boquilla y la pieza.	Aumento de polvo no adherido	Suele suceder que los operadores no mantienen una distancia correcta entre la boquilla de la pistola y la pieza, lo que aumenta la cantidad de pintura desperdiciada.	-Materia Prima.

Maquina	Configuración inadecuada de las variables de la máquina de pintura	Aumento de polvo no adherido.	No se tiene una configuración óptima estándar, se configura por ensayo y error.	-Materia Prima
	Fallas en el horneado, defectos en acabado final por horneado inadecuado.	Defectos en acabado final de la pintura electrostática.	Al no tener equipos medidores de temperatura y del tiempo que posean una alerta visual o sonora si la temperatura o el tiempo salen de los límites establecidos, tienden a existir incidentes en el proceso de horneado.	-Materia Prima. -Tiempo.
Método	Tiempos estándar de pintado no establecidos	Aumento de polvo no adherido y exceso de tiempo de proceso.	Al no existir los tiempos estándar de pintado para ciertas piezas, el operario podría estar pintando por un tiempo superior a lo debido ocasionando que este repasando por zonas ya cubiertas de la pieza.	-Materia Prima. -Tiempo.
	Proceso de recuperación de pintura deficiente.	Aumento de desperdicio de pintura en polvo.	El proceso de recuperación de pintura que se aplica en la línea puede mejorarse y automatizarse, el actual no logra recuperar el 100% de la pintura procesada.	-Materia Prima.
	Adherencia de pintura en ganchos	Aumento de desperdicio de pintura en polvo.	Al implementar ganchos inadecuados para guindar las piezas en los carriles se adherirá más pintura de lo debido a los ganchos, pintura la cual no se podrá recuperar.	-Materia Prima.
Medio	Escape de pintura de la cabina.	Aumento de desperdicio de pintura en polvo.	Las puertas al no cerrar con totalidad existen corrientes de aire que entran y salen de la cabina arrastrando la pintura en polvo que se está esparciendo con la pistola.	-Materia Prima.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

Se puede observar que en el diagrama de Ishikawa se logró clasificar las causas generadoras de desperdicio identificadas dentro del proceso de pintura electrostática, sin embargo, en dicho diagrama las causas no están ordenadas por su frecuencia de aparición o por las cantidades de desperdicio que generan cada una; gracias a la necesidad de tener una jerarquización de las causas se procedió a la ejecución de un análisis de la problemática planteada a través de un diagrama de Pareto con los datos obtenidos de la técnica de grupo nominal, de la cual se presentan sus resultados a continuación.

4.2.3. Ponderación de las debilidades encontradas, a través de la aplicación de la técnica Grupo Nominal.

La técnica de Grupo Nominal permite la ponderación de las causas halladas, ayudando con la identificación de las causas triviales y cuáles son las vitales. Para obtener los datos de dicha herramienta, a lo largo de la aplicación de la entrevista estructurada al personal de la línea de pintura electrostática, se les solicito que de acuerdo a su criterio de importancia ponderaran cada causa, con una puntuación elegible del 1 al 20, siendo la puntuación 1 una causa poco vital para el proceso que no genere desperdicio, y la puntuación 20 una causa vital que genere gran cantidad de desperdicio, con la única condición que la puntuación que le otorgue cada entrevistado a una causa no puede repetirse en otra.

Tabla 11. Resultados Técnica Grupo Nominal.

Ítem	Causa	1	2	3	4	5	6	7	8	F
1	Repaso de la pistola por zonas ya cubiertas de las piezas.	3	4	4	3	4	4	4	3	29
2	Manipulación inadecuada de las piezas a pintar.	5	6	5	5	6	6	5	5	43
3	Deficiencia de supervisión	1	1	2	1	2	2	1	1	11
4	Distancia inadecuada entre la boquilla y la pieza.	6	5	6	6	5	5	6	6	45
5	Configuración inadecuada de las variables de la máquina de pintura	20	20	19	20	18	18	19	20	154
6	Fallas en el horneado, defectos en acabado final por horneado inadecuado.	4	3	3	4	3	3	3	4	27
7	Tiempos estándar de pintado no establecidos	18	17	20	18	17	20	20	19	149
8	Proceso de recuperación de pintura deficiente	19	18	16	17	19	15	17	18	139
9	Adherencia de pintura en ganchos	17	19	18	19	20	19	18	17	147
10	Escape de pintura de la cabina.	2	2	1	2	1	1	2	2	13
Total										757

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

Mediante la ponderación resultante de la técnica del grupo nominal, se logró ordenar y priorizar las causas en el siguiente orden:

1. Configuración inadecuada de las variables de la máquina de pintura.
2. Tiempos estándar de pintado no establecidos.
3. Adherencia de pintura en ganchos.
4. Proceso de recuperación de pintura deficiente.
5. Distancia inadecuada entre la boquilla de la pistola y la pieza.
6. Manipulación inadecuada de las piezas a pintar
7. Repaso de la pistola por zonas ya cubiertas de las piezas.
8. Fallas en el horneado, defectos en acabado final por horneado inadecuado
9. Escape de pintura de la cabina.
10. Deficiencia en la supervisión.

4.2.4. Analisis de las causas principales basado en el diagrama de Pareto.

Con el diagrama de Pareto lo que se busca es lograr una jerarquización de las causas generadoras de desperdicio halladas en la línea de pintura electrostática, los datos utilizados para este análisis fueron los obtenidos gracias a la información otorgada por la empresa V.S. Venezolana de Servicios. C.A., a la entrevista estructurada aplicada al personal de la empresa, a la observación directa realizada en la línea de pintura, a la revisión documental y a la herramienta de recolección de datos gestión de Desperdicios implementada en la línea de pintura.

A continuación se presenta la tabla Frecuencia de Causas en el Proceso donde se jerarquizo las causas de las más vitales a las más triviales, gracias a los datos obtenidos de a la técnica Grupo Nominal donde dichas causas fueron ponderadas a criterio del personal de la línea de pintura electrostática.

Tabla 12. Frecuencia de causas en el proceso.

Causa	Frecuencia	%	Frecuencia acumulada	% Acumulado
Configuración inadecuada de las variables de la máquina de pintura.	154	20,34	154	20,34
Tiempos estándar de pintado no establecidos.	149	19,68	303	40,03
Adherencia de pintura en ganchos.	147	19,42	450	59,45
Proceso de recuperación de pintura deficiente.	139	18,36	589	77,81
Distancia inadecuada entre la boquilla de la pistola y la pieza.	45	5,94	634	83,75
Manipulación inadecuada de las piezas a pintar	43	5,68	677	89,43
Repaso de la pistola por zonas ya cubiertas de las piezas.	29	3,83	706	93,26
Fallas en el horneado, defectos en acabado final por horneado inadecuado	27	3,57	733	96,83
Escape de pintura de la cabina.	13	1,72	746	98,55
Deficiencia en la supervisión.	11	1,45	757	100,00
Total	757	100,00		

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

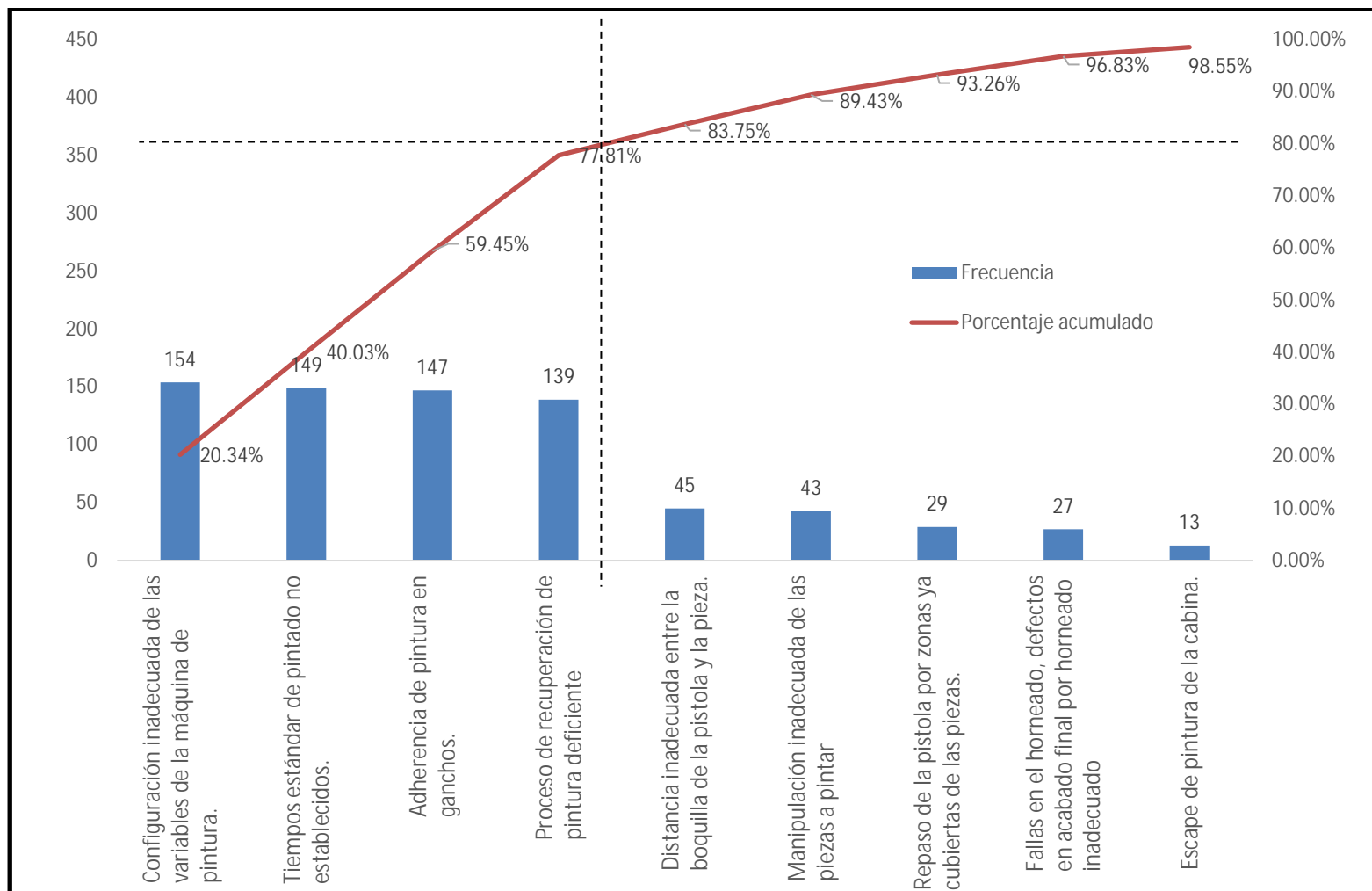


Gráfico 6. Diagrama de Pareto, en función a las causas de desperdicio encontradas en el proceso de pintura de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Autor: Marcovich F. y Guarino V

Una vez aplicado el diagrama de Pareto y aplicando su principio del 80-20 se logró llegar a la conclusión que las principales causas que ocasionan los altos niveles de desperdicio de materia prima en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. son la configuración inadecuada de las variables de la máquina de pintura, tiempos estándar de pintado no establecidos, adherencia de pintura en ganchos y por último proceso de recuperación de pintura deficiente. Sabiendo esto surge la necesidad de investigar a fondo cada una de las posibles causas para llegar hasta su raíz y saber el ¿por qué? ocurren cada una de ellas, por lo tanto se implementó la herramienta de análisis de cinco ¿por qué?

4.2.5. Implementación de la herramienta de análisis de cinco (5) ¿Por qué?

La herramienta de análisis de cinco (5) Por qué es una técnica que nos ayuda a investigar más a fondo las razones del por qué ocurre una causa, llegar a su raíz, teniendo así un conocimiento más amplio de cada una de ellas, mediante la formulación de preguntas, que nos facilita encontrar las causas ocultas, permitiendo desarrollar mejores soluciones al problema. Teniendo en cuenta esto se procedió a la implementación de la herramienta a las posibles causas de desperdicio encontradas anteriormente y jerarquizadas por el diagrama de Pareto, a continuación se presenta una tabla con los resultados de la herramienta de análisis de cinco (5) ¿Por qué?

Tabla 13. Herramienta de análisis de cinco (5) ¿Por qué?

Posible causa	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Configuración inadecuada de las variables de la máquina de pintura.	Los operarios las configuran por tanteo, por ensayo y error.	Falta de capacitación y formación.	No se tiene información necesaria de los valores óptimos con respecto al grosor de la pintura y su adherencia.	No se ha realizado un estudio de la óptima configuración de las variables ni se documentado la información de las configuraciones previas que fueron óptimas y las que no.

Tiempos estándar de pintado no establecidos.	No se toma en cuenta el tiempo al momento de pintar.	La empresa no tiene un tiempo especificado de pintado sino hasta que el operario logre recubrir toda la pieza.	No se le da la importancia que verdaderamente amerita el tiempo de pintado.	
Adherencia de pintura en ganchos.	Se implementan ganchos de distintos tamaños y grosores.	No se tiene una clasificación de los ganchos por su tamaño y grosor.	No se tiene establecido un tamaño y grosor de los ganchos adecuado para cada pieza.	
Proceso de recuperación de pintura deficiente.	Es un proceso manual y rudimentario.	Se emplean herramientas que no están hechas para ese uso. Mallas para cernir, pala y escoba de limpieza.	Son herramientas económicas de fácil uso.	No se le dio importancia a estudiar la posibilidad de mejora de dicho proceso

Autor: Marcovich F. y Guarino V

4.2.6. Las oportunidades de mejora encontradas como resultado del análisis de las debilidades.

Gracias al análisis realizado en la Fase 2 se lograron identificar múltiples causas generadoras de desperdicio en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. jerarquizándolas desde las más significativas y vitales hasta las que generan menos cantidad de desperdicio; al profundizar la investigación en cada una de las causas se lograron hallar posibles propuestas de mejoras que alcancen una posible solución a la problemática planteada. A continuación presentamos un cuadro de las causas más significativas y la propuesta de mejora.

Tabla 14. Resumen de mejoras identificadas en el análisis.

Causa	Mejora
-Configuración inadecuada de las variables de la máquina de pintura.	<ul style="list-style-type: none"> - Mejoramiento de la configuración de la máquina de pintura. - Sistema de indicadores para el control del proceso. -Check list de puesta a punto.

-Tiempos estándar de pintado no establecidos.	- Sistema de indicadores para el control del proceso. -Manual de procedimientos
-Implementación de ganchos inadecuados.	- implementación de ganchos de bajo diámetro.
-Proceso de recuperación de pintura deficiente.	-Sistema de recolección de pintura automatizado.

Autor: Marcovich F. y Guarino V

4.3. Fase III. Plan de mejora en el proceso de pintura electrostática que permita la reducción de los desperdicios del proceso.

En la presente fase se procederá a diseñar un plan de mejora el cual contempla ciertas propuestas cuyo fin es lograr una disminución en los niveles de desperdicio de la línea de pintura electrostática, estas propuestas fueron diseñadas en base a los resultados obtenidos en el análisis realizado en la fase anterior, propuestas las cuales van dirigidas al funcionamiento de la línea de pintura, al buen funcionamiento de la máquina de pintura, y a la optimización del proceso de pintado.

4.3.1. Estrategia de mejora N°1: Mejoramiento de la Configuración de la máquina de pintura.

Gran cantidad de la pintura desperdiciada es ocasionada por una configuración no óptima de las variables de la máquina de pintura, causando que no se adhiera la mayoría del polvo dispersado por la pistola de la máquina, se sabe que el rango de las variables recomendado por los fabricantes de la maquina es de entre 50kV y 80kV para el voltaje, entre amperaje y un 70% de polvo a esparcir; no obstante estas variables deben configurarse dependiendo del tipo de pieza a pintar y sus características, por lo que se ideó esta herramienta para identificar la configuración óptima de las variables de la máquina de pintura para un tipo de pieza en específico.

Esta propuesta está basada en la metodología “Kaizen” implementando el modelo “Plan, Do, Check, Act”, donde el plan es lograr encontrar la configuración

óptima de las variables de la máquina de pintura mediante una herramienta de recolección de datos, la cual calculara el porcentaje de adherencia que se obtuvo por cada configuración empleada en la máquina, facilitando la identificación de una configuración optima; el “Do” o “hacer” quedaría por parte del supervisor de la línea, al realizar el muestreo pertinente y documentar la información necesaria para luego poder ingresarla a la herramienta y hacer que está cumpla su función; una vez se tenga suficiente información en la herramienta se podrá aplicar el “Check” revisando y analizando los resultados obtenidos por dicha herramienta, para poder seleccionar la configuración con mayor porcentaje de adherencia, la configuración optima, para poder concretar al “Act” que este caso sería implementar y estandarizar en el proceso la configuración optima identificada anteriormente.

Para llevar a cabo esta propuesta se debe tomar en cuenta que las condiciones operativas y de seguridad cumplan con los siguientes puntos:

- Verificación y puesta a punto de la máquina antes de empezar a operar, que garantice un buen funcionamiento.
- Verificar que cada lote contenga el mismo tipo de pieza y la misma cantidad para garantizar buenos resultados de la propuesta. En el caso de las tapas metálicas automotriz de área 0.182m^2 , 48 tapas por carro.
- Utilizar instrumentos de medición que sean precisos, para el caso de la medición del peso, preferiblemente instrumentos digitales.
- Calcular la cantidad de pintura empleada mediante el diferencial del peso del reservorio de pintura de la maquina antes de pintar con respecto al peso del mismo reservorio luego del proceso de pintado.

4.3.1.1 Uso y beneficios del Mejoramiento de la configuración de la máquina de pintura.

La herramienta está diseñada para identificar la configuración opima de las variables sin tener que detener la producción mediante la recolección de datos de muestras de un lote o un día de producción, la idea es documentar la configuración

utilizada en un tipo de pieza y poder identificar fácilmente el porcentaje de adherencia que se obtuvo gracias a dicha configuración, y de esta manera se podrá modificar paulatinamente la configuración de las variables hasta conseguir una que proporcione el porcentaje de adherencia con mayor eficiencia para la línea de pintura.

Para llevar a cabo esta propuesta se deberá obtener el software Microsoft Excel y una herramienta para medir el peso, se recomienda una balanza digital para obtener más precisión, el encargado de la medición y tabulación de los datos será el supervisor, a su vez, deberá realizar un seguimiento y evaluación de los resultados.

Beneficios

- Servirá como un historial las configuraciones previamente empleadas para ciertas piezas y su eficiencia.
- Ayudará a la optimización de la configuración de las variables sin detener el proceso productivo.
- Permite identificar la reacción que ocasiona modificar cada variable.
- Ayudará a evitar el desperdicio ocasionado por la mala configuración.
- Servirá para monitorear la cantidad de pintura que se adhiere a las piezas

Tabla 15. Ventajas productivas y económicas de la optimización de la configuración de máquina de pintura.

Ventajas	
Productivas	Económicas
No se necesita detener la producción para aplicar la herramienta.	Disminuirá la cantidad de polvo no adherido.
Facilitará y estandarizará la configuración de la máquina para cada pieza que se vaya a pintar a futuro.	Tiempos de producción más efectivos al no existir paros para configurar la máquina.
Evitará los tiempos extras en configuración aleatoria por los operarios.	Se obtendrá un proceso de pintado más eficiente.

Autor: Marcovich F. y Guarino V.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4	Fecha	Voltaje (kV)	Amperaje (µA)	% de polvo a esparcir	Pieza	Peso de la pieza sin pintar (g)	Peso de la pieza pintada (g)	Pintura empleada (g)	Pintura no adherida (g)	Pintura adherida (g)	% de Adherencia
5	02-09-20	50	20	70	Tapa 0,182m ²	310	342	60	28	32	53,33
6									0	0	0,00
7									0	0	0,00
8									0	0	0,00
9									0	0	0,00
10									0	0	0,00
11									0	0	0,00
12									0	0	0,00
13									0	0	0,00
14									0	0	0,00
15									0	0	0,00
16									0	0	0,00
17									0	0	0,00
18									0	0	0,00
19									0	0	0,00
20									0	0	0,00
21									0	0	0,00
22									0	0	0,00
23											

Figura 24. Herramienta de optimización de la configuración de máquina de pintura.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

4.3.2. Estrategia de mejora N°2: Implementación de sistema de recolección de pintura automatizado.

En el proceso de pintura electrostática es muy poco probable de que exista una adherencia del 100% de la pintura esparcida, no obstante, sabemos que se puede lograr un porcentaje de adherencia óptimo con un porcentaje tolerable de polvo no adherido, por lo que se propone el presente sistema de recolección de pintura automatizada, sistema el cual utiliza la gran mayoría de líneas de pintura electrostática a nivel mundial por su porcentaje de recuperación de pintura, ya que garantiza una recuperación del 95% de la pintura no adherida sin riesgo de estar contaminada o de que pierda sus propiedades; Existen muchos tipos de sistemas de recuperación de polvo, y de distintas configuraciones y capacidades, pero el que presentamos a continuación es el que mejor se adapta a la línea de pintura de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.

El sistema de recolección de pintura cuenta con unos ductos que se deberán instalar dentro de la cabina de pintura, los cuales absorberán la pintura no adherida conduciéndola a la torre ciclónica donde por efecto de la gravedad y la forma de dicha torre la pintura se precipitara hasta el fondo, permitiendo ser tomada y reutilizada, esta torre da la posibilidad de tener una conexión directa con la máquina de pintura, creando así un ciclo continuo de la pintura, una reutilización automatizada. La pintura que no se logre precipitar en la torre será dirigida a los filtros del sistema los cuales atrapan el polvo impidiendo que salgan al aire libre, con la finalidad de que la pintura se precipite en la última tolva de recolección de pintura y así lograr recuperar el polvo no adherido en la cabina de pintura electrostática.

Las dimensiones de la torre ciclónica son de 1 metro ancho, 1 metro de profundidad y 2,5 metros de alto, el cajetín de absorción, el cual cuenta con el ventilador de absorción y los filtros posee unas dimensiones de 1,5 metros de ancho, 0,8 metros de alto y 0,8 metros de profundidad. En caso de cambio de color de la línea se deberá realizar una limpieza profunda de todo el sistema de recolección de pintura, desde los ductos, torre ciclónica y el cajetín de absorción, a su vez se deberán

cambiar los filtros, se recomienda tener un filtro para cada color, así evitar contaminación de colores, estos filtros tienen un rendimiento de más de 2300 horas de producción, lo que equivale a un año de trabajo aproximadamente.

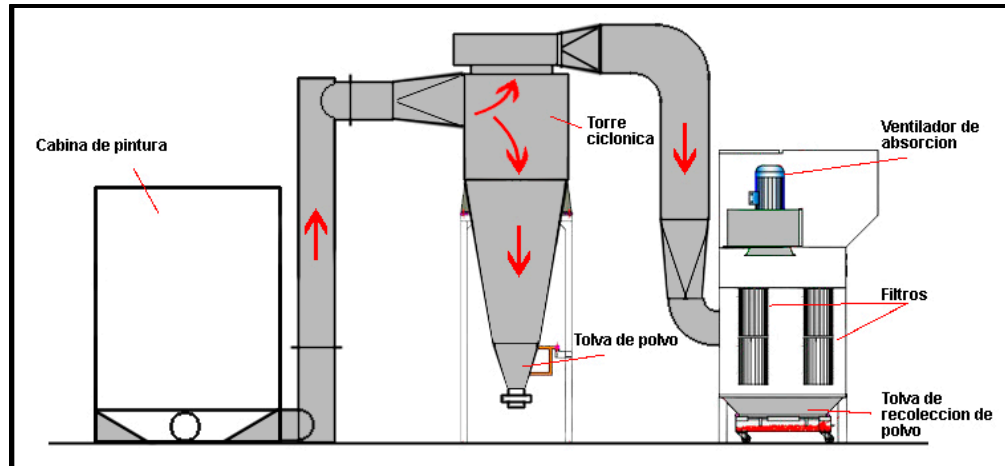


Figura 25 . Esquema de sistema de recolección de pintura automatizado.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)



Figura 26. Foto del sistema de recolección de pintura automatizado, proporcionada por el fabricante.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

4.3.2.1. Uso y beneficios del sistema de recolección de pintura automatizado.

El uso de este sistema es recuperar la pintura que no se logre adherir a las piezas en la cabina de pintura de una manera automática y eficiente, evitando la contaminación de la pintura y su desperdicio. El sistema de recolección de pintura deberá activarse cuando se inicie el proceso productivo, para que él logre recolectar la pintura mientras se está trabajando en la cabina.

El mantenimiento y limpieza para este sistema es fundamental para evitar la contaminación de la pintura electrostática y poder garantizar su buen funcionamiento, se recomienda realizar una limpieza mensual al sistema, removiendo todo el polvo que pudo adherirse a la superficie interna de los ductos, torre ciclónica y cajetín de absorción, en caso de que la línea vaya a pintar con un color distinto deberá realizarse una limpieza profunda y sustitución de los filtros para cada cambio de color. Se deberá tomar en cuenta que existen riesgos de contaminación de la pintura si no se realiza la limpieza y mantenimiento adecuado, provocando un desperdicio de materia prima.

Se deberá dar una breve capacitación al personal del área de pintura como lo son el pintor, asistente de pintor y supervisor sobre el funcionamiento limpieza y mantenimiento del sistema de recolección de pintura, para garantizar el buen uso y funcionamiento de dicho sistema.

Beneficios.

- Optimización y automatización del proceso de recuperación de pintura.
- Disminución de los niveles de desperdicio de polvo.
- Evita la contaminación de la pintura.
- Reutiliza la pintura al instante de ser recolectada.
- Evita el proceso de recuperación manual de pintura.

A continuación se presenta una tabla comparativa donde se puede observar la cantidad de pintura que se recupera mensualmente con el proceso de recuperación de

pintura manual, el cual implementa la empresa actualmente, con respecto a lo que lograría recuperarse con el método propuesto. Cabe destacar que los datos utilizados para el método actual fueron obtenidos en la recolección de datos del presente trabajo de investigación.

Tabla 16. Comparativa del desperdicio de pintura con el sistema de recolección actual y el propuesto.

Sistema de recolección.	Cantidad de pintura empleada	Cantidad de pintura no adherida desperdiciada
Actual	838,15 Kg	127,12 Kg
Propuesto	838,15 Kg	41, 91 Kg

Autor: Marcovich F. y Guarino V

Con respecto al proceso actual, en la línea de pintura electrostática se tiene un porcentaje de recuperación de pintura del 85% aproximadamente, es decir, que el otro 15% pasa a ser desperdicio, como se puede evidenciar en la Tabla 16 en un mes de producción en el cual se utilizaron 838,15 Kg de pintura se desperdiciaron 127,12 Kg. En cambio, el sistema propuesto tiene un porcentaje de recuperación del 95%, de tal manera que solo se desperdicia un 5% mensualmente de la pintura no adherida, por lo cual si estipulamos que en un mes se implementa la misma cantidad de 838,15 Kg solo se desperdiciara 41, 91 Kg de pintura no adherida, aumentando la eficiencia del uso de la materia prima en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Tabla 17. Ventajas productivas y económicas de la implementación del sistema de recolección de pintura automatizado.

Ventajas	
Productivas	Económicas
Evita tener que realizar la recolección y recuperación manual de la pintura no adherida.	Disminución de la cantidad de desperdicio de pintura no adherida.

El operario trabajara de una manera más eficiente, sin tener que caminar sobre la pintura precipitada en el piso de la cabina.	Al tener un sistema de recuperación eficiente se recupera más pintura, por ende se podrá pintar más piezas por la misma cantidad de pintura que se emplea actualmente.
Evita que la pintura se contamine haciendo que pueda ser dispersada múltiples veces.	Al obtener un mejor rendimiento de la pintura los costos de producción disminuirían aumentando el margen de ganacia.

Autor: Marcovich F. y Guarino V

4.3.3. Estrategia de mejora N°3: Propuesta de la implementación de Check List de puesta a punto para la línea de pintura electrostática.

La presente estrategia de mejora está enfocada al arranque de maquina cada vez que inicie un proceso productivo, ayudando a que la línea de pintura electrostática arranque de una manera más eficiente y evitando que el proceso existan percances que afecten tanto al proceso como al acabado final del producto. El Check List es una lista con distintos puntos que el operador debe verificar antes de arrancar el proceso, los puntos van dirigidos tanto a la revisión de la máquina y su producción, revisión del mantenimiento. (Ver Figura 27)

4.3.3.1. Uso y beneficios del Check List de puesta a punto.

El uso del check list es ayudar al operario o supervisor teniendo una lista de diversos puntos pertinentes a la línea de pintura, a su maquinaria y equipos que deberá revisar y monitorear antes de empezar el proceso productivo, esta lista ayudara a que no le pase por alto ningún punto, evitando paradas no planificadas de la línea por falla de maquinaria o fallos en el proceso, esta revisión previa con la lista de chequeo garantiza que la línea esta puesta a punto y lista para empezar el proceso productivo.

Los responsables de llevar a cabo el Check List y rellenar la información de estos formatos serán el pintor y el asistente del pintor, a su vez, el supervisor estará encargado en verificar que Check list para la puesta a punto se esté llevando a cabo. Se deberá impartir una breve formación de cómo

utilizar correctamente el formato para poder obtener buenos resultados, explicando cuales son los puntos de la línea de pintura que se deben verificar, las variables y como verificarlas.

Beneficios.

- Establece una rutina de revisión del estado operativo de las maquinarias y el área de trabajo antes de empezar cada jornada.
- Previene paros repentinos en la producción por fallos en maquinaria.
- Garantiza que la maquina esté en condiciones óptimas de operatividad al inicio de la jornada de trabajo.
- Ayuda a la verificación de todas las maquinas, herramientas y puntos importantes que intervengan en el proceso.

Tabla 18. Ventajas productivas y económicas de la implementación del Check List de puesta a punto para la línea de pintura electrostática.

Ventajas	
Productivas	Económicas
Aumento de la eficiencia productiva al permitir detectar cualquier posible falla antes de que inicie el proceso.	Al tener un proceso más eficiente se lograra producir más en el mismo tiempo de producción,
Mantiene la maquinaria y equipos en un estado óptimo de producción.	Disminuye la posibilidad de tener defectos en pintura por falta de revisión en las variables de la máquina.
Reduce la posibilidad de que ocurra una parada no programada en el proceso.	Se podrá cumplir con las metas diarias de producción en menor tiempo.

Autor: Marcovich F. y Guarino V

4.3.4. Estrategia de mejora N°4: Sistema de indicadores para el control del proceso

La presente propuesta va dirigida al control de variables del proceso como lo son el tiempo estándar de pintado y la cantidad de pintura adherida en las piezas pintadas, mediante la implementación de gráficos de control, como cada grafico se trabajara por separado, a continuación se explicara la herramienta para cada variable.

Control de cantidad de pintura adherida

Actualmente el proceso de pintura electrostática no posee un control adecuado de la materia prima que se emplea en él, por lo tanto esta propuesta va dirigida a dicho control, mediante la implementación de gráficos de control; estos gráficos son generados gracias una herramienta de recolección de datos de fácil uso que hemos desarrollado en el software Microsoft Excel, dicha herramienta está programada para que a medida que se vayan ingresando los datos de muestreos ella misma calcule los valores pertinentes tanto de los limites superiores e inferiores centrales y de especificación, el promedio de las medias, los rangos y su promedio, y a su vez genere la gráfica.

Ya que la línea de pintura cuenta con equipos y maquinaria en buenas condiciones los cuales presentan un buen funcionamiento y un proceso estable, para el cálculo de los gráficos de control se implementó un CPK de 1,33. A su vez para el cálculo de los límites centrales tanto inferior como el superior se utilizaron las siguientes formulas:

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Siendo $\bar{\bar{X}}$ el promedio de las medias y \bar{R} el promedio de los rangos, A_2 es una constante la cual se toma de las tablas militares estándar, y su valor es de 0,577. Para el cálculo de los límites de especificación, inferior y superior si implementaron las siguientes formulas:

$$LSE = \bar{\bar{X}} + (CPK - 3) \sigma$$

$$LIE = \bar{\bar{X}} \quad (CPK \ 3 \ \sigma)$$

En esta ecuación se implementa la desviación estándar, la cual está representada como σ , su cálculo puede realizarse fácilmente con un comando que proporciona Microsoft Excel el cual es +DESVESTA(valor1;valorN) donde los valores entre paréntesis deben ser las medias de los subgrupos; También podemos calcular la desviación estándar con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\bar{X}_i - \bar{\bar{X}})^2}{N - 1}}$$

A su vez, para el cálculo de los límites de control superior e inferior se utilizan constantes de las tablas militares estándar donde D3 tiene un valor de 0,00 y D4 posee un valor de 2,1144, y las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$LCS = D_4 \ \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \ \bar{R}$$

Para lograr mostrar un gráfico de control ya realizado se procedió a la recolección de datos históricos proporcionados por la empresa de las tapas metálicas de filtro de aire automotriz de área 0.182m², donde se calculó el diferencial entre el peso de las piezas sin pintar y el peso de las piezas pintadas para de esta manera obtener la cantidad de pintura adherida en cada pieza, la unidad de medida de para el peso empleado en este grafico es de gramos. Para llevarlo a cabo se tomaron 125 muestras divididas en 25 subgrupos de 5 muestras cada uno, logrando calcular el promedio y el rango de cada subgrupo y posteriormente alcanzar generar todos los datos necesarios y la gráfica.

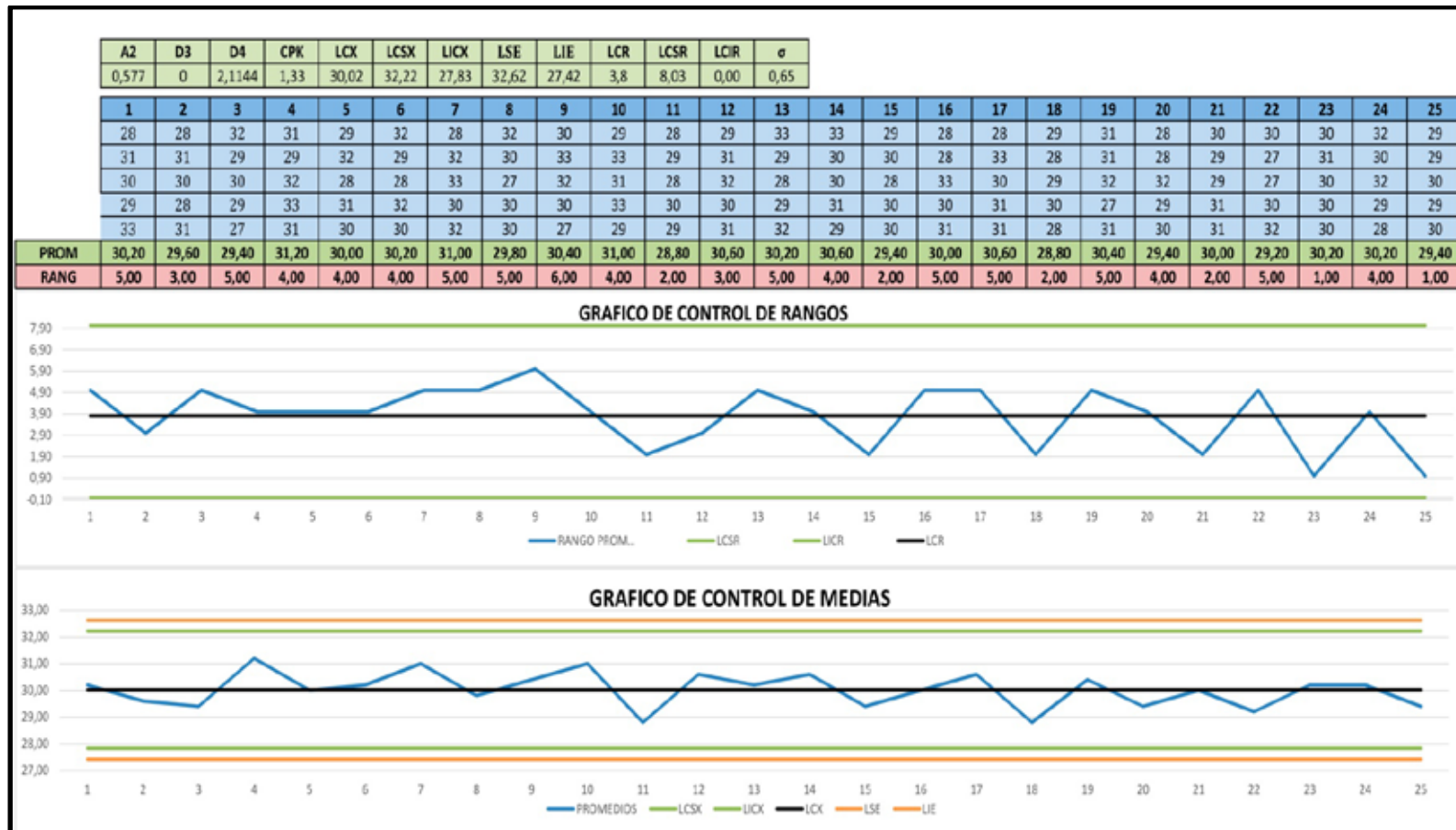


Figura 28. Gráfico de control X-R, pintura adherida en gramos.
Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

Control de tiempo estándar

El proceso de pintura electrostática de la empresa V.S. venezolana de servicios no posee un tiempo definido para el proceso de pintado, ocasionando una generación de desperdicio tanto de materia prima como del tiempo, cabe destacar que el proceso de curado en el horno es de 15 minutos, tiempo el cual el horno permanece cerrado, esto puede tender a crear un cuello de botella dentro del proceso, lo que quiere decir que las piezas que se pinten antes de cumplirse los 15 minutos de horneado deberán estar en espera hasta que se cumpla dicho tiempo y poder ingresar al horno.

Muy bien podríamos calcular el tiempo estándar de pintando dependiendo del área superficial de la pieza que se va a pintar, utilizando el caudal de la máquina de pintura el cual la empresa lo tiene configurado en la máquina de 7,6g/seg aproximadamente y la cantidad de pintura que debería adherirse a la pieza la cual para las tapas metálicas de filtro de aire automotriz de área 0.182m² es de 30 gramos de pintura en promedio por cada pieza, realizando el cálculo de la siguiente manera:

$$t = \frac{30g}{7,6g/seg}$$

$$t = 3,9seg$$

Como podemos observar en el cálculo presentado anteriormente, para pintar cada tapa metálica de filtro de aire automotriz de área 0.182m², se tiene un tiempo teorico de 3,9 segundos por cada tapa, es decir que en teoria el operador podria pintar cada tapa en dicho tiempo, pero en ese calculo no se toma en cuenta el factor de error humano, la destreza para pintar del operador ni la rapidez y eficiencia con que lo haga, por lo que nace la propuesta de estudiar y controlar los tiempos reales del proceso de pintado, tomando muestras del tiempo cronometrando cuanto se toma realmente completar dicho proceso.

Esta propuesta de mejora va dirigida a los tiempos de producción, mediante el control de los tiempos del proceso de pintado en cabina con la implementación de los gráficos de control, esta herramienta podrá ayudar a verificar y monitorear la eficiencia del proceso de pintado con respecto a los tiempos, también se podrá identificar y anticipar posibles fallas o demoras no deseadas con el fin de analizarlas y evitarlas. Para la creación de los gráficos de control se utilizó el software Microsoft Excel, donde se deberá ingresar las muestras de tiempo cronometrado para que dicha herramienta pueda realizar los cálculos pertinentes al gráfico de control como lo son los límites superiores e inferiores centrales y de especificación, el promedio de las medias, los rangos, su promedio, y a su vez genere la gráfica. Para lo cual se implementaron las siguientes formulas:

$$\begin{array}{lll}
 LSC = \bar{X} + A_2 \bar{R} & LIE = \bar{X} - (CPK \cdot 3 \cdot \sigma) & LCS = D_4 \bar{R} \\
 LIC = \bar{X} - A_2 \bar{R} & \sigma = \sqrt{\frac{(\bar{X}_i - \bar{X})^2}{N - 1}} & LCI = D_3 \bar{R} \\
 LSE = \bar{X} + (CPK \cdot 3 \cdot \sigma) & &
 \end{array}$$

Donde "LSC" es límite central superior, "LIC" límite central inferior, "LSE" Límite de especificación superior, "LIE" límite de especificación inferior, " \bar{X} " es el promedio de las medias, " \bar{R} " la media de los rangos, " A_2 " es una constante de las tablas militares estándar cuyo valor es 0,577, " σ " es la desviación estándar, y él "CPK" se implementa a 1,33 por ser el proceso de pintura electrostática un proceso estable con maquinaria y equipos en óptimas condiciones, "LCS" Límite de control superior de grafica de rangos, "LCI" Límite de control inferior de grafica de rangos, D3 tiene un valor de 0,00 y D4 un valor de 2,1144.

Con el fin de realizar un gráfico de control con los datos del proceso se ejecutó una recolección de muestras de tiempos de pintado de las tapas metálicas de filtros de aire automotriz de área 0.182m², donde se tomaron 125 muestras divididas en 25 subgrupos de 5, al tabularlas en la herramienta generaron el siguiente gráfico.

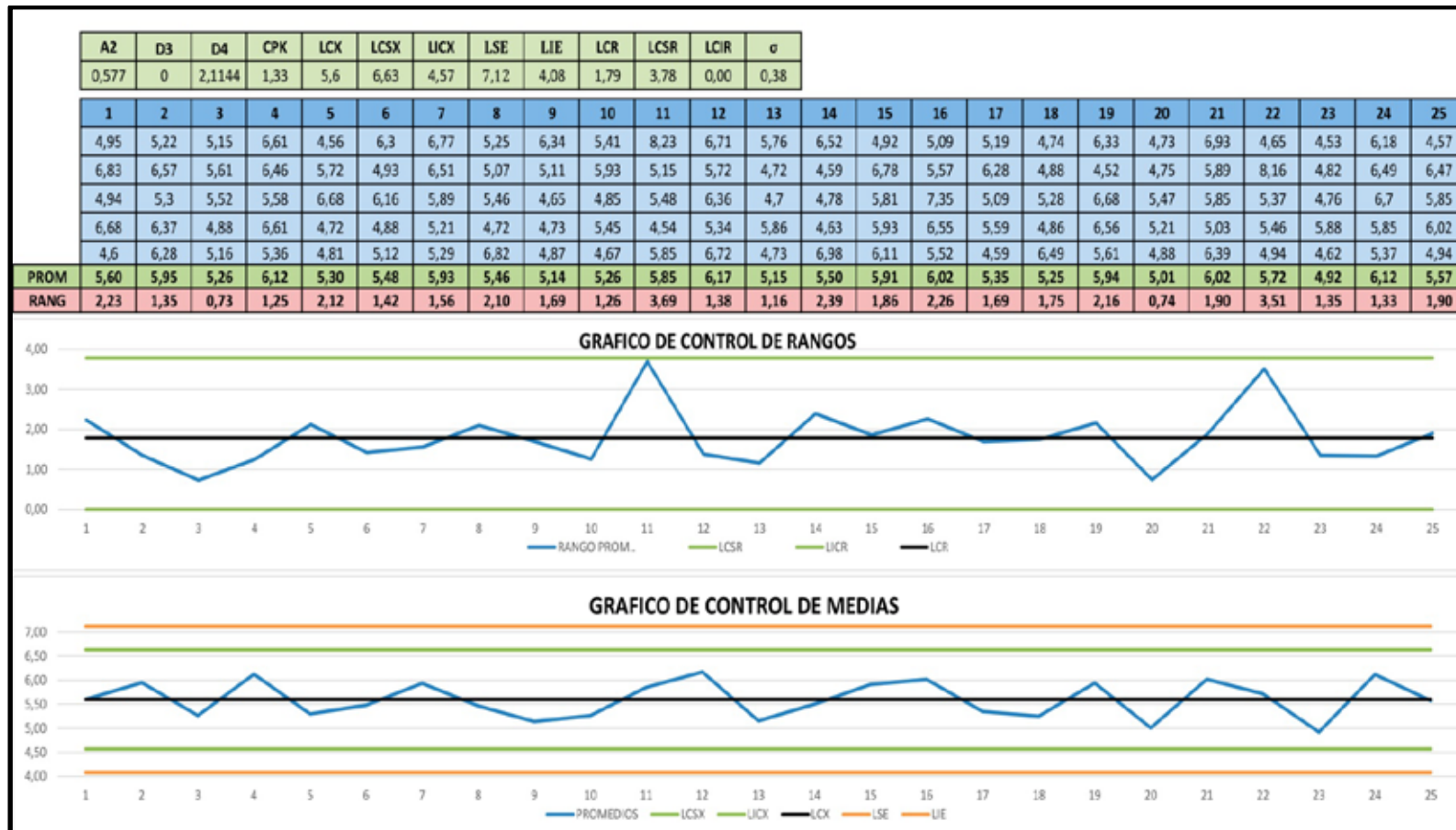


Figura 29. Gráfico de control X-R, tiempo de pintado en segundos.
 Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

4.3.4.1. Uso y beneficios del sistema de indicadores para el control del proceso.

El responsable para la recolección de las muestras y la tabulación de la información recolectada será el supervisor de la línea de pintura, se recomienda que las tomas de las muestras tanto para el tiempo de pintado como para la cantidad de pintura adherida sean tomadas aleatoriamente a lo largo de la jornada de producción, se deberá realizar un informe mensual de los datos y resultados obtenidos por las gráficas de control para facilitar el estudio y análisis de la producción. Se deberá realizar una capacitación al supervisor encargado de la línea de pintura con el fin de que realice un muestreo adecuadamente y conozca el funcionamiento de las gráficas de control y su interpretación.

Control de cantidad de pintura adherida

El uso de esta herramienta es poder llevar un control de la cantidad de pintura que se está adhiriendo a las piezas, donde se pueda identificar si la cantidad de pintura adherida sale de los límites de especificación, evitando el desperdicio de materia prima por un producto final inconforme, ya que esta herramienta ayudan a la toma de decisiones necesarias para que no ocurra dicho desperdicio. Se deberán tomar muestras por cada lote que se va a pintar donde se pesaran las piezas antes de pintar y luego se pesaran las mismas piezas ya pintadas, estos datos deberán ser ingresados en la tabla de datos de la herramienta y así generar las gráficas de control.

Control de tiempo estándar

El uso de esta propuesta es poder verificar, monitorear y controlar el tiempo de pintado en la línea de pintura electrostática, donde se podrán identificar los tiempos reales de dicho proceso, a su vez se lograra hallar tiempos con demoras no deseadas ayudando a su análisis de sus causas para evitarlas en un futuro. La idea es recolectar muestras cronometrando el tiempo de pintado para cada pieza, estas muestras deberían tomarse aleatoriamente cada día que opere la línea, donde al final

de la jornada se deberán ingresar a la herramienta para la generación de los cálculos y la gráfica.

Beneficios.

- Se mantienen monitoreados los tiempos de pintado y del proceso.
- Identificación de demoras o tiempos no deseados.
- Evita posibles excesos de tiempo en el proceso, demoras o tiempos no deseados.
- Ayuda a la estandarización del tiempo del proceso.
- Previene la generación de desperdicio por producto final inconforme.
- Evita el exceso de pintura en las piezas.
- Ayuda al control de la cantidad de pintura adherida a las piezas, generando la gráfica al ir suministrando los datos.
- El comportamiento de la gráfica puede indicar múltiples factores, desde fallas en el equipo o de manipulación por puntos fuera de control y comportamiento errático, hasta puede notificar el mal funcionamiento de la línea por tendencias a los límites superior o inferior.

Tabla 19. Ventajas productivas y económicas del Control de pintura adherida mediante gráficos de control.

Ventajas	
Productivas	Económicas
Aumento de productos finales conformes.	Evita los costos de reproceso y pérdidas por productos finales inconformes.
Disminuye el desperdicio y reproceso de productos finales inconformes.	Ayuda a mantener los niveles de pintura adherida en lo mínimo necesario, evitando una salida excesiva de materia prima.
Anticipa la posibilidad de que el producto salga de los límites de control antes de que suceda.	Es una herramienta de bajo costo de inversión.

Autor: Marcovich F. y Guarino V

Tabla 20. Ventajas productivas y económicas del control de tiempo estándar de producción mediante gráficos de control.

Ventajas	
Productivas	Económicas
Mantiene los tiempos de producción estandarizados.	Si se mejora el tiempo de producción se produce más al día.
Evita posibles demoras o tiempos no deseados.	Aumenta la eficiencia de la línea de pintura.
Mejora los tiempos de producción.	Evita que existan desperdicios de tiempo dentro del proceso.

Autor: Marcovich F. y Guarino V

4.3.5. Estrategia de mejora N°5: Implementación de ganchos de bajo diámetro.

En la línea de pintura se utilizan distintos tipos de ganchos dependiendo de la pieza que se va a pintar, estos ganchos generan un desperdicio en el proceso de pintura electrostática, que a pesar que es un desperdicio muy difícil de eliminar y evitar, es posible disminuir los niveles de desperdicio que se genera por los ganchos. Sabemos bien que mientras exista más área superficial en una pieza más es la cantidad de pintura que se puede adherir a ella, esto reflejado en los ganchos sería que mientras el gancho sea de mayor diámetro su área superficial será mayor y la cantidad de pintura adherida a él será elevada, razón por la cual nace la presente propuesta.

La implementación y el uso de ganchos con bajos diámetros puede disminuir la cantidad de pintura desperdiciada por la adherencia en ellos, el alambre acerado de 1 mm de diámetro es la mejor opción para la creación de los ganchos de la línea, este alambre tiene la resistencia suficiente para soportar el peso de las tapas metálicas de filtros de aire automotriz, a su vez son poco flexibles, también tiene la capacidad de soportar los procesos físicos de remoción de pintura de la empresa sin deformarse.

Según la empresa los ganchos para las tapas metálicas de filtros de aire automotriz deben tener una longitud total de 15cm, de ser así podemos calcular la cantidad de pintura que podría adherirse a los ganchos de alambre acerado de 1mm de diámetro, de ser así los ganchos con esa longitud y dicho diámetro tendrían un área superficial de $0,000471\text{m}^2$ (metros cuadrados) y sabiendo que el rendimiento de la pintura en la línea es de $6\text{m}^2/\text{Kg}$ aproximadamente podríamos determinar con una regla de tres la cantidad de pintura que podría adherirse a los ganchos, cantidad la cual es de 0.078g aproximadamente por cada gancho.

La dureza y la resistencia a la deformación del material del alambre que se propone para los ganchos es alta, por lo tanto estos ganchos pueden ser utilizados múltiples veces sin temor a que se deformen, a su vez, dichos ganchos podrán soportar sin ningún problema el peso de las tapas metálicas de área $0,182\text{m}^2$ las cuales tienen un peso individual de 310 gramos. Sin embargo a dichos ganchos, se les deberá realizar un proceso de mantenimiento, ya que es inevitable la adherencia de pintura en ellos y mientras más capas de pintura tenga el gancho la conductividad de corriente eléctrica a través de él disminuye, afectando así la adherencia en las piezas que se guinden en dicho gancho, por lo tanto, se recomienda realizar un proceso de remoción de pintura a los ganchos que ya se hayan utilizado dos veces, de esta manera se evita que el grosor de las capas de pintura aumenten y afecten el proceso de pintado. La remoción de pintura de los ganchos debe realizarse mediante la calcinación de la pintura con llama directa a su superficie, de esta manera se evita utilizar químicos de remoción que afecten posteriormente.

El mantenimiento constante de los ganchos es imprescindible para poder obtener un buen desempeño de la línea de pintura electrostática, por ende se recomienda un plan de mantenimiento que cuente con la remoción de la pintura adherida en los ganchos al usarse por segunda vez, los encargados del uso de los ganchos y de su mantenimiento serán los ayudantes generales con guía del

supervisor, no necesitaran una formación previa para el uso de los ganchos ya que se implementaran de la misma manera de los que usan actualmente, sin embargo se deberá enseñar cómo realizar el mantenimiento, dichos ganchos deberán tener un espacio para ser almacenados resguardados de la intemperie evitando el contacto con agua y humedad,

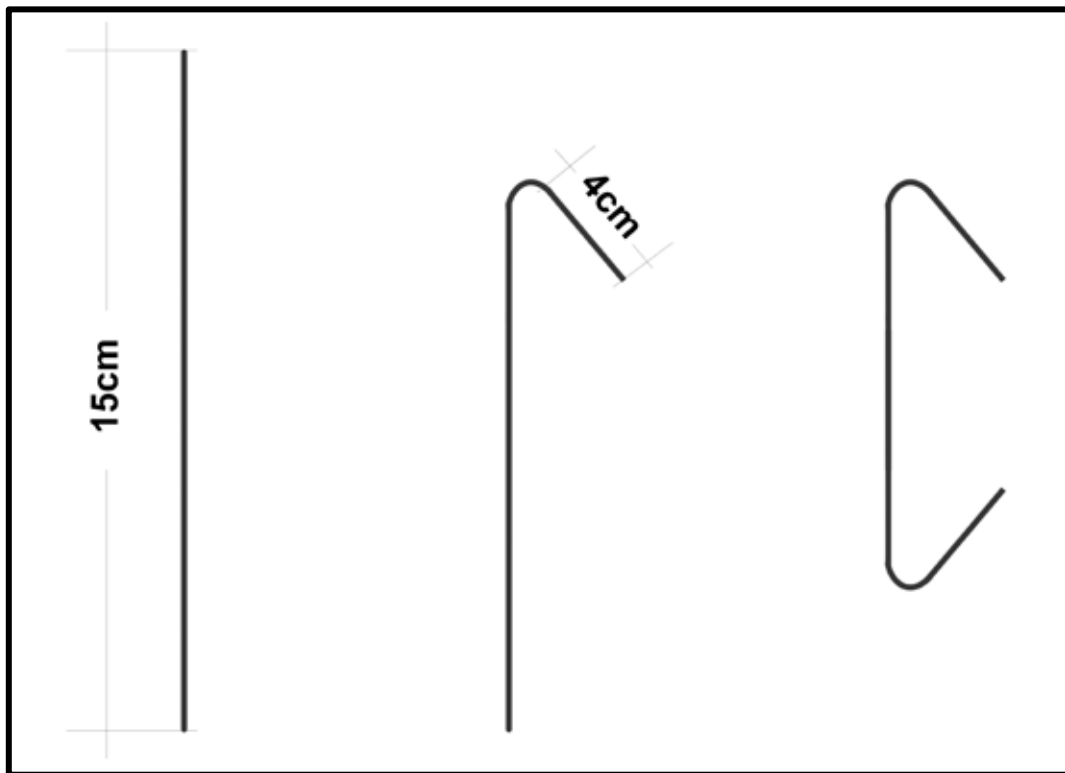


Figura 30. Esquema de gancho propuesto.

Autor: Marcovich F. y Guarino V (2020)

4.3.5.1. Uso y beneficios de la implementación de ganchos de bajo diámetro.

Estos ganchos serán usados en la línea de pintura electrostática para guindar las tapas metálicas de filtros de aire automotriz en los carriles de la línea disminuyendo los niveles de desperdicio de materia prima causados por la adherencia de pintura en los ganchos, mejorando así la eficiencia y el rendimiento de la pintura en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.

Beneficios.

- Reducirá los niveles de desperdicio de materia prima.
- Estos ganchos pueden ser reutilizados después de un proceso de limpieza.
- Aumentará la eficiencia del proceso.
- Evitará altos niveles de desperdicio por causa de la pintura adherida en los ganchos.

Tabla 21. Ventajas productivas y económicas de la implementación de ganchos de bajo diámetro.

Ventajas	
Productivas	Económicas
Incremento en la eficiencia productiva del proceso	Al desperdiciar menos pintura se podrá pintar más piezas por la misma cantidad de polvo.
Ganchos reutilizables	Menos cantidad de desperdicio menos cantidad de pérdida monetaria.
Menor cantidad de área superficial en los ganchos.	Economiza los costos al poder reutilizar los ganchos.

Autor: Marcovich F. y Guarino V



Figura 31. Gacho usado de la línea de pintura electrostática..

Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

4.3.6. Estrategia de mejora N°6: Manual de procedimientos para la línea de pintura electrostática.

La falta de conocimiento o experiencia de un operario puede afectar negativamente a un proceso, si no se le da la ayuda necesaria para que pueda conocer a fondo sobre el área que se le asignó, el trabajo que debe realizar, como lo debe realizar, entre otros puntos pertinentes a su área de trabajo. Al estandarizar una variable en un proceso nos ayuda a tenerlo controlado, y que siempre el producto de dicho proceso se encuentre dentro de los parámetros deseados, dicha estandarización también se puede implementar en los procedimientos de un proceso, estableciendo los pasos que se deben realizar para completar cada fase del proceso, también se deben establecer el orden de los pasos y el tiempo establecido para cada uno de ellos, todo esto se plantea en lo que se conoce como manual de procedimientos.

La meta de esta propuesta es ayudar a la formación y capacitación de los operadores dentro de la empresa, con la estandarización de los procesos mediante un manual de procedimientos que guíe paso a paso a los operarios como hacer las tareas correspondientes en su área de trabajo. El manual de procedimientos que se propone está limitado únicamente a la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.

El manual debe contemplar todas las actividades que deba realizar cada operador en la línea dependiendo de su cargo, es decir, se debe explicar paso a paso como debe realizar el trabajo el pintor dentro de la cabina de pintura, el asistente de la máquina de pintura, y asistente general de la línea, que deben tomar en cuenta para completar su trabajo cada uno de ellos, que normas deben conocer para realizarlo, como saber cuándo está completado.

Cada persona que forme parte del proceso de pintura electrostática deberá tener una copia del manual, por lo tanto se deberá imprimir una copia para cada uno, la entrega de este manual será responsabilidad del supervisor del área, así como también cada trabajador nuevo que ingrese a la línea de pintura deberá tener una copia.

4.3.6.1. Uso y beneficios del Manual de procedimientos para la línea de pintura electrostática.

El principal uso de esta propuesta es el de guiar a los trabajadores y operarios de la línea de pintura electrostáticas en las tareas que deba realizar cada uno de ellos para que el proceso funcione de una manera eficiente, todo el personal que este encargado de la línea de pintura deberá tener una copia del manual, estudiarlo e implementarlo en su trabajo; el manual será de gran ayuda para la empresa, facilitando la capacitación de los operarios nuevos o recién ingresados al área de trabajo, a su vez, al tener una estandarización de procedimientos el proceso de pintura electrostática estará más controlado, disminuyendo la probabilidad de que ocurra alguna parada no planificada en la línea por una mala manipulación, mal procedimiento, o error humano.

Beneficios.

- Facilita la formación y capacitación de los operarios.
- Estandariza los procedimientos del proceso.
- El operario o trabajador tendrá la posibilidad de consultar al manual en cualquier momento que lo desee por alguna información.
- Al tener un procedimiento estandarizado se pueden reducir los tiempos del proceso aumentando su eficiencia.

Tabla 22. Ventajas productivas y económicas del manual de procedimientos para la línea de pintura electrostática.

Ventajas	
Productivas	Económicas
Estandarización de los procedimientos, aumento la eficiencia productiva.	Al tener procesos estandarizados se disminuye la probabilidad de generación de desperdicios o pérdidas.

Aumento de la capacidad productiva de cada trabajador al tener una guía a seguir y mejora su capacitación.	Mejora los tiempos del proceso, aumento de producción.
Un proceso controlado mejora la calidad del producto, manteniéndolo dentro de los parámetros.	Al tener un personal mejor capacitado el producto final tendrá mejores acabados, logrando aumentar la satisfacción del cliente con la empresa.

Autor: Marcovich F. y Guarino V



Figura 32. Manual de procedimientos, portada.
Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

Objetivo de la línea de pintura electrostática.

La línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. tiene como objetivo principal ofrecer un servicio de recubrimiento electrostático de alta calidad para piezas metálicas, con el fin de proporcionarle los beneficios que el recubrimiento electrostático les puede otorgar como lo es la resistencia a la corrosión, resistencia a la intemperie, mayor durabilidad y muchas otras más.

Alcance.

El proceso de pintura electrostática inicia en el área de lavado donde las piezas se someten a una limpieza profunda y a un tratamiento químico que ayudara la adherencia de la pintura, el proceso continua en el área de pintado donde las piezas son recubiertas en la cabina de pintura, una vez finalizado este paso, las piezas son trasladadas al horno de curado, y es ahí donde finaliza el proceso

Participantes.

Los cargos del personal que labora en la línea de pintura electrostática son los siguientes: Supervisor, Pintor, Asistente del pintor, Encargado de limpieza y Ayudante general.

Elaborado Por: Marcovich F. y Guarino V

Revisado Por:

Aprobado por:

Figura 33. Manual de procedimientos, P-1.
Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

PROCESO

	Actividad	Descripción	Responsable
1	Recepción de piezas	Las piezas deben ser trasladadas desde el almacén de piezas por pintar hasta el área de lavado, con ayuda de transpaletas.	Ayudante general.
2	Lavado de piezas.	Las piezas deben ser sometidas a una limpieza minuciosa donde se deberá remover todo tipo de aceite, grasa, suciedad y oxido. Emplear guantes, desengrasantes, lijas finas, agua.	Encargado de limpieza
3	Tratamiento químico	Las piezas limpias serán introducidas en el tanque de fosfato por 15 minutos. Utilice guantes para la manipulación.	Encargado de limpieza

Elaborado Por: Marcovich F. y Guarino V

Revisado Por:

Aprobado por:

Figura 34. Manual de procedimientos, P-2.
Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

3			
4	Secado	Una vez transcurrido los 15 minutos las piezas deberán ser extraídas del tanque de fosfato y suspendidas en los ganchos de secado. Utilice guantes para la manipulación.	Ayudante general.
5	Traslado a la línea de pintura	Las piezas secas deben ser depositadas en contenedores plásticos para luego ser transportadas a la línea de pintura electrostática en la zona de carga. Utilice guantes para la manipulación. Utilice transpalets.	Ayudante general.
6	Carga de los carros de la línea de pintura	Se guindaran las piezas ya limpiadas y tratadas, utilizar los ganchos adecuados. Utilice guantes para la manipulación.	Ayudante general.
Elaborado Por: Marcovich F. y Guarino V		Revisado Por:	Aprobado por:

Figura 35. Manual de procedimientos, P-3.
Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

4			
7	Pintado	El carro de la línea con las piezas ya guindadas deberá ser introducido a la cabina de pintura donde serán recubiertas, se debe tener una separación de 15 cm aproximadamente entre la boquilla de la pistola y la pieza. Presionar el gatillo de la pistola únicamente cuando se vaya a recubrir una pieza, evitar repasar por zonas ya recubiertas. Comunicar al asistente sobre modificaciones en los parámetros de la máquina. Utilizar traje de protección, mascara, guantes y respirador.	Pintor
Elaborado Por: Marcovich F. y Guarino V		Revisado Por:	Aprobado por:

Figura 36. Manual de procedimientos, P-4.
Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

5			
8	Asistencia a la máquina de pintura	A medida de que se esté pintando dentro de la cabina se deberá asistir al pintor en la máquina de pintura, surtiendo a la maquina la pintura necesaria, configurando los valores de la maquina con los parámetros establecidos.	Asistente del pintor
9	Ingreso al horno de curado.	Las piezas pintadas deben ser ingresadas al horno de curado, donde deberá transcurrir un tiempo de 15 minutos antes de ser retiradas del horno. Utilizar respirador, Guantes, extensión para movilizar los carros.	Ayudante general.
Elaborado Por: Marcovich F. y Guarino V		Revisado Por:	Aprobado por:

Figura 37. Manual de procedimientos, P-5.
Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

6			
10	Extraer del horno	Una vez transcurrido el tiempo de curado las piezas deben ser extraídas del horno, apagar el horno antes de abrir las puertas, utilizar extensión para movilizar los carros, guantes. Una vez extraídas dejar reposar al aire libre evitando tocar las piezas	Ayudante general.
11	Desmontar piezas	Las piezas extraídas del horno que ya hayan reposado lo suficiente para bajar su temperatura deberán ser desmontadas manualmente del carro y depositadas en contenedores para su revisión de calidad.	Ayudante general.
Elaborado Por: Marcovich F. y Guarino V		Revisado Por:	Aprobado por:

Figura 38. Manual de procedimientos, P-6.
Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)


7			
12	Trasladar a almacén de producto terminado	Las piezas revisadas y aprobadas por el supervisor deberán ser trasladadas al almacén de producto terminado, utilizar guantes y transpalets.	Ayudante general.
			
Elaborado Por: Marcovich F. y Guarino V		Revisado Por:	Aprobado por:

Figura 39. Manual de procedimientos, P-7.
Fuente: V.S. Venezolana de Servicios C.A. (2020)

4.4. Fase IV. Evaluación de la factibilidad del plan de mejora diseñado.

La presente fase está destinada a realizar la evaluación económica de cada una de las propuestas de mejora planteadas en relación a los beneficios que podrían otorgar a la empresa, mediante los costos asociados con la instalación y aplicación de cada una de ellas, con el fin de justificar la inversión, a su vez, se analizará la factibilidad social ambiental económica técnica y operativa.

Estrategia de mejora N°1: Mejoramiento de la configuración de máquina de pintura.

Tabla 23. Inversión requerida para la propuesta N°1

Mejora	Costo
Microsoft Excel	139.99\$
Herramienta de anotación y registro de datos	10\$
Total	149.99\$

Autor: Marcovich F. y Guarino V

En el caso de la primera propuesta solo se necesita el software Microsoft Excel, el cual puede adquirirse directamente desde la página oficial de Microsoft y descargarlo en línea, una vez instalado solo se deberá implementar la herramienta para poder tabular los datos del muestreo y obtener los resultados, dichos datos serán recolectados en el área de trabajo con la ayuda de herramientas de anotación y recolección de datos

Estrategia de mejora N°2: Implementación de sistema de recolección de pintura automatizado.

Tabla 24. Inversión requerida para la propuesta N°2

Mejora	Costo
Sistema de recolección de pintura.	5.000\$
Costo de importación	1.500\$
Costo de instalación	2.000\$
Total	8.500\$

Autor: Marcovich F. y Guarino V

Para implementar se necesitaría adquirir el sistema completo de recolección de pintura automatizado el cual tiene un costo de 5.000\$ USD, a su vez, el costo de la importación de dicho sistema es de 1.500\$ USD, y su instalación en la línea de pintura electrostática tiene un costo de 2.000\$ USD, dando un presupuesto total de 8.500\$ USD.

Estrategia de mejora N°3: Propuesta de la implementación de Check List de puesta a punto para la línea de pintura electrostática.

Tabla 25. Inversión requerida para la propuesta N°3

Mejora	Costo
Creación de los formatos Check List	20\$
Total	20\$

Autor: Marcovich F. y Guarino V

Para la creación de los formatos Check List se toma en cuenta el costo de impresión de dichos formatos y el papel en el que serán impresos, resultando un costo total de 20\$ USD.

Estrategia de mejora N°4: Sistema de indicadores para el control del proceso.

Para la implementación de la estrategia de mejora N°4 se necesitara un ordenador con el software Microsoft Excel para poder tabular los datos y realizar los cálculos y el grafico, a su vez, para la recolección de datos pertinentes se necesitaran algunas herramientas como lo son una balanza digital de precisión, cronometro digital manual y formatos de anotación para registrar los datos manualmente en el área de trabajo.

Tabla 26. Inversión requerida para la propuesta N°4

Mejora	Costo
Microsoft Excel	139.99\$
Balanza digital de precisión	20\$
Cronometro digital de mano	10\$
Formatos y herramienta de anotación y registro de datos	20\$
Total	189.99\$

Autor: Marcovich F. y Guarino V

Estrategia de mejora N°5: Implementación de ganchos de bajo diámetro.

Tabla 27. Inversión requerida para la propuesta N°5

Mejora	Costo
Bobina de alambre acerado 1mm (50Kg)	80\$
Creación de los ganchos	208\$
Total	288\$

Autor: Marcovich F. y Guarino V

Para implementar la propuesta de mejora N°6 se deberá adquirir una bobina de alambre acerado de 1mm, que en este caso se tomó una bobina de 50Kg la cual tiene un costo de 80\$ USD, dicha bobina posee 52.000 metros de alambre, de esa cantidad de alambre se pueden fabricar 20.800 ganchos de 15 cm de alto, ya que para cada gancho se necesitan 25 cm de alambre, y el costo de fabricación para esa cantidad de ganchos es de 208\$ USD.

Estrategia de mejora N°6: Manual de procedimientos para la línea de pintura electrostática.

Tabla 28. Inversión requerida para la propuesta N°6

Mejora	Cantidad	Costo unitario
Manual de procedimientos.	14	2\$
Total		28\$

Autor: Marcovich F. y Guarino V

Para implementar la estrategia de mejora N°7 se deberá imprimir y otorgar un manual a cada trabajador del área de pintura electrostática, los cuales entre el pintor, asistente de pintor, encargados de lavado, ayudantes generales y supervisor conforman un equipo de 14 trabajadores, por lo tanto la impresión de 14 manuales tiene un costo de 28\$.

4.4.1. Inversión requerida para cada propuesta.

Tabla 29. Inversión total del plan de mejoras

Propuesta	Costo
Mejoramiento de la configuración de máquina de pintura.	149,99\$
Implementación de sistema de recolección de pintura automatizado.	8.500\$
Propuesta de la implementación de Check List de puesta a punto para la línea de pintura electrostática.	20\$
Sistema de indicadores para el control del proceso.	50\$
Implementación de ganchos de bajo diámetro.	288\$
Manual de procedimientos para la línea de pintura electrostática.	28\$
Total	9.035,99\$

Autor: Marcovich F. y Guarino V

La inversión total para la implementación de todas las propuestas de mejora es un monto de 9.035,99\$ USD, donde cabe destacar que dos propuestas de mejora contemplan en su presupuesto el costo del software Microsoft Excel, ya que para implementarlas es necesario el uso de dicho software, las mejoras son “Optimización de la configuración de máquina de pintura.” Y “Sistema de indicadores para el control del proceso.” Donde para el caso del presupuesto de la implementación de todas las propuestas se observa que el costo del software solo aparece en una sola de las estrategias de mejora, ya que solo es necesario realizar un solo pago y para utilizar las dos propuestas que lo necesiten

4.4.2. Análisis de la relación Costo-Beneficio.

La estructura de producción actual de la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. logra recubrir semanalmente 6.000 tapas metálicas de filtros de aire automotriz de área 0,182m² con un desperdicio semanal de 31,78 Kg de pintura únicamente de la pintura no adherida dentro de la cabina, lo que pasaría a ser una producción mensual de 24.000 tapas recubiertas con un desperdicio mensual de 127,12 Kg de pintura, traduciendo en 1.398,32\$ USD desperdiciados mensualmente.

En cambio, implementado la propuesta de mejora la empresa tendría una producción mensual estipulada de 24.000 tapas recubiertas, pero, con un desperdicio mensual de 19,56 Kg de pintura no adherida dentro de la cabina, donde monetariamente sería 215,16\$ USD al mes.

Para la cantidad de pintura que se lograra recuperar con la implementación de la propuesta, realizamos el siguiente cálculo, donde los 127,12Kg es la cantidad de pintura que se desperdicia actualmente, únicamente de la pintura no adherida dentro de la cabina, a diferencia de los 19,56Kg que se desperdiciarían aplicando la propuesta, resultando 107,56Kg, esta es la cantidad de pintura que se recuperaría mensualmente si se aplica la propuesta de mejora.

$$127,12Kg - 19,56Kg = 107,56Kg$$

por lo tanto sabiendo que el costo de 1Kg de pintura en polvo es de 11\$ USD el monto mensual por los 107,56Kg de pintura recuperada es de 1183,160\$ USD siendo este el beneficio mensual que se obtiene por la implementacion de la propuesta de mejora

Conociendo el beneficio mensual que obtendria la empresa si aplicase las propuestas de mejora, y sabiendo el costo total de la inversion, podemos proceder a realizar el calculo de la relacion Costo-Beneficio, donde el resultado si es mayor a 1 significa que es rentable, en cambio, si resulta menor o igual a 0 quiere decir que no es un proyecto rentable.

$$\frac{Beneficios}{Costos} = \frac{1183,160\$/mes}{9.035,99\$} = 0.13$$

Tiempo de recuperación de la inversión.

Para conocer el tiempo de retorno de la inversión de las propuestas planteada dividimos el monto total de dicha inversión entre el beneficio mensual de la empresa obtendría.

$$TR = \frac{Inversion}{Beneficios} = \frac{9.035,99\$}{1183,160\$/mes} = 7,637 \text{ meses}$$

El resultado del cálculo del TR quiere decir que la empresa recuperara el dinero invertido en 7,637 meses, lo que se traduce a 152,74 días de producción.

4.4.3. Factibilidad operativa de las propuestas.

En la actualidad, el personal que forma parte de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. tienen la capacidad de desempeñar cualquier actividad o tarea que sea necesaria en la empresa, a su vez, dicho personal se demuestra objetivo y capaz de identificar los problemas o fallas que se pueden presentar dentro de su área de trabajo, lo cual disminuye la posibilidad de que se genere una resistencia al cambio a la implementación de mejoras, lo cual da la seguridad de que el personal de la empresa posee toda la capacidad para implementar las propuestas de mejora sugeridas en el presente trabajo de grado. Sin embargo es recomendable que las propuestas sean

aplicadas una por una paulatinamente, explicando y dando la formación necesaria al personal de queda propuesta que se vaya aplicando, todo esto para evitar la resistencia al cambio y evitar que los operarios se agobien o se sientan presionados por las actividades que deberán hacer al implementar las propuestas.

4.4.4. Factibilidad Ambiental-Social.

Lograr desarrollar una propuesta de mejora que logre disminuir los niveles de desperdicio de la empresa V.S. Venezolana de servicios C.A. es uno de los objetivos principales del presente trabajo de grado, sabemos que la pintura en polvo electrostática no es toxica, pero si esta no está en un entorno o proceso no controlado puede llegar a ser contaminante, refiriéndonos a la contaminación como la acción del ingreso de elementos o sustancias que no pertenecen a un entorno, afectando su funcionamiento, por lo tanto, se busca disminuir las causas generadoras de desperdicio de pintura en polvo, evitando la posible contaminación del ambiente de trabajo que pueda llegar a afectar al personal o al proceso.

Existe la posibilidad de que una cierta cantidad de pintura en cabina sea fugada al exterior por corrientes de aire, dando la posibilidad de tener una contaminación en el aire alrededor de la cabina de pintura. Controlar estas fugas es posible manteniendo la cabina cerrada y de ser posible hermética, pero es recomendable el uso de respiradores a todo el personal que labore alrededor de la cabina como lo es el asistente del pintor, ayudantes generales, supervisor y todo aquel que ingrese al área de pintado, por la seguridad y salud de cada persona.

CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo del presente trabajo de grado se realizó una investigación sobre el proceso de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. con el objetivo de poder diseñar un plan de mejora que logre reducir los niveles de desperdicio que existen dentro del proceso, implementando técnicas de recolección de datos y herramientas de ingeniería que ayudaron a discernir toda la información recolectada logrando identificar las causas generadoras de desperdicio facilitando el diseño de un plan de mejora eficiente y adaptado a las circunstancias y problemática detectada en el proceso de pintura electrostática.

En la fase I se diagnosticó la situación actual del proceso de pintura electrostática mediante una revisión documental gracias a la información proporcionada por la empresa, a su vez, se realizó una observación directa al proceso donde se logró recaudar información de su funcionamiento, de la maquinaria y herramientas utilizadas en la línea de pintura, también se diseñó una herramienta de recolección de datos, para posteriormente analizar la información recaudada pertinente al desperdicio en la línea de pintura, por último se implementó una entrevista estructurada al personal que forma parte del proceso de pintura electrostática, dando la posibilidad de tener una vista amplia desde dentro del proceso sobre la problemática identificada. Se detectaron deficiencias en el proceso como lo son la configuración no óptima de las variables de pintura electrostática, deficiencia en la recuperación de pintura en polvo, falta de conocimiento y formación del personal, falta de control de las variables del proceso y deficiencia en la implementación en los ganchos de guindado.

Durante la fase II se llevó a cabo el análisis de las debilidades halladas en la fase I, aplicando el diagrama de Ishikawa o Causa-Efecto, Diagrama de Pareto y la herramienta de análisis del cinco ¿Por qué?, dichas herramientas

ayudaron a identificar y jerarquizar las posibles causas generadoras de desperdicio presentes en la línea de pintura electrostática.

En la fase II se logró desarrollar y diseñar un plan de mejora dirigido a la reducción de los niveles de desperdicio de la línea de pintura electrostática, gracias al previo análisis realizado en la fase II, el plan está compuesto por las siguientes propuestas:

Mejoramiento de la configuración de máquina de pintura.

- Sistema de recolección de pintura automatizado.
- implementación de Check List de puesta a punto para la línea de pintura electrostática.
- Sistema de indicadores para el control del proceso.
- Implementación de ganchos de bajo diámetro.
- Manual de procedimientos para la línea de pintura electrostática.

En relación a la fase IV, en ella se realizaron los cálculos pertinentes para la evaluación económica de la implementación de la propuesta, mediante el análisis de la relación Costo-Beneficio, donde se determinó la factibilidad de la inversión y a su vez se logró calcular el tiempo de recuperación de la inversión de las propuestas planteadas.

RECOMENDACIONES

Ya presentadas las conclusiones dadas por la presente investigación y cumplido los objetivos planteados, se presenta a continuación una serie de recomendaciones, las cuales su implementación queda a decisión y responsabilidad por parte de la empresa V.S. Venezolana de Servicio C.A. Las recomendaciones son:

- Que se implemente el plan de mejora propuesto, con la finalidad de lograr una disminución en los niveles de desperdicio de la línea de pintura electrostática.
- Implementar el sistema de recolección de pintura automatizado, ya que este no solo disminuirá a gran escala los niveles de desperdicio de la materia prima, sino que también hará más eficiente el proceso logrando recubrir más piezas con la misma cantidad de pintura que se usa actualmente, ya que la pintura recuperada por el sistema no pierde sus propiedades.
- Aplicar y entregar al personal el manual de procedimientos del proceso de pintura electrostática, con el fin de que el personal conozca bien el proceso y facilitar la capacitación de todo nuevo personal que vaya a ingresar a la línea, a su vez, dicho manual logra una estandarización del proceso.
- Impartir capacitaciones al personal sobre el proceso.
- Crear planes de mantenimiento a los equipos de la línea, como lo son la máquina de pintura, compresores, horno y al sistema de rieles.
- Se recomienda el cambio del medidor de temperatura del horno por uno digital, e implementar una alarma visual o sonora para poder notar a tiempo cuando la temperatura salga de los parámetros de horneado.
- Aplicar un troubleshooting para los defectos de la pintura electrostática como el mostrado en los anexos del presente documento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F (2016). **El proyecto de la investigación: Introducción a la Metodología Científica.** (5ta Edición) Caracas-Venezuela: Episteme.
- Atkinson, F. (1990). **Creating culture change: the key to successful total quality management.** Bradford UK: IFSPublications.
- Amezcuca C. y Jimenez A (1996) **Evaluación de Programas Sociales.** Madrid, España.
- Arias F. (2012) **El Proyecto de Investigación.** Caracas, Venezuela
- Arnum (2007) **Pintura Arnum** [Documento en línea]. Disponible:
http://www.arnum-as.com-idex_archivos/pinturas.htm
- Balestrini, M. (2006). **Como se elabora el proyecto de investigación: (para los Estudios Formulativos o Exploratorios, Descriptivos, Diagnósticos, Evaluativos, Formulación de Hipótesis Causales, Experimentales y los Proyectos Factibles.**(7ma Edición)Caracas: Consultores Asociados
- Camejo, J. (2012). **Indicadores de Gestión ¿Qué son y por qué usarlos?** [Documento en línea]. Disponible:
<http://www.gestiopolis.com/indicadores-de-gestion-que-son-y-por-que-usarlos/>
- Castellano, L. (2019). **Metodología Para Aumentar la Eficiencia de los Procesos Kanban.** [Documento en línea]. Disponible:
https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/03/ART.-2-TECNO-Ed.-29_Vol.-8_n%C2%BA-1-1.pdf
- Castillo, F. (2009). **Lecturas de Ingeniería 6: La Manufactura Esbelta.** México: Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán -Departamento de Ingeniería

- Castellano, L. (2019). ***Kanban. Metodología para Aumentar la Eficiencia de los Procesos.***
[Documento en línea]. Disponible:
https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2019/03/ART.-2-TECNO-Ed.-29_Vol.-8_n%C2%BA-1-1.pdf
- Chiavenato, I. (2004). **Introducción a la Teoría General de la Administración.** (7ma Edición) Prentice-Hall York: McGraw-Hill Interamericana.
- Corbetta (2007). **Definición de población.**
[Documento en línea]. Disponible: <http://bit.ly/2IfOuvI>
- Crosby, P. (1979). **La calidad no cuesta: el arte de cerciorarse de la calidad.** México: Grupo Editorial Patria.
- Chaverra D. (2017) **Estudio sobre consumo mundial de recubrimientos.**
[Documento en línea]. Disponible:
<https://www.zonadepinturas.com/201711077216/noticias/empresas/estudio-sobre-consumo-mundial-de-recubrimientos.html>
- Evans. (2005). **Administración y Control de Calidad.** (7ma Edición). USA: Cengage Learning
- Feigenbaum, A. (2009). **Control total de la calidad.** (9na Edición). México: Innovación Educativa
- Gutiérrez-Pulido, H. y De la Vara Salazar, R. (2008), **Diseño y análisis de experimentos.** (2da Edición) México: McGraw-Hill, México
- Goetsh y Davis, (2006). **Quality Management.** (5ta Edición). USA. Cloth
- Gomez M. (2006) **Introducción a la metodología de la investigación Científica,** Cordoba, Argentina.
- Hernández, R. (2014), **Metodología de la investigación.** (5ta edición)
[Documento en línea]. Disponible: <http://bit.ly/1SgDw7f>

- Hernández S., Fernández C., y Baptista L. (2010). **Metodología de la investigación**. (3^{ra} Edición). Prentice-Hall York: Mc Graw Hill
- Hurtado, J (2000). **El proyecto de investigación**. Caracas–Venezuela: Sypal.
- Hurtado, J. (2007). **El proyecto de Investigación**. Metodología de la Investigación Holística. Caracas-Venezuela: Quirón.
- Hurtado J. (2008) **Metodología de la investigación holística**. Caracas, Venezuela.
- Ishikawa, K. (1988). **¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa**. Colombia: Grupo Editorial Norma.
- James, P. (2000). **Gestión de la Calidad Total. Un texto introductorio**. USA: Prentice Hall
- Llanos J. (2005) **Cómo entrevistar para la selección de personal**. Mexico D.F.
- Ochsenius, I. (2016). **Herramienta de control y mejora: aplicación de pokayoke al proceso de contratación pública**.
 [Documento en línea]. Disponible:
<http://asocex.es/wp-content/uploads/2016/12/Revista-Auditor%C3%ADa-P%C3%ABblica-n%C2%BA-68-pag-83-94.pdf>
- Operé (1997). **Organización: A Guide to Problems Practice Harper and Row**.
 [Documento en línea]. Disponible
<https://www.uv.mx/gestion/files/2013/01/MIRIAM-HERRERA-MENDOZA.pdf>.
- Pavon, C (2018). **Plan de negocio para la implementación de una fábrica que ofrezca el servicio de pintado de diferentes metales mediante la utilización de pintura en polvo importada**.
 [Documento en línea]. Disponible:
<http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10010>

- Prado, D. (2005). **Cálculo de estándares de operación y propuestas de mejoras en las líneas de tratamiento, ensamblaje y empaque en la Planta SchickWilkinsonSword.** Caracas: Universidad Simón Bolívar.
- Piñero, E. (2011). **Programa 5S's para el mejoramiento continuo de la calidad y la productividad en los puestos de trabajo.**
[Documento en línea]. Disponible:
<http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/Inge-Industrial/volvi-n20/art06.pdf>
- Rodríguez, Y. (2017) **Plan de mejoras para la reducción de desperdicios en el área de extrusión, en la compañía anónima Goodyear de Venezuela.**
San Diego, Venezuela: Universidad José Antonio Páez.
- Sabino, C. (2002). **Metodología de la Investigación.** Caracas-Venezuela: Panapo.
- Sacristan, F. (2002). **Mantenimiento Total de la Producción (TPM): Proceso de Implantación y Desarrollo.** Madrid-España:FundaciónCofemetal
- Stracuzzi P. y Martins F. (2012) **Metodología de la Investigación Cuantitativa.** Caracas, Venezuela.
- Sabino (2010) **El proceso de Investigación.** Caracas, Venezuela.
- Tamayo y Tamayo, M. (2008). **El Proceso de la Investigación Científica.** (4ta. Edición). México: Limusa
- UJAP. (2007). **Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado.** Valencia, Venezuela.
- UPEL (2006). **Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales.** Caracas, Venezuela.
- Vázquez, S. (2016). **Propuesta de mejora del proceso productivo en una empresa del sector químico bajo el enfoque de manufactura esbelta.**
Naguanagua-Venezuela: Universidad de Carabobo

ANEXO A-1

Inicio del troubleshooting.

VENEZOLANA DE SERVICIOS c.a.
Calle Diego de tovar # 78 - Mariara, Edo Carabobo

Guía de defectos en el acabado final de la pintura electrostática.

La presente guía muestra una serie de defectos que podrían encontrarse en el acabado final de la pintura electrostática, señalando sus posibles causas y las posibles soluciones para cada causa.

LISTA DE DEFECTOS ← Haz Clic

Causas. Al hacer clic en cada una de ellas te dirigirá a las soluciones

Causas	Defecto	Fotografía del defecto	Descripción
<ul style="list-style-type: none">• Limpieza de la pieza con desengrasantes agresivos.• Exceso de pintura adherida.• Pintura en polvo contaminada o caducada.• Pintura de pintura electrostática presenta fallas.	Piel de naranja		<p>Este defecto se puede detectar en el producto final como una pintura con una textura parecida a la piel de la naranja, puede sentir una irregularidad en ciertas zonas de la pieza, no necesariamente toda la capa de pintura presenta este defecto.</p>

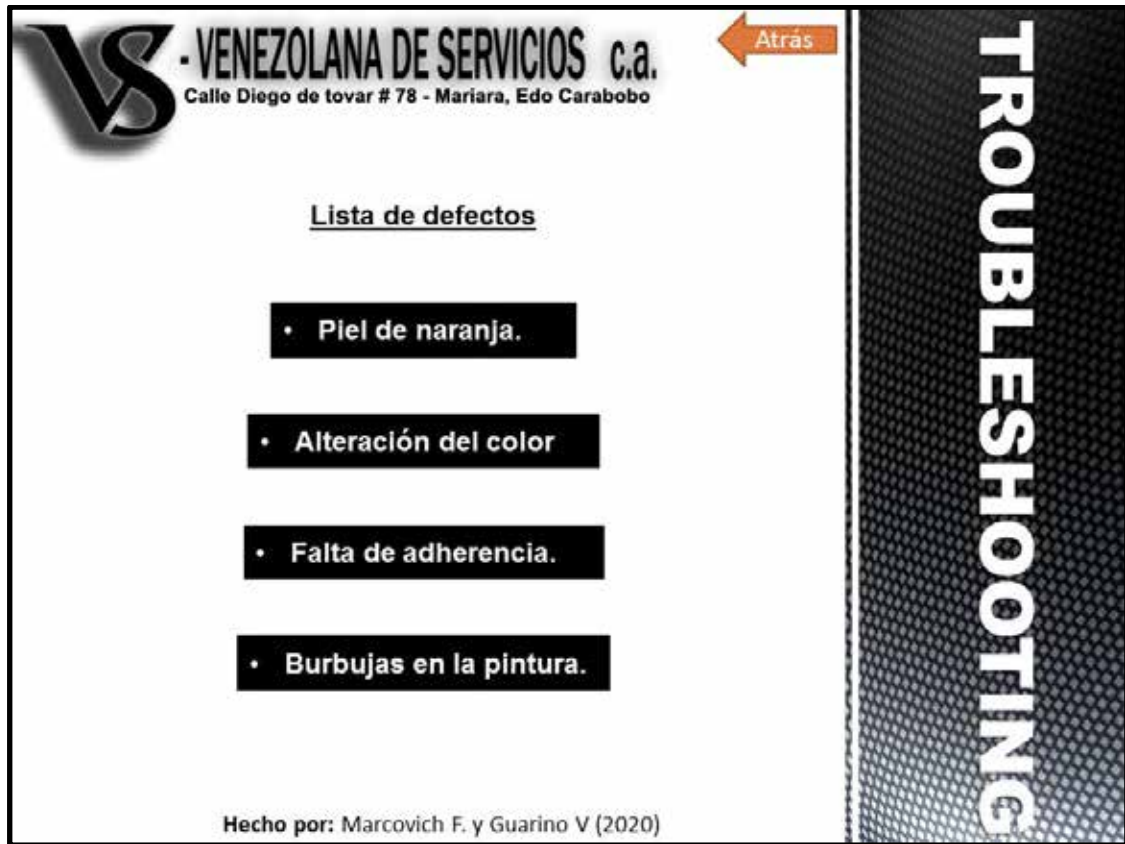
Hecho por: Marcovich F. y Guarino V (2020)

TROUBLESHOOTING

Autor: Marcovich F. y Guarino V

ANEXO A-2

Lista de defectos del troubleshooting.



The image shows a presentation slide with a white background and a black border. In the top left corner, there is a logo consisting of the letters 'VS' in a stylized font, followed by the text '- VENEZOLANA DE SERVICIOS c.a.' and 'Calle Diego de tovar # 78 - Mariara, Edo Carabobo'. In the top right corner, there is an orange arrow pointing left with the word 'Atrás' written inside it. The main content of the slide is a list of defects under the heading 'Lista de defectos'. The list contains four items, each in a black box with white text: '• Piel de naranja.', '• Alteración del color', '• Falta de adherencia.', and '• Burbujas en la pintura.'. On the right side of the slide, there is a vertical black bar with a white grid pattern and the word 'TROUBLESHOOTING' written vertically in white capital letters. At the bottom of the slide, it says 'Hecho por: Marcovich F. y Guarino V (2020)'.

VS - VENEZOLANA DE SERVICIOS c.a.
Calle Diego de tovar # 78 - Mariara, Edo Carabobo

Atrás

Lista de defectos

- Piel de naranja.
- Alteración del color
- Falta de adherencia.
- Burbujas en la pintura.


Hecho por: Marcovich F. y Guarino V (2020)

TROUBLESHOOTING

Autor: Marcovich F. y Guarino V

ANEXO A-3

Causas del primer defecto del troubleshooting.




VENEZOLANA DE SERVICIOS c.a.
Calle Diego de tovar # 78 - Mariara, Edo Carabobo

Causas

- Limpieza de la pieza con desengrasantes agresivos.
- Exceso de pintura adherida.
- Pintura en polvo contaminada o caducada.
- Pistola de pintura electrostática presenta fallas.

Piel de naranja.



Este defecto se puede detectar en el producto final como una pintura con una textura parecida a la piel de la naranja, puede verse mas acentuado en ciertas partes de la pieza, no necesariamente toda la capa de pintura presente este defecto.


Hecho por: Marcovich F. y Guarino V (2020)

[← Atrás](#)

Autor: Marcovich F. y Guarino V

ANEXO A-4


Soluciones de la primera causa del primer defecto del troubleshooting.



VENEZOLANA DE SERVICIOS c.a.
Calle Diego de tovar # 78 - Mariara, Edo Carabobo

← Atrás

Piel de naranja.



Causa: Limpieza de la pieza con desengrasantes agresivos.

Solución

- Cambiar el tipo de desengrasante que se esta usando.
- De ser posible diluir el desengrasante antes de usar.
- Utilizar mas cantidad de agua fresca para quitar el desengrasante aplicado a lasd piezas.

Este defecto se puede detectar en el producto final como una pintura con una textura parecida a la piel de la naranja, puede verse mas acentuado en ciertas partes de la pieza, no necesariamente toda la capa de pintura presente este defecto.

Hecho por: Marcovich F. y Guarino V (2020)

Autor: Marcovich F. y Guarino V

ANEXO B-1

Validación de instrumento, entrevista estructurada, P-1.



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

ENTREVISTA ESTRUCTURADA

Entrevista dirigida a los **empleados** de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A. Dirigida al personal encargado de la línea de pintura, tanto a operarios, supervisores y gerente; se les agradece responder de forma objetiva y equitativa, ya que la misma busca conocer la opinión de cada uno, para así poder recolectar la mayor cantidad de información y desarrollar los objetivos de esta investigación.

PREGUNTAS		Dirigida a :	RESPUESTAS
1	¿Cuáles cree usted que son las causas que generan desperdicios en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.?	Operarios, supervisores y gerentes	
2	¿En qué condiciones productivas considera usted que se encuentra la línea de pintura electrostática?	Operarios, supervisores y gerentes	
3	¿Los operarios tienen la experiencia necesaria para la manipulación de la máquina de pintura y para pintar con la pistola de pintura electrostática?	Supervisor y gerente	
4	¿Qué solución propondría para evitar las causas de desperdicio de pintura en la línea de pintura electrostática de la empresa V.S. Venezolana de Servicios C.A.?	Operarios, supervisores y gerentes	

ANEXO B-2

Validación de instrumento, entrevista estructurada, P-2.

HOJA DE REGISTRO

PARA LA VALIDACION DEL INSTRUMENTO

Instrucciones: Marque con una X el recuadro que identifique su punto de vista respecto al ítem de acuerdo a la siguiente apreciación

- P** = Pertinente
- A** = Ambiguo
- C** = Claro
- D** = Debe reforzarse o modificarse
- E** = Eliminar
- En la columna de observaciones puede complementar su apreciación

Nº ITEM	P	A	C	D	E	OBSERVACIONES
1	x					
2	x					
3	x					
4	x					

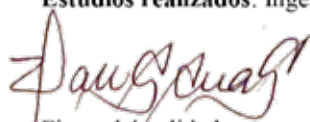
OBSERVACIONES GENERALES RESPECTO AL INSTRUMENTO

Nombre y apellido: Manuel Cuadrado García

C.I.:V - 7.067.357

Tlf.: 0414-3426505

Estudios realizados: Ingeniería Industrial y Maestría en Administración de Empresas


Firma del validador: