

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA “INDOAMÉRICA”

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA Y SU
INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA REYPEL"**

Informe de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

AUTOR:

Edmundo Leonel Quijia Gualoto

TUTOR:

Ing. Iza Llumigusin Christian Eduardo

QUITO - ECUADOR

2017

APROBACION DEL TUTOR

En mi calidad de Director del Proyecto: "**ANALISIS DEL PROCESO DE PINTURA ELECTROSTATICA Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA REYPEL**" presentado por Quijia Gualoto Edmundo Leonel para optar por el título de Ingeniero Industrial, CERTIFICO que dicho proyecto de tesis ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Quito,..... 2017

EL TUTOR

Ing. Christian Eduardo Iza Llumigusin M.Sc.

C.I.: 171243826-4

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACION**

Yo, Edmundo Leonel Quijia Gualoto declaro ser autor del proyecto de Tesis, titulado “Análisis del Proceso de Pintura Electrostática y su Incidencia en la Productividad en la Empresa Reypel”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos, divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y el exterior, con las cuales la universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitare la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de (Quito), a los (días) del (mes) de (año), firmo conforme:

Autor: Edmundo Leonel Quijia Gualoto

Firma:

Número de Cédula: 1712403441

Dirección: Nayón, Calle Huáscar N3-41 y calero

Correo Electrónico: edmundoleonel@hotmail.com

Teléfono: 0996488290

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal Examinador aprueban el Informe de tesis, sobre el Tema:
"ANÁLISIS DEL PROCESO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA Y SU
INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA REYPEL" del
estudiante Quijia Gualoto Edmundo Leonel, de la carrera de Ingeniería Industrial
de la "Universidad Tecnológica Indoamérica"

Quito,..... 2017

Para constancia firman:

TRIBUNAL DE GRADO

F.....

PRESIDENTE

Ing. Wilson Chancusig

F.....

VOCAL

Ing. Gustavo Almeida

F.....

VOCAL

DEDICATORIA

Esta meta alcanzada se los dedico a Dios, mi esposa Adriana Pillajo, mis hijos Arely, Marlon Quijia y mis Padres que han sabido creer en mí, brindándome su apoyo incondicional y enseñarme que las metas propuestas siempre se los alcanza cuando se trabaja con un objetivo claro, a mis hermanos por el apoyo decidido ante las adversidades a quienes los he tenidos cerca en todo momento y han ayudado a que este proyecto se haga realidad.

Edmundo

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Tecnológica Indoamérica, institución el cual me he forjado como estudiante y luego como profesional para la futura aportación exitosa a la sociedad. A REYPEL en especial Mary Jaramillo por brindar las facilidades para que este proyecto se cumpla.

Edmundo

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA	3
Tema.....	3
Línea de investigación.	3
Planteamiento del Problema.....	4
Contextualización.....	4
Análisis Crítico	10
Formulación del problema	11
Prognosis	11
Delimitación de la Investigación	12
Justificación	12
Técnica.....	12
Económica	13
Objetivos	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos.....	14

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	15
Antecedentes investigativos	15
Fundamentación Técnico	17
Fundamentación Legal	18
Categorías Fundamentales	19
Graficas de inclusión.....	19
Constelación de ideas	21
Desarrollo de marco teórico	22
Señalamiento de variables.....	40
Definición de términos técnicos.....	41
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	42
Enfoque de la Modalidad	42
Cuantitativa.....	42
Modalidad básica de la investigación	42
Tipo de investigación	42
Descriptiva	42
Población.....	43
Muestra.....	45
Operacionalización de variable.....	47
Plan de recolección de información	49

Procesamiento de la Información.....	50
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RESULTADOS	51
Procesamiento y análisis de la información	51
Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov (KS)	57
Conclusiones	76
Recomendaciones.....	76
CAPÍTULO V. PROPUESTA	79
Titulo.....	79
Datos Informativos.....	79
Antecedentes de la propuesta.....	79
Objetivos de la propuesta.....	80
General.....	80
Específico.....	80
Justificación de la propuesta	80
Desarrollo de la propuesta.....	81
Factibilidad	85
Programación	87
Actividades.....	89
Modelo operativo	94

Cálculos.....	113
Conclusiones	127
Recomendaciones.....	128
Bibliografía.....	129

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1: Árbol de Problemas	9
Figura 2: Red de Categorías	19
Figura 3: Constelación de ideas de la variable independiente.....	20
Figura 4: Constelación de ideas de la variable dependiente.....	21
Figura 5: Proceso actual de pintura electroestática	24
Figura 6: Equipo de pintura electroestática.....	28
Figura 7: Operaciones como sistema.....	31
Figura 8: Recursos.....	31
Figura 9: Ejemplo de flujograma de procesos.....	34
Figura 10: Layout.....	35
Figura 11: Diagrama de Gantt.....	37
Figura 12: Ruta critica.....	38
Figura 13: Servicio de pintura electrostática.....	43
Figura 14: Producto elaborado diario.....	44
Figura 15: Demanda 2016 motopartes.	52
Figura 16: Productividad 2016 motopartes.	52
Figura 17: Tiempo de espera promedio 2016 motopartes.	55
Figura 18: Prueba de normalidad Tiempo de producción.	63

Figura 19: Prueba de normalidad Productividad.	64
Figura 20: Correlación de tiempo de espera/ productividad.	66
Figura 21: Correlación de tiempo total/ productividad.	67
Figura 22: Ingreso de materia prima.	69
Figura 23: Área de lavado-Decapado-enjuague-fosfatado.....	69
Figura 24: Área de pintado.....	70
Figura 25: Área de horno.....	70
Figura 26: Curva de curado epoxi/poliéster.	72
Figura 27:Esquema del proceso de situación actual.....	73
Figura 28: Área de horno. Temperatura(°C) y tiempo(min.)	77
Figura 29: Programación Proyecto.....	88
Figura 30: Método PERT.	93
Figura 31: Levantamiento del proceso.	94
Figura 32: Flujograma del proceso de pintura-motoparte.	95
Figura 33: Flujograma Limpieza.	96
Figura 34: Flujograma Pintura.	102
Figura 35: Curva de curado epoxi.	105
Figura 36: Aplicación pintura.....	106
Figura 37: Comparación de tiempos.	114

Figura 38: Comparación de productividad.....	114
Figura 39: Utilidad neta.....	125
Figura 40: Punto de equilibrio.....	126

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Clientes Reypel	8
Tabla 2: Tasa de inflación	39
Tabla 3: Toma de datos-Enero	44
Tabla 4: Variable Independiente Proceso de pintura electrostática	47
Tabla 5: Variable Dependiente Productividad	48
Tabla 6: Información en registro	50
Tabla 7: Tabla de resumen demanda de motopartes basculantes	51
Tabla 8: Tabla de datos mes de Enero.....	54
Tabla 9: Tabla de resumen	56
Tabla 10: Tabla de resumen de datos para prueba de normalidad	59
Tabla 11: Tabla la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov (KS).	61
Tabla 12: Tabla de muestra datos ordenados	62
Tabla 13: Tabla de resumen de prueba Tiempo de producción	63
Tabla 14: Tabla de resumen de prueba Productividad	64
Tabla 15: Método de correlación de Pearson	65
Tabla 16: Correlación de Pearson 1	67

Tabla 17: Correlación de Pearson 2	68
Tabla 18: Propiedades mecanicas epoxi/poliéster.....	71
Tabla 19: Diagrama analítico del proceso actual	75
Tabla 20: Propiedades mecanicas epoxi.....	77
Tabla 26: Ponderación epoxi/poliéster.	78
Tabla 22: Tabla de pesos específicos	83
Tabla 23: Tabla de criterio costo	83
Tabla 24: Tabla de criterio implementación.....	83
Tabla 25: Tabla de criterio duración	84
Tabla 26: Tabla de conclusiones	84
Tabla 27: Cálculo ruta crítica	91
Tabla 28: Resultados de ruta crítica	91
Tabla 29: Propiedades Bonderite C-AK 907 ALKALINE CLEANER	97
Tabla 30: Parámetros de desengrase	99
Tabla 31: Parámetros de la tina	100
Tabla 32: Propiedades BONDERITE M-ZN 37 ZINC PHOSPHATE	100
Tabla 33: Parámetros de la tina de fosfatado	101
Tabla 34: Propiedades epoxi	104
Tabla 35: Especificaciones del horno Eléctrico	107

Tabla 36: Justificación proceso desengrase.....	109
Tabla 37: Justificación proceso fosfatado	110
Tabla 38: Justificación curado.....	111
Tabla 39: Resumen de tiempos propuestos	111
Tabla 40: Diagrama analítico del proceso propuesto	112
Tabla 41: Resumen mejora.....	113
Tabla 42: Tasas de interés	117
Tabla 43: Tabla resumen flujo de caja	121
Tabla 44: Flujo de caja	122
Tabla 45: Resumen VAN y TIR.....	122

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: "ANÁLISIS DEL PROCESO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA Y SU
INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA REYPEL"

AUTOR:

Edmundo Leonel Quijia Gualoto

TUTOR:

Ing. Christian Eduardo Iza Llumigusin

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo principal en el presente trabajo de tesis es establecer la incidencia que tiene el proceso de Pintura Electrostática en la productividad de la Empresa REYPEL, para identificar de manera clara y concisa todos los factores que inciden durante todo el proceso, fue necesario hacer un trabajo de campo evaluando todas las variables que pueden afectar al proceso, para posteriormente analizar toda la información de forma estadística y obtener resultados que permitan establecer la estación en donde se requiera mejorar para incrementar la productividad. Todos los métodos que generen retrasos, paras de línea que tengan movimientos innecesarios o tiempos muertos, pueden mejorar el flujo continuo y reduciendo el esfuerzo físico del operario mejorando la ergonomía del puesto o los puestos de trabajo.

DESCRIPTORES: Proceso de Pintura, proceso de lavado, Proceso de secado, análisis de tiempos estándar, evaluación de flujo de movimientos, mejora de la productividad.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TOPIC: “ANALYSIS OF THE ELECTROSTATIC PAINT PROCESS AND ITS INCIDENCE IN PRODUCTIVITY IN THE REYPEL COMPANY”.

Research report submitted as a prerequisite to obtaining the title of Industrial Engineer

AUTHOR: Edmundo Leonel Quijia Gualoto

TUTORA: Ing. Christian Eduardo Iza Llumigusin

ABSTRACT

The main objective in this thesis work is to establish the impact of the Electrostatic Painting process on the productivity of the REYPEL Company, in order to clearly and concisely identify all the factors that affect the whole process, it was necessary to do a job Of field evaluating all the variables that can affect the process, to later analyze all the information in statistical form and to obtain results that allow to establish the station where it is necessary to improve to increase the productivity. All methods that generate delays, stop lines that have unnecessary movements or dead times, can be improved with alternatives to improve a continuous flow and reducing the physical effort of the operator improving the ergonomics of the job or the jobs.

WORDS: Painting process, washing process, drying process, standard time analysis, movement flow assessment, productivity improvement.

INTRODUCCIÓN

En la presente investigación de tesis tiene como tema: Análisis del proceso de pintura electrostática y su incidencia en la productividad en la empresa Reypel, ubicada en la Ciudad de Quito.

Es importante señalar que el proceso de pintura electrostática en Reypel, inicia con el decapado, enjuague (partes laminados en caliente), desengrase alcalino, enjuague, fosfatado, enjuague, secado, pintura y embalaje. En todos estos procesos el traslado o avance de proceso se los realiza de forma manual, a lo que se ha notado diferencias entre cada uno de los productos ocasionando problemas de calidad que al final terminan en reprocesos, principalmente en la preparación de la superficie a pintar, consecuentemente altos costos en el proceso.

Para conocer el problema y proponer alternativas de solución se requiere de una investigación con resultados que permitan tomar decisiones viables y a su vez evaluadas para determinar si cumple o no el objetivo de la tesis que es mejorar el tiempo de proceso de pintura electrostática.

El proyecto de investigación comprende:

Capítulo I: Este capítulo se refiere, a lo relacionado con los antecedentes investigativos, justificación en todos los aspectos financiera, ambiental, técnica y tecnológica, prognosis, y lo más importante el grafico de árbol de problemas donde se describe el problema y las causas y efectos del objeto de investigación, es decir el planteamiento del problema.

Capítulo II: Se determinan las gráficas de constelación de ideas, estas dependen de las variables dependientes e independientes, de aquí se parte para recolectar información necesaria para realizar la investigación.

Capítulo III: Se refiere a la metodología de la investigación, se realizó gráficas de Operacionalización de variables, es decir cómo se planea recolectar información de acuerdo a las variables y finalmente un plan de recolección.

Capítulo IV: Este se refiere a todas las gráficas, análisis y descripciones que se realizó para la determinación de la propuesta que solucione el proceso de pintura electrostática de la empresa Reypel, se realizaron a los datos pruebas de normalidad y de correlación, concluyendo las incidencias y lo que se recomienda para la solución del problema.

Capítulo V: Este se refiere a la propuesta para la solución del objetivo general del problema, en esta investigación, se propuso el diseño del proceso en serie de la aplicación de pintura electrostática, con la aplicación de nuevos insumos y la optimización de tiempos en todos los procesos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Tema

"ANÁLISIS DEL PROCESO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA REYPEL"

Línea de investigación.

De acuerdo a las Políticas y Líneas de Investigación vigentes de la Universidad Tecnológica Indoamérica la línea de Empresarialidad y Productividad cita lo siguiente: UTI (2011)

“Empresarialidad y Productividad.- Esta línea de investigación se orienta por un lado al estudio de la capacidad de emprendimiento o Empresarialidad de la región, así como su entorno jurídico empresarial; es decir, de repotenciación y/o creación de nuevos negocios o industrias que ingresan al mercado con un componente de innovación .Por otro lado, el estudio de las empresas existentes en un mercado, en una región, se enmarcara en la productividad de este tipo de empresas, los factores que condicionan su productividad, la gestión de la calidad de las mismas, y que hacen que estas empresas crezcan y sobrevivan en los mercados. En este ámbito es de interés estudiar aspectos como exportaciones, diversificación de la producción y afines.” (p.2).

La competencia que existe hoy en día invita a reflexionar sobre los innumerables procesos que se puede y debe mejorar para ingresar dentro del mundo globalizado,

en donde siempre el reducir costos operativos es un factor principal para que todas las empresas mejoren sus ingresos y sean más rentables y así poder abrir nuevos horizontes en procura de diversificar sus productos.

Planteamiento del Problema

Contextualización

Macro

La industria ecuatoriana de servicio de pintura electrostática ha incrementado su demanda, debido a la variedad de aplicaciones que se utiliza a la pintura como revestimiento superficial, industrias como la automovilística, metalmecánica y mobiliaria requieren y representan la mayor demanda del servicio de pintura en el Ecuador.(uscltda, 2017)

La pintura electrostática es la aplicación de un revestimiento epóxido a materiales ferrosos para proteger la superficie, y se lo realiza para tener un acabado más resistente que la pintura convencional.

El proceso principal de pintura electrostática consiste en incrustar al producto una capa de pintura en polvo suficiente para cubrir toda su superficie, proporcionando una mayor resistencia a la corrosión, abrasión, impacto y a la deformación lenta, permitiendo obtener mejores acabados a costos más reducidos con una amplia gama de colores superiores a la pintura líquida y a costos reducidos, y una gran ventaja frente a la pintura líquida, que es el no ocupar solventes ni en su fabricación ni en su aplicación. Tecnológicamente se ha comprobado que este tipo de pintura es el sesenta por ciento más durable que la pintura convencional es por eso que es recomendado para procesos industriales.

El incremento de este proceso de pintura a nivel nacional se debe a que su aplicación se puede realizar fácilmente con un equipo de manipulación práctica y con costos accesibles.

Este tipo de pintura tiene mucha aceptación en el mercado Ecuatoriano por que no crea contaminación al medio ambiente y al personal que realiza este tipo de pintura, al ser un producto amigable con la naturaleza las casas comerciales que distribuyen este productos se ha incrementado, pues marcas como Pintuco y Wesco ingresaron con estos productos de manera paulatina en el mercado, conjuntamente con Galvano Ecuatoriana que era uno de los pioneros en la distribución de este tipo de pintura.

El uso de este producto en varios componentes como, muebles, equipos industriales, hospitalario, automotrices, equipos de gimnasio, etc., ha permitido que la pintura electrostática sea una de las alternativas más solicitadas por los clientes, debido a su durabilidad, al contacto visual o su alta resistencia mecánica (raspones, golpes) y su gran resistencia ante la corrosión, situación que permite confiar en este tipo de acabados.

Esta exigencia que el cliente ha adoptado requiere de procesos industrializados que puedan garantizar su plena satisfacción, es decir el no tener rayones, porosidades, golpes ayudan a que el producto pintado tenga una aceptación convincente en el cliente.

Meso

La provincia de Pichincha es la ubicación actual de la empresa Reypel, en la planificación de un proyecto esto es un aspecto fundamental para el éxito del mismo, debido a que afectara de manera positiva o negativa a factores como son los canales de distribución, proveedores de materia prima y clientes, también es muy importante tomar en cuenta las condiciones ambientales, la ubicación provocara un efecto positivo o negativo en cuestiones de mantenimiento y funcionamiento de la maquinaria.

Para la empresa el clima es favorable para la implementación de una línea de producción de pintura electroestática, los motivos son que debido a la ubicación

geográfica posee características óptimas de humedad y temperatura, para la conservación de los equipos y evitar el desgaste por corrosión y abrasión.

Dentro del mercado local existen tres sectores que se encargan de realizar la pintura electrostática, como son: artesanal, semindustrial, y el industrial, y estas abarcan la demanda de servicios de pintura, Reypel se encuentra en el sector semindustrial.

Como este tipo de pintura se puede aplicar en distintos materiales tales como: acero, aluminio, alambres galvanizados, es necesario tener procesos robustos, versátiles y en el menor tiempo posible que permitan ser competitivos sin desmejorar la calidad del producto y así obtener mayor rentabilidad en sus procesos.

La pintura electrostática en los últimos años ha ganado terreno debido a que cumple con tres características principales que el cliente requiere, como son:

Apariencia. - Aparece visualmente de mejor calidad.

Resistencia Mecánica. - Es más resistente a los golpes, rayaduras, etc.

Resistencia Química. - Mayor resistencia a la intemperie.

Existe técnicas y herramientas que permiten mejorar la productividad y eliminar desperdicios, tiempos muertos y otros factores como traslado de material, apilamiento, rutas inapropiadas de personal, manejo inadecuado de piezas que incrementa los desperdicios y no garantizan que el producto tenga la calidad esperada.

Micro

La empresa Reypel está ubicada en la ciudad de Quito, barrio Ponceano Alto, y brinda el servicio de Pintura Electroestática a varias empresas del sector: automotriz, industrial, eléctrico, mobiliario, etc.,

En Reypel existen clientes que se han consolidado como importantes por la cantidad de productos que requieren este tratamiento y por el volumen de las piezas

a pintar, por eso es importante respaldar la confianza que los clientes han depositado en Reypel, entregando productos y servicios que cumplan con las expectativas que se han generado.

Para cumplir con estas expectativas es necesario buscar opciones que permitan asegurar la calidad bajo normativas de los clientes y una rentabilidad óptima logrado por un trabajo eficiente en cada componente que es entregado para su proceso, opciones que pueden ser compra de maquinaria, mejora de procesos, capacitación a personal o la mezcla de estos parámetros y así mejorar la situación actual que la empresa tiene.

Hay que recordar que el servicio brindado siempre tiene que ser el mejor, tanto en calidad como en el precio a fin de ser competitivo frente a los demás talleres o empresas que están en el sector industrial de Quito.

Cada uno de estos clientes tiene diferentes productos, pero trabajan bajo estrictos estándares de calidad y reducidos tiempos de reacción ante pedidos inminentes.

Gran parte de los problemas que se presentan en la pintura están localizados a lo largo del proceso, realizados por la manipulación manual ocasionados al momento de cargar, trasladar, pintar o realizar el secado de pintura, es así que una vez que el proceso arranca con: Inspección del material, decapado (laminado en caliente), desengrase alcalino (laminado en frío), lavado, enjuague 1, activador, fosfatado, enjuague 2, secado, preparación y limpieza, aplicación de pintura, almacenamiento, polimerización, embalaje, almacenamiento, transporte.

Los principales problemas se dan al momento de realizar el decapado, desengrase alcalino, lavado, enjuague 1, activador, fosfatado y enjuague 2, puesto que para introducir o retirar de la tina se lo realiza de forma manual e individualmente, lo que ocasiona demoras exageradas en la carga, rayaduras y/o golpes en las piezas a pintar y posteriormente defectos.

El desconocimiento de los operadores y de la dirección de la empresa en ver causantes de retrasos, puede ocasionar pérdidas económicas para la empresa, debido al exceso de tiempo al cargar, el colocar bruscamente las piezas en la tina incrementa la posibilidad de piezas rechazadas o tiempos largos de proceso, impidiendo procesar más productos o piezas.

Todos los operadores deben garantizar la calidad de cada una de las piezas que reciben para realizar este proceso, pero para cumplir el mismo la empresa debe asegurar una sólida estructura en los procesos manuales, donde permita obtener una producción continua que asegure la calidad de sus productos, es por esta razón que la empresa requiere de herramientas que faciliten el trabajo y se pueda reducir el riesgo de daños en las piezas pintadas.

Tabla 1: Clientes Reypel

CLIENTE	ACTIVIDAD	COMPONENTES
METALTRONIC	Autopartes Estampadas	Parachoques
		Panel de instrumentos
		Equipo para manejo de materiales
METALCAR	Autopartes	Componentes metálicos
	Estructuras metálicas	Barra de tableros, galpones
MECÁNICAS ALBAN	Ensamble de buses	Asientos de buses
MOTOR 1	Ensamble de motos	Motopartes
EMPRESA ELÉCTRICA QUITO	Electricidad	Cajas de distribución
ATU	Artículos de acero	Muebles y artículos metálicos
ALFAMETAL	Equipo para manejo de materiales	Elevadores, mallas, protecciones, carretillas

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Árbol de problemas.

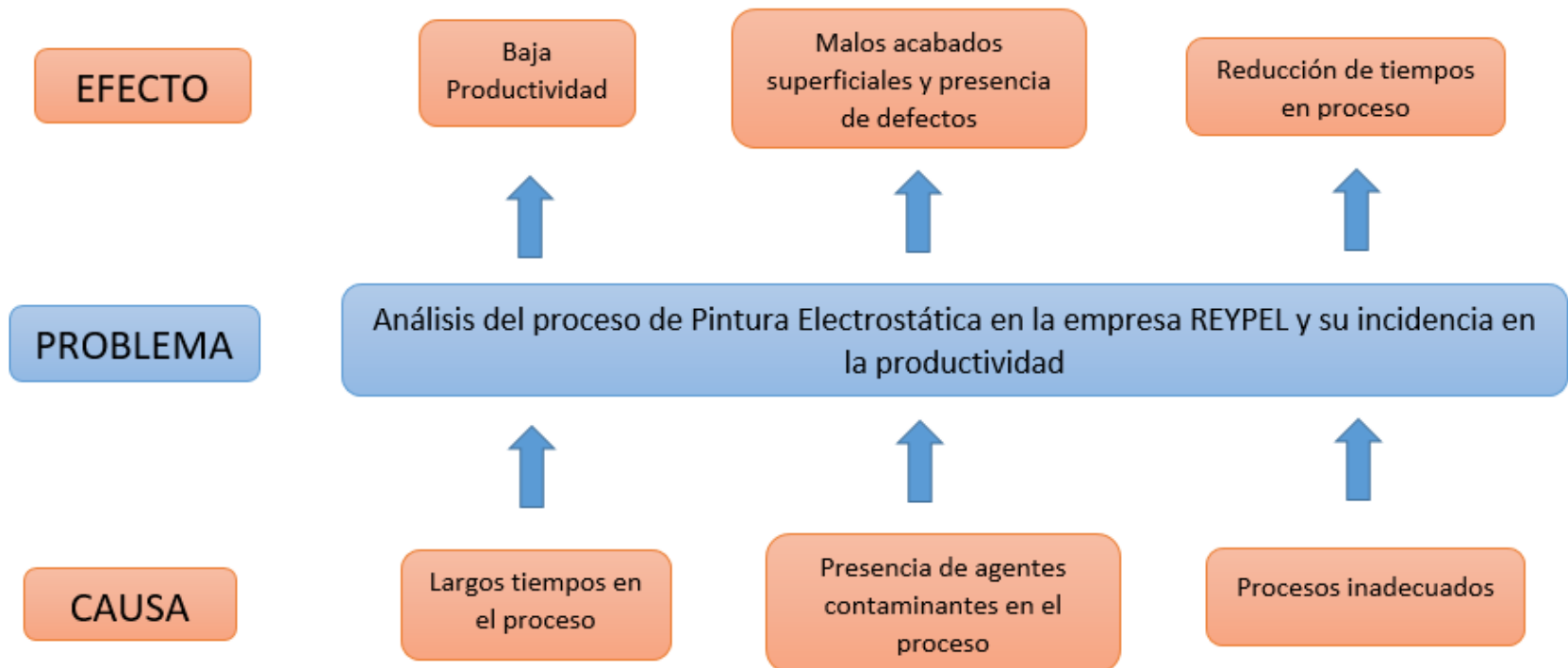


Figura 1: Árbol de Problemas

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Análisis Crítico

Actualmente la gestión en la empresa Reypel, ha tenido muchos inconvenientes en la planificación y realización en el proceso de pintura, esto ha generado que su productividad disminuya, lo que se pretende con esta investigación es identificar las causas de la falta de eficiencia en el proceso, para proponer alternativas ingeniosas e inteligentes, para que Reypel oferte un servicio de pintura de calidad.

El proceso actual de pintura en Reypel siendo semindustrial no permite tener un mejor control de la productividad, debido a que existe estaciones que utilizan exceso de tiempo por manipulación manual de las piezas y partes que se requiere pintar, ocasionando un cuello de botella en la preparación de los componentes previos a la pintura.

Estos procesos siendo manuales se nota que es el principal inconveniente por el tiempo de demora que tienen los mismos, para esto se propondrá un sistema de gestión que de una manera planificada optimice el proceso y aumente su eficiencia, en donde se mejore y se reduzca el tiempo de manipulación de piezas y partes.

En varias ocasiones de acuerdo al número de componentes y pedidos, se tiene que utilizar personal, que colabore en tareas de preparación o almacenamiento de piezas y partes a pintar, pero no poseen la calificación necesaria para un desempeño óptimo en las tareas que se le encomienda, debido a la falta de capacitación en estas actividades.

Varios tipos de talleres o empresas que están clasificadas como artesanales, semindustrial e industriales, tienen múltiples métodos para realizar el trabajo de pintura electrostática mismos que no han estandarizado y normalizado los procesos durante varios años a pesar de que ha incrementado la demanda, sin embargo, las recetas siguen siendo las mismas porque las materias primas no han cambiado.

Obtener un producto de calidad a costos competitivos y con tiempos de entrega predeterminados, es algo que todas las empresas desean, pero para cumplir con

estos requerimientos es necesario implementar mejoras en los procesos que ayuden a que la productividad sea mejorada y optimizada, es por ello que un recurso prioritario para tener un proceso eficiente es de crear alternativas tecnológicas con bajos costos para obtener una mejora en su productividad empresarial.

Es también importante la capacitación permanente de los nuevos procesos al personal que colabora y evitar la pérdida de horas-hombre en el trabajo y reducir los costos de producción y mejora de los procesos.

Formulación del problema

¿El proceso actual de Pintura Electrostática se está desarrollando de forma tecnológicamente adecuada?

Prognosis

El trabajo semindustrial de pintura Electrostática que existe en la empresa REYPEL, ha permanecido durante mucho tiempo bajo las condiciones actuales, con tiempos prolongados sin que exista interés por mejorarlo, debido a la falta de recursos, desconocimiento de nuevos procesos, que faciliten el trabajo logrando optimizar los tiempos empleados por la empresa que permitan ser más competitivos en el mercado actual.

Un factor importante en el sector de la pintura electrostática es que involucra la necesidad de mano de obra calificada y comprometida con la visión de la empresa a mejora continua y nuevas políticas de calidad de la empresa y sus procesos lo cual terminará favoreciendo a toda la organización.

Si la empresa REYPEL continua con los procesos actuales, el riesgo de perder posición en el mercado estará latente al no estar preparado para afrontar cambios y aprovechar la demanda existente, la competencia con nuevos procesos o mejores tecnologías estará en la capacidad de captar a los actuales clientes e inclusive eliminarlos de la lista.

La empresa actualmente cuenta con procesos de producción improductivos, debido al mal manejo de recursos económicos, humanos y materia prima e insumos, todos estos se transforman en recursos económicos perdidos, que para el futuro afectara en la liquidez de la organización y no podrá ofertar servicios con precios favorables que le permitan mantenerse en el mercado, finalmente un proceso improductivo genera muchos desperdicios en materia prima, este proceso utiliza químicos muy contaminantes y a la larga el gran desperdicio le podría generar demandas medio ambientales.

Delimitación de la Investigación

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Producción.

Aspecto: Industria de Pintura Electroestática

Delimitación Espacial: Barrio Ponceano alto, calle Juan Barrezueta

Delimitación Temporal: Noviembre-2016-Marzo-2017

Justificación

La presente investigación se justifica por las razones detalladas a continuación:

Técnica

La carrera de Ingeniería Industrial permite replantear procesos, incluir alternativas en varios campos, automatización o semiautomatización en pro de mejoras de procesos, aportando con soluciones ágiles que faciliten el camino a cumplir objetivos estratégicos de una empresa para conseguir el éxito.

Tener bien establecidos los estándares y procesos hace que los beneficiarios (trabajadores) logren activar una buena práctica como es el caso de proponer la

creación de un mecanismo que simplifique el trabajo manual y ayude a reducir el tiempo de proceso de pintura.

El proyecto es muy beneficioso por varias características, uno de las principales es de presentar un estudio importante, aportando con datos útiles para los estudiantes como guía de investigación o también información de ayuda técnica a los profesionales en el ámbito técnico – industrial.

La idea para investigar nace del exceso de tiempo que lleva, al realizar de forma manual la preparación de partes y piezas antes de pintar y el costo que se puede reducir si se lo realiza de diferente manera, es por eso que es de interés tanto para la empresa como para el estudiante, crear nuevas ideas de innovación tecnológica enriqueciendo los conocimientos, mismos que fortalecerá al crecimiento de nuevos procesos en el campo del acabado de pintura.

Económica

Esta investigación económicamente tiene como objetivo analizar el proceso de pintura electrostática, con el fin de aprovechar todos los recursos que intervienen en el proceso, en la industria manufacturera todos los recursos utilizados en un proceso, se puede cuantificar en recursos económicos desde insumos y materia prima hasta recursos humanos, con esta investigación se desea lograr una mejora en el proceso, para brindarle mayor valor agregado al servicio y poder ofertar mejores costes con mayor margen de utilidad para la empresa.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el proceso actual de fabricación de pintura Electroestática y su incidencia en la productividad de la empresa Reypel.

Objetivos Específicos

- Evaluar el tiempo del proceso actual de pintura Electrostática de las motopartes basculantes para motos.
- Analizar el proceso de preparado de piezas y partes previa a la Pintura Electrostática.
- Proponer una mejora del proceso de Pintura Electrostática de motopartes basculantes para motos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes investigativos

En el año 2009 en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Industrial fue presentada la tesis “Optimización de la Producción, en el proceso de mezclado de la línea de caucho, en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.” (FLORES, 2009) Realizada por el señor Marco Flores Ortiz el cual plantea como objetivo general Optimizar la producción en el proceso de mezclado de la línea de caucho.

La conclusión de este tema de tesis se apega más a esta investigación por lo siguiente:

“El estudio realizado mediante diagramas de proceso, operación del proceso y recorrido, así como el análisis de métodos y tiempos de los productos de mayor demanda que tiene actualmente la empresa ayuda a mejorar notablemente los métodos de trabajo, consiguiendo de esta manera una adecuada reorganización de los puestos de trabajo y circulación con el fin de optimizar recursos técnicos, humanos y económicos”. (FLORES, 2009)

Como aporte para el presente trabajo es que el tener un diagrama de flujo bien definido y el o los métodos que se aplican para realizar los mismos, inciden de manera prominente para tener un mejor control del proceso, tomando en cuenta que se deber realizar el estudio en forma general de todo el proceso para llegar a las operaciones que dentro de los cuales se puede encontrar mejores alternativas con el único fin de reducir los tiempos obteniendo mayor productividad dentro de la línea.

En este trabajo se identificarán las causas que generan retrasos, mismos que requieren mayor control para crear o reducir estaciones de trabajo que agreguen valor al producto.

De la revisión realizada a varias tesis se encuentra una de la Universidad Técnica del Cotopaxi, Unidad Académica de la Carrera de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, el proyecto de tesis previo a la obtención del título de Ingeniero en Electromecánica, bajo el tema “Análisis y mejora del proceso productivo del Centro de Ingeniería Industrial Ulloa Ubicado en el sector de Niagara de Latacunga”, elaborado por Checa Llamba Pablo René y Topa Chuquitarco Cristian Paúl en el año 2010, quienes luego del estudio, concluyen: (Checa & Topa, 2010)

“Todos los procesos en las fábricas, por excelentes que parezcan, son susceptibles de ser mejorados. Las fábricas deben hacer siempre un seguimiento continuo a sus procesos, siendo críticos y analizando cada paso, con el fin de encontrar mejores soluciones a toda oportunidad de mejora que se vea, siempre teniendo en mente su Norte”.

Los beneficios que trae el mejoramiento de los procesos en las empresas, no se ven sola ni necesariamente reflejados cuantitativamente, sino que en algunos casos con mayor fuerza se resaltan los beneficios cualitativos, que son de gran importancia, pues con la reducción de costos no necesariamente hay mejora en los procesos, y el hecho de que al existir mejora en los procesos se aumentasen los costos no implica que después no se van a recibir mayores beneficios. (Checa & Topa, 2010)

“Con el desarrollo de procesos óptimos e implementación de indicadores, se logró el objetivo planteado, el cual era asegurar la calidad del producto a través de la maximización y reducción de recursos”.

El aporte para el presente proyecto coincide con lo que se persigue a lo largo del mismo, que es incidir directamente con la productividad de la empresa, en donde es imprescindible hacer cambios por mínimos que sean, siempre y cuando sean

justificados, pues en términos generales ayudan a optimizar y mejorar procesos, otra de las razones es que en varias ocasiones los resultados pueden ayudar a fortalecer operaciones que no necesariamente generen ahorro o reduzcan costes, pero si ayuda a mejorar el bienestar de la mano de obra, que a mediano plazo se ve reflejada en dinero. (Checa & Topa, 2010)

De la revisión realizada a varias tesis se encuentra una de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática, carrera de Ingeniería en Diseño Industrial, el trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniera en Diseño Industrial, bajo el tema “Mejora del proceso de pintura electrostática de la planta de producción Sumar” ubicado en la ciudad de Quito, elaborado por Montenegro León Sandra Elizabet, Tixe y Bustamante Tania Cecilia en el año 2012, quienes luego del estudio, concluyen: (Elizabeth & Cecilia, 2012)

“Con el desarrollo de los procesos óptimos e implementación de indicadores, se logró el objetivo planteado, el cual era asegurar la calidad de los productos a través de la maximización y reducción de los recursos”.

Como aporte para este proyecto, se destaca la importancia de llevar indicadores que permitan ver la situación actual para tomar decisiones, considerando el principio de, lo que no se mide no se mejora.

Fundamentación Técnico

Según la norma técnica da el Instituto Ecuatoriano de Normalización, Pinturas y barnices NTE INEN-ISO 4618 “PINTURAS Y BARNICES — TÉRMINOS Y DEFINICIONES (ISO 4618:2014, IDT).

Se utilizará para el objeto de esta investigación, esta norma proveerá de la terminología y definiciones necesarias para el entendimiento de los fundamentos técnicos necesarios para el proyecto de graduación.

Fundamentación Legal

Para esta investigación se citará al REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 061 “PINTURAS”.

Este Reglamento Técnico Ecuatoriano se basa en la utilización de pinturas en presentación en polvo, estas deben cumplir requisitos para su aplicación en el país, en aspectos como reglamentos de medio ambiente y seguridad ocupacional; así como evitar la realización de prácticas que puedan inducir a error y provocar perjuicios a los usuarios finales, garantizando el uso adecuado del producto y la calidad de los mismos.

Categorías Fundamentales

Graficas de inclusión

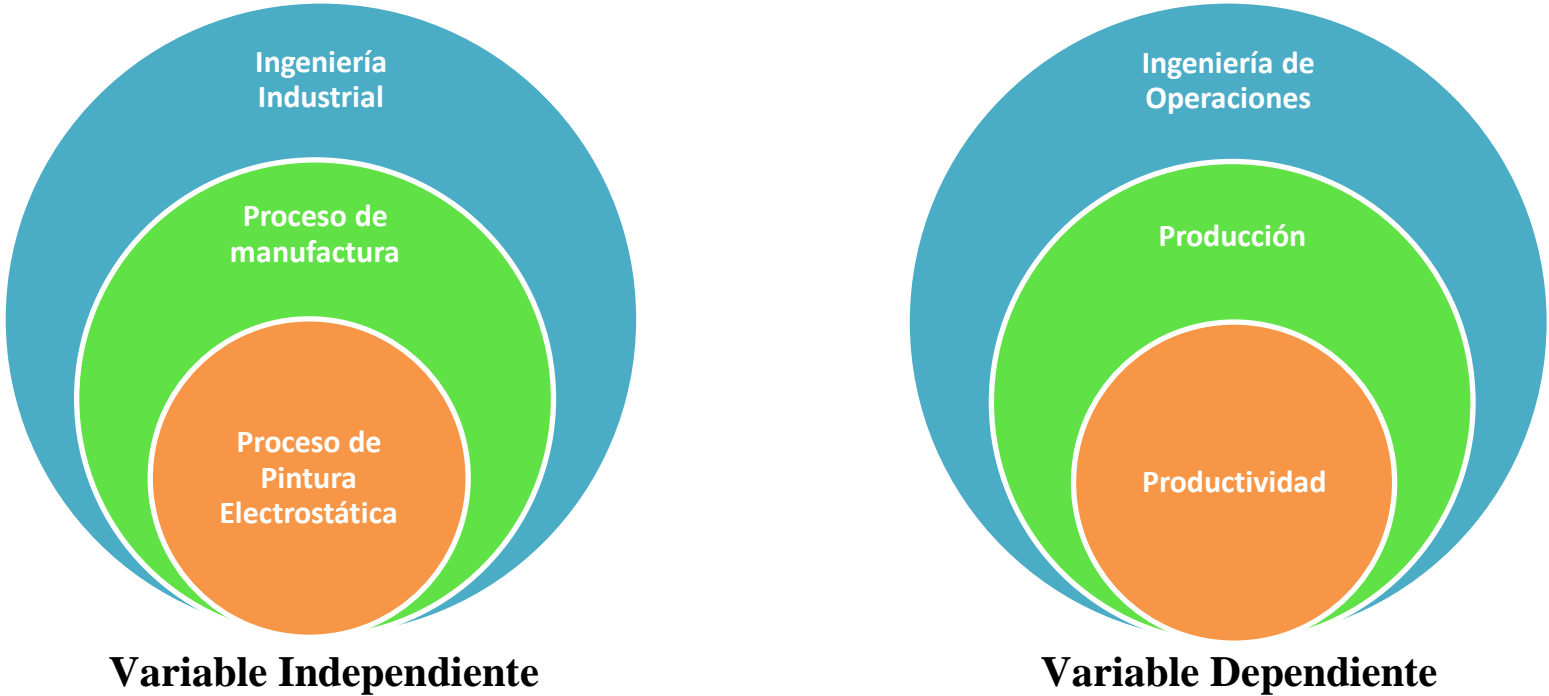


Figura 2: Red de Categorías
Fuente: Propia
Elaborado por: El investigador

Constelación de ideas

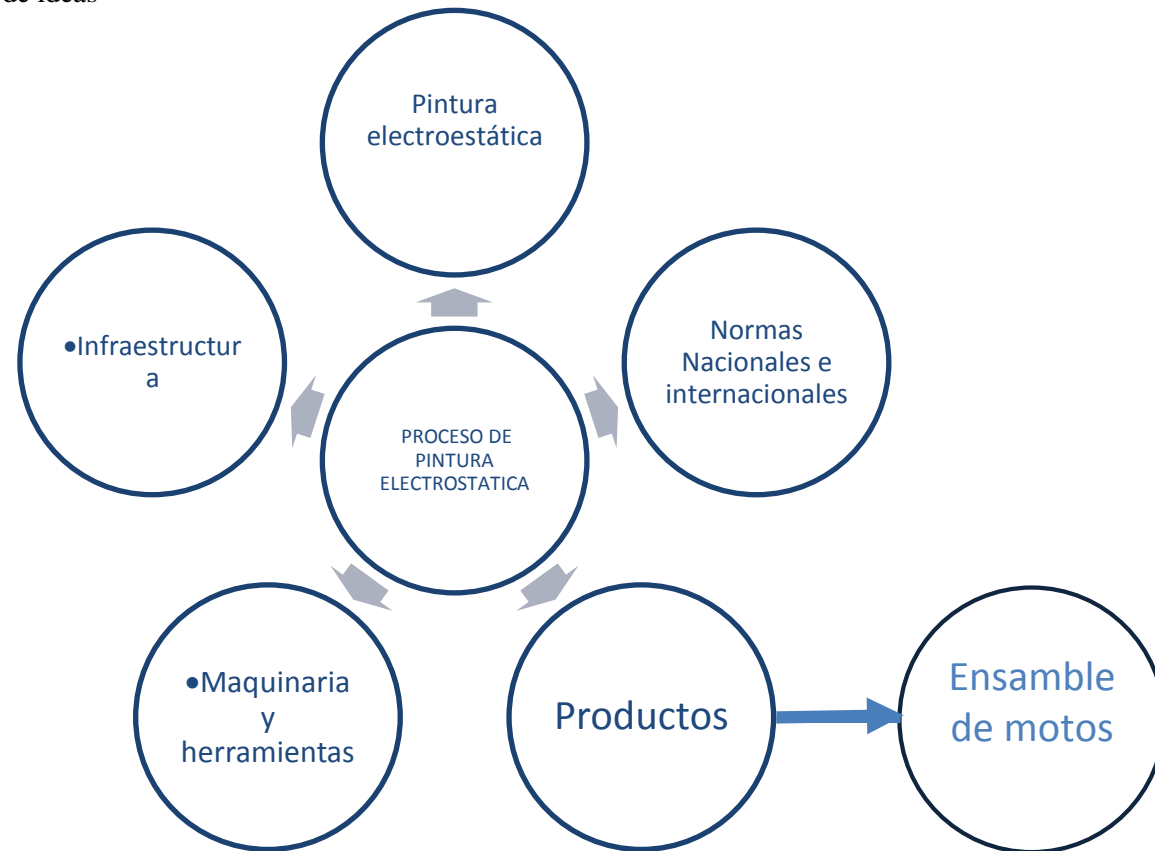


Figura 3: Constelación de ideas de la variable independiente

Fuente: Propia
Elaborado por: El investigador

Constelación de ideas

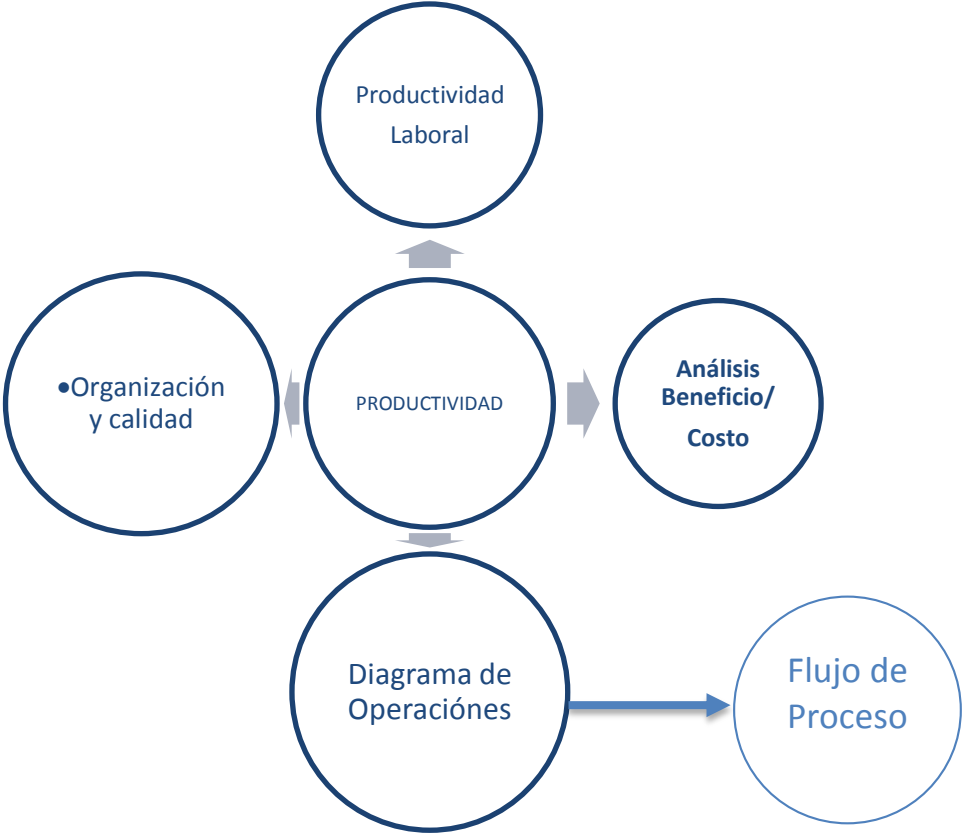


Figura 4: Constelación de ideas de la variable dependiente

Fuente: Propia
Elaborado por: El investigador

Desarrollo de marco teórico

Ingeniería industrial

La ingeniería industrial es una de las ramas de la ingeniería, y se ocupa de la optimización de uso de recursos humanos, técnicos, informativos así como el manejo y gestión óptimos de los sistemas de transformación de bienes y servicios, evaluación de sistemas integrados aplicados en campos de personal, riqueza, conocimientos, información, equipamiento, energía, materiales y procesos, con la finalidad de obtener productos de alta calidad o servicios útiles que satisfagan a la sociedad y con alta consideración al medio ambiente. Utiliza los principios, métodos del análisis, síntesis de la ingeniería y el diseño para especificar, evaluar, predecir y mejorar los resultados obtenidos de tales sistemas. Emplea conocimientos y métodos de otras ciencias y técnicas para determinar, diseñar, especificar, analizar, implementar y mejorar continuamente los sistemas.(ingenieriaindustrialonline, 2017)

La Ingeniería Industrial es por definición la rama de las ingenierías encargada del análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos y logísticos con miras a gestionar, implementar y establecer estrategias de optimización con el objetivo de lograr el máximo rendimiento de los procesos de creación de bienes y/o la prestación de servicios.

Proceso de manufactura

Pintura electroestática

La pintura electroestática es utilizada para el recubrimiento de elementos, este tipo de pintura posee gran cantidad de ventajas con otros tipos de recubrimientos, la principal es el ahorro de materia prima puesto que se puede reutilizar el 95%.

Este tipo de pintura es una mezcla de resinas, pigmentos y cargas minerales, su presentación es en estado sólido (en polvo) y partículas muy finas, para su aplicación se necesitan equipos especiales.

Por lo general los equipos necesarios para la aplicación de este recubrimiento es una pistola, que hace que el polvo se mezcle con el aire y esta se cargue eléctricamente, de este fenómeno toma el nombre de pintura electroestática.

Existen varios tipos de pintura, estas dependen de las características propias como el color, el acabado superficial, la resistencia y la flexibilidad, para lograr que el producto tenga las características necesarias por los clientes, depende de la mezcla porcentual entre resinas y aditivos, esto lo realizara específicamente el formulador.

Existen varios componentes que proporcionan características específicas a la pintura electroestática.

Resinas. - Aporta propiedades mecánicas, brillo, este tipo de aditivo brinda acabados superficiales de acuerdo a los requerimientos de los clientes, y aumenta su resistencia al impacto, y desgaste por corrosión y abrasión.

Endurecedores. - Reaccionan con las resinas para la polimerización, existe un endurecedor específico para cada una de las resinas.

Pigmentos. - Color a la pintura

Cargas. – Resistencia mecánica, acabado superficial.

Proceso de pintura electroestática

El proceso no es complejo, pero se necesita equipos especiales los cuales hacen que la pintura en polvo se cargue eléctricamente, estas partículas se adhieren a la superficie a ser pintada, debido a que se encuentra cargada con polos opuestos, enseguida pasa al proceso de curado, donde se polimeriza teniendo un acabado superficial muy bueno. (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012)

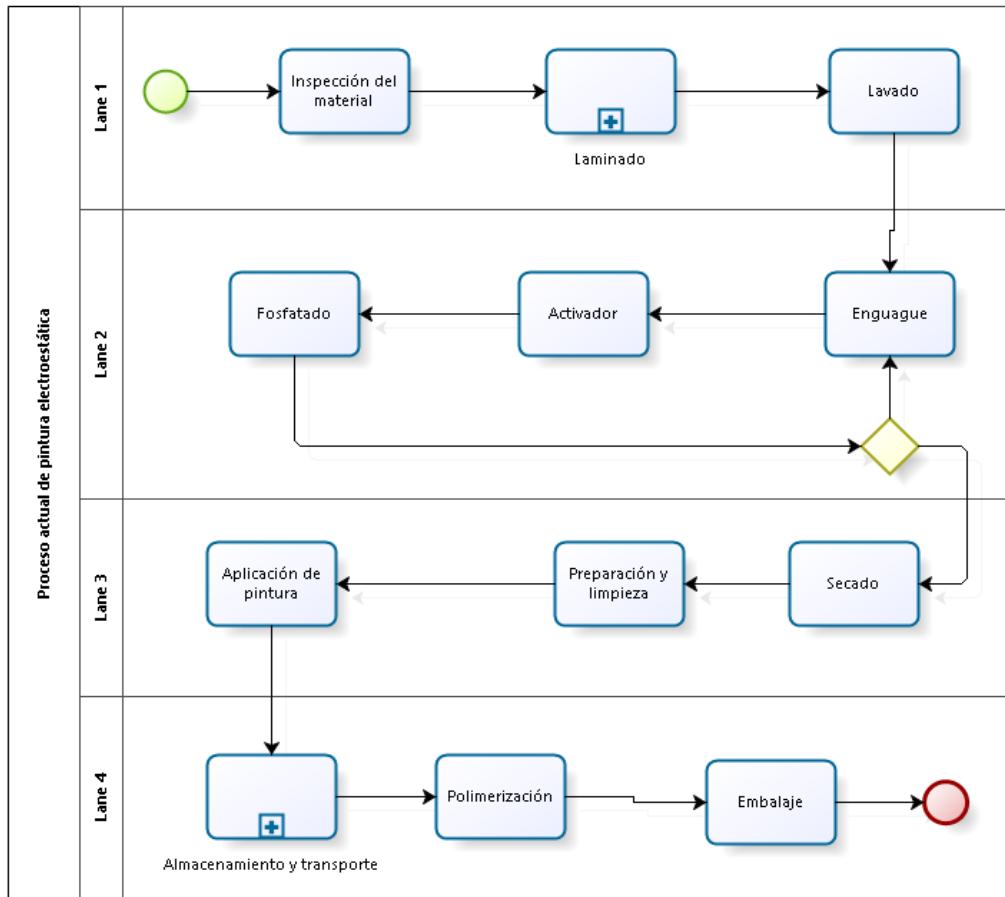


Figura 5: Proceso actual de pintura electrostática

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Luego del calentamiento mediante un horno, los compuestos químicos de la pintura reaccionan y crean un recubrimiento con alta resistencia mecánica, resistencia a la corrosión y un excelente acabado superficial.

La pintura electrostática a través del tiempo se ha utilizado en procesos industriales por esta razón se ha tecnificado y sigue el siguiente flujo de proceso indicado en la **Figura 5**.

Inspección del material. – En este proceso intervienen la inspección visual y las mediciones con equipos. Se verifica el tipo de material, el acabado superficial actual, espesores, porosidades, recubrimientos.

Decapado. – Es un tratamiento que se realiza a los metales y no metales, en el que se eliminan las impurezas superficialmente. En este proceso se elimina pintura, óxidos, escoria, manchas, etc.

Desengrase alcalino. – Consiste en la eliminación de grasas y aceites que se encuentran en la superficie de los metales magnéticos y no magnéticos, a través de procesos de inmersión o aspersión en ácidos o reacciones químicas que contienen alcoholes y sales.

Lavado. – Este proceso permite eliminar los procesos de desengrase. Se lo realiza por inmersión o aspersión con agua desmineralizada.

Enjuague. – Todos los procesos de enjuague se aplican para limpiar los procesos anteriores de desengrase, ácidos y lavados, también se usan para eliminar el resto de materiales acuosos de procesos de limpieza. Se usa agua desmineralizada por aspersión o inmersión.

Activador. – Los activadores son sustancias que permiten incrementar la reacción química de las sustancias que se aplican en superficies. El activador prepara la superficie para posteriores aplicaciones de químicos y tratamientos superficiales.

Fosfatado. – Cuando se aplican sustancias que contengan fosfatos o soluciones de ácido fosfórico a una superficie, se forma una película inerte en el material; esta superficie permite que la pintura o aplicaciones se adhieran de mejor manera a la superficie del material base sin permitir que se creen porosidades.

Secado. – Al aplicar químicos o pintura a superficies metálicas y no metálicas se requiere de una etapa de secado para que estas sustancias se adhieran a la superficie y permitan la aplicación de otras sin que se mezclen los procesos.

Preparación y limpieza. – Este proceso se aplica posterior a las etapas de tratamiento de las superficies para eliminar porosidades o excesos. Se examina si la superficie tiene continuidad y esta apta para el proceso de acabado final.

Almacenamiento. – Es una etapa en la que permite guardar, físicamente o virtualmente productos de todo tipo de manera ordenada y de fácil clasificación e identificación.

Polimerización. – La polimerización es un proceso de secado de la pintura en donde la misma va adquiriendo propiedades que mejoran la resistencia a la humedad. La pintura al secarse definitivamente cuando se polimeriza puede cambiar su tono.

Embalaje. – Este proceso se inicia cuando ha terminado el total secado de la pintura o cuando se ha identificado que terminó el proceso de polimerización. Un producto se embala para protegerlo, almacenarlo, transportarlo y distribuirlo.

Almacenamiento. – Una vez que se identifica el producto y se realiza el proceso de embalaje se lo almacena, aquí al producto se lo clasifica y se lo codifica para tener referencias de él y su existencia en bodegas.

Transporte. – En esta etapa el material se lo distribuye al consumidor. El medio de transporte es importante puesto que puede incrementar el precio de los productos o alterar su estado, pudiendo arruinarlo. Es importante manejar y siempre mejorar tipos de entrega, así como los tiempos.

Normas nacionales e internacionales

Normas nacionales

El Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización, compete la normalización, reglamentación técnica y metrología que garantiza el cumplimiento y la calidad de procesos y productos en el país; protege al consumidor y promueve la cultura de calidad y mejoramiento tanto en la rama productiva como en la rama de la competitividad.

Las normas que se usarán y aplicarán en el presente proyecto son las mencionadas en el apartado de fundamentación técnica.

Normas internacionales

A nivel mundial la Organización Internacional de Estandarización, conocida como ISO es una organización de tipo independiente y no – gubernamental formada por 164 países miembros. Esta organización facilita la creación uso de productos y servicios seguros, fiables de calidad y que sean amigables y cumplan con el medio ambiente y aumenten la productividad, de igual manera deben cumplir responsabilidades sociales.

La ISO 9001:2015 se usará para desarrollar el presente proyecto de titulación, la cual establece los criterios para los sistemas de gestión de calidad. Esta norma puede ser utilizada por cualquier organización sea grande o pequeña, independientemente de su campo de actividad. En esta norma se enfoca al cliente, la motivación y la implicación de la gerencia para la mejora continua de los procesos.

Productos

Ensamblaje de motos

El proceso de ensamblaje de motocicletas sigue siendo el mismo para todas las marcas mundialmente reconocidas y también para pequeñas industrias. El proceso sigue un orden y criterios técnicos que requieren de aptitudes y criterios ingenieriles de producción y procesos. Se necesitan herramientas básicas y si el poder de inversión es grande se pueden adquirir equipos automatizados que sustituyan la mano de obra humana. Con el ensamblaje de motocicletas se reducen altos precios por importaciones y situaciones de repuestos o reconstrucciones, se incluye también los procesos de pintura.

Maquinaria y equipos

Los equipos para pintura electrostática generan un campo magnético tipo corona. Para la aplicación de la pintura en polvo electrostática se requiere de una pistola de aspersión para pintura en polvo. La pistola está interconectada con una fuente de poder que genera impulsos magnéticos en un campo electrostático.

Los equipos deben constar con sistemas de regulación de voltaje de ionización, aire de atomización, cantidad de pintura y aire de fluidizado.



Figura 6: Equipo de pintura electrostática

Fuente: (POWDERTRONIC, 2017)

Para el proceso de secado se utilizan diferentes tipos de hornos, los cuales pueden permitir el ingreso de aire forzado o utilizar paneles infrarrojos para mejorar y mantener la temperatura dentro de la cámara. Existen hornos que no usan energía eléctrica sino gas para calentar la cámara. Para la selección del horno se debe tener en cuenta la temperatura máxima, consumo de energía, dimensiones, automatización y sistemas de alarmas.

Infraestructura

Se requiere de espacios para poder almacenar los productos que se aplican en los diferentes procesos, ubicación del horno, equipos de pintura, trajes del personal y almacenamiento de las piezas; planos y layout de la infraestructura se detallaran en los siguientes capítulos a desarrollarse.

La planta producción de Reypel está ubicada en Barrio Ponceano alto, calle Juan Barrezueta, esta planta se encuentra dividida en diferentes áreas donde cada una se encarga de un proceso específico, entre ellos está el área de pintura, el cual cuenta con los equipos, herramientas y el personal especializado para llevar a cabo esta actividad técnica, como parte del proceso de producción.

Ingeniería de operaciones

Es una parte de la ingeniería que se especializa en la metodología para la toma de decisiones en función de operaciones y los sistemas de transformación que se utilizan, en las empresas grandes el encargado, es el administrador de operaciones para esta función es necesario un perfil que conozca muy a fondo el proceso o servicio, este planificará, verificará y mejorará todas las acciones para la optimización y mejora continua de las operaciones.

Administrador. - Ingenieros de Operaciones (ADO) son los responsables de la producción de bienes o servicios de las organizaciones.

El administrador tendrá que analizar e identificar correctamente las funciones y sistema para la toma de decisiones posteriormente, se definirán las funciones del ADO.

Función. - Los ADO son responsables del manejo de aquellos departamentos, áreas, etc. (funciones) de la Organización que producen bienes y servicios.

Sistemas. - Información para el diseño y administración de los procesos productivos en todas las áreas funcionales de Operaciones.

Para la resolución de problemas planteados se puede seguir las siguientes etapas

- Definir el problema
- Analizarlo
- Buscar
- Evaluar
- Especificar y seleccionar solución

La toma de decisiones es una función específica del administrador de operaciones y se realizará en las siguientes áreas.

- Procesos
- Capacidad
- Inventarios
- Mano de obra
- Calidad

Productividad

Es un tipo de indicador para medir la actividad económica en una organización, que mediante información estadística se puede determinar periódicamente, la productividad total e identificar el estado de la empresa.

Para el objeto de la investigación se definirá los métodos más comunes para determinar la productividad laboral y medidas relacionadas.

Uno de los métodos más utilizados es el que relaciona la cantidad de productos obtenidos respecto a las horas hombre de trabajo, tomando en cuenta un periodo de tiempo determinado, y se obtuvo la siguiente ecuación.

$$\textit{Producción media por hora hombre} = \frac{\textit{Producción}}{\textit{Horas Hombre Trabajadas}} \quad (1)$$

La medición de la productividad depende de los productos fabricados por la empresa u organización, si la empresa cuenta con varios productos esta medición se torna más compleja, en cambio si se analiza solo un producto se vuelve más sencilla y esta hace que el indicador tenga menos error.

Para la medición de la productividad en la empresa se definirá las operaciones como sistema, es decir las entradas y salidas en el proceso, como se indica en la **Figura 7**.

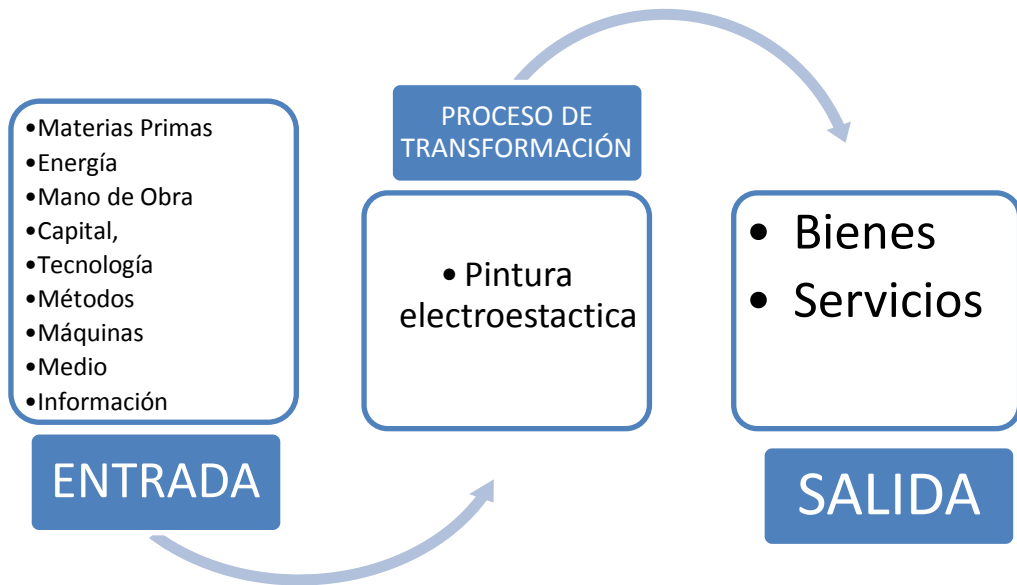


Figura 7: Operaciones como sistema

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

La retroalimentación es muy importante en una organización por lo cual debe existir una sinergia entre los recursos de la empresa y los clientes, esto tendrá como consecuencia un aumento en la productividad y eficiencia en el manejo de los recursos, mediante un esquema en la **Figura 8:** Recursos

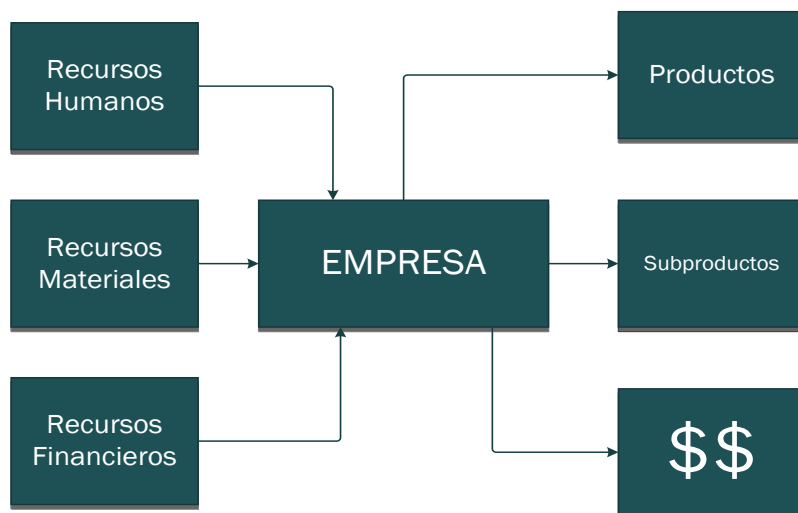


Figura 8: Recursos

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

También para conocer el estado de una empresa se puede utilizar otro indicador que corrobore el índice de productividad laboral, que es el costo laboral unitario, este es la relación que existe entre las remuneraciones medias y la productividad laboral, entonces para el cálculo de este indicador se debe conocer las siguientes ecuaciones.

$$\text{Remuneraciones medias} = \frac{\text{Remuneraciones totales}}{\# \text{ horas hombre trabajadas}} \quad (2)$$

Entonces,

$$\text{Costo laboral unitario} = \frac{\text{Remuneraciones medias}}{\text{Productividad laboral}} \quad (3)$$

Diagrama de operaciones

El diagrama de operaciones de proceso representa gráficamente un cuadro general de cómo se realizan procesos o etapas, considerando únicamente todo, lo que respecta a las principales operaciones e inspecciones.

En este tipo de diagrama deben tomarse decisiones en cuanto a planificación, organización y mejora en los procesos.

Existen varios tipos de diagramas que ayudarán en la propuesta de este proyecto de investigación como son el diagrama de flujo y el layout de la planta.

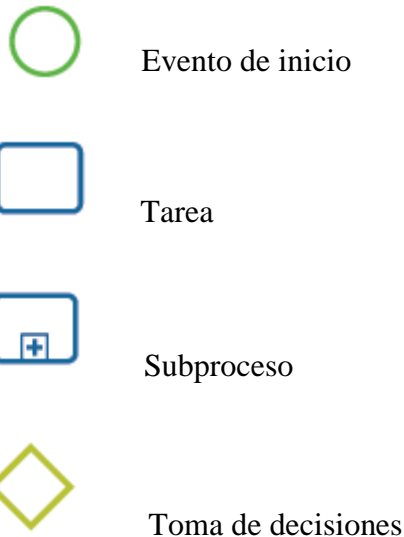
Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo, también llamado Flujograma de Procesos o Diagrama de Procesos, representa la secuencia o los pasos lógicos (ordenados) para realizar una tarea mediante unos símbolos. Dentro de los símbolos se escriben los pasos a seguir. Un diagrama de flujo debe proporcionar una información clara, ordenada y concisa de todos los pasos a seguir.

- Existen un procedimiento para la realización de este flujograma de procesos y son las siguientes.
- Identificar procesos
- Determinar secuencia e interacción de estos procesos
- Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurar la operación y control de los procesos
- Asegurar la disponibilidad de recursos, información y seguimiento de los procesos
- Realizar seguimiento, medición y análisis de los procesos
- Implementar acciones para alcanzar resultados y la mejora continua de estos procesos

Existen diferentes normativas de simbología para la realización de flujogramas, para este proyecto de titulación se utilizarán las más comunes que se indican posteriormente.

SÍMBOLOS FUNDAMENTALES



Estas simbologías presentadas son las más utilizadas, finalmente se presentará un ejemplo de flujograma de procesos en la siguiente gráfica:

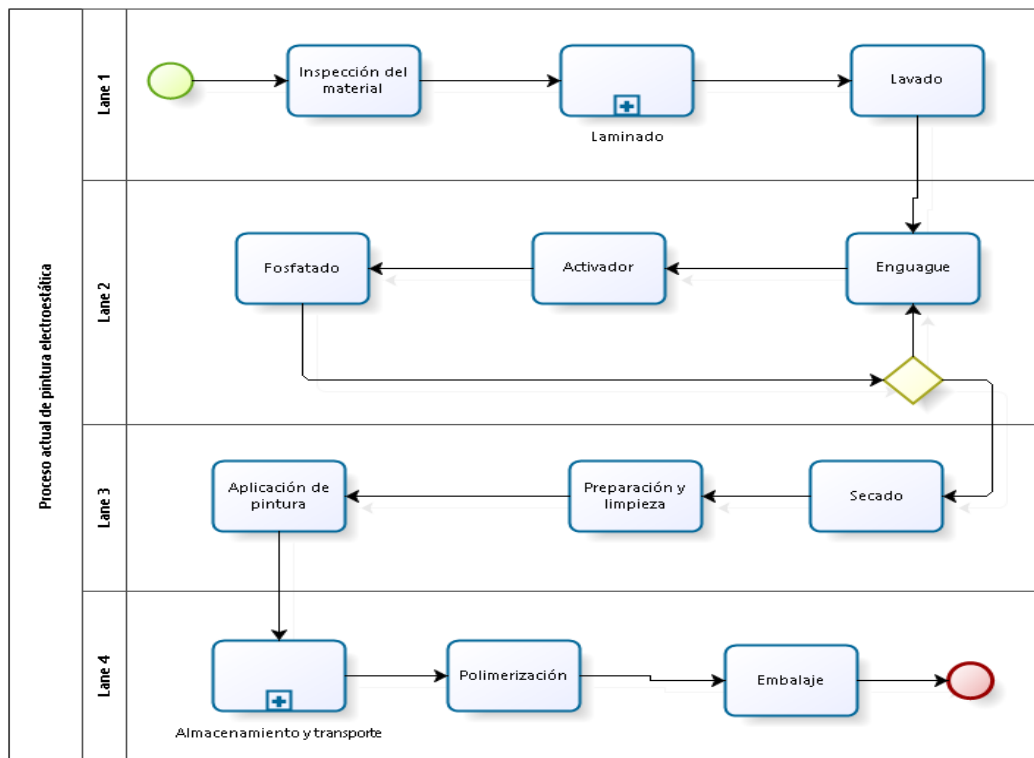


Figura 9: Ejemplo de flujograma de procesos

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Layout

Layout es un anglicismo, se usa para nombrar un esquema de distribución de los elementos dentro de un diseño. Un ejemplo claro se da cuando un diseñador presenta un layout a su cliente para que este lo revise y pueda observar la distribución, el contenido y de manera general pueda tener una idea de cómo quedará el trabajo final antes de que se ejecute. Layout también ser sinónimo de plantilla, en la industria es muy utilizado para esquematizar la planta de producción, en donde se puede observar distancias y ubicación de equipos y maquinaria, indicado en el **Anexo 13**.

Posteriormente se indicará un ejemplo del layout en la **Figura 10**, los layout se los puede realizar en cualquier software grafico o se puede utilizar software ingenieril como el AUTOCAD o para ser más esquemático el programa VISIO, este esquema conlleva información muy importante del proceso como ubicación de

maquinaria y herramientas, distancias entre cada proceso y la dirección de flujo del proceso representado por flechas.

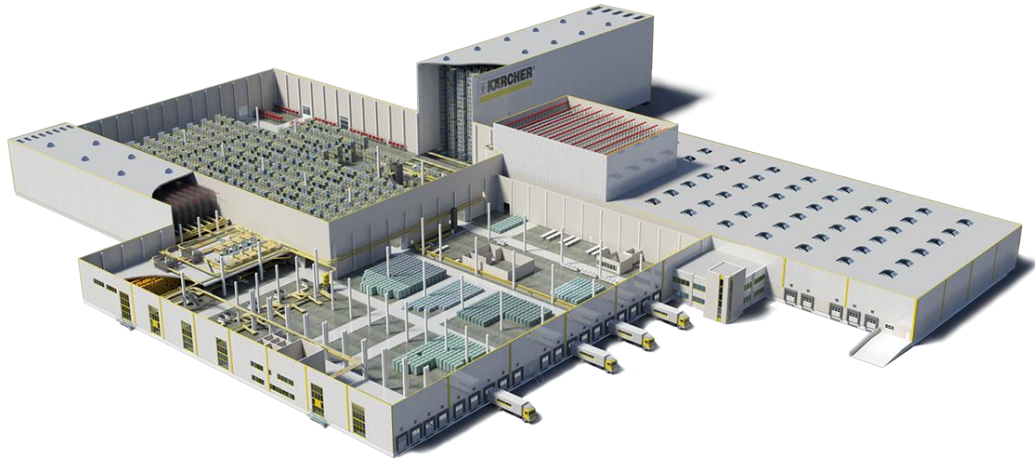


Figura 10: Layout

Elaborado por: (TGW, 2017)

Fuente: (TGW, 2017)

Ingeniería de operaciones

Es una parte de la ingeniería que se especializa en la metodología para la toma de decisiones en función de operaciones y los sistemas de transformación que se utilizan, en las empresas grandes el encargado, es el administrador de operaciones para esta función es necesario un perfil que conozca muy a fondo el proceso o servicio, este planificará, verificará y mejorará todas las acciones para la optimización y mejora continua de las operaciones.

Administrador. - Ingenieros de Operaciones (ADO) son los responsables de la producción de bienes o servicios de las organizaciones.

El administrador tendrá que analizar e identificar correctamente las funciones y sistema para la toma de decisiones posteriormente, se definirán las funciones del ADO.

Función. - Los ADO son responsables del manejo de aquellos departamentos, áreas, etc. (funciones) de la Organización que producen bienes y servicios.

Sistemas. - Información para el diseño y administración de los procesos productivos en todas las áreas funcionales de Operaciones.

Para la resolución de problemas planteados se puede seguir las siguientes etapas

- Definir el problema
- Analizarlo
- Buscar
- Evaluar
- Especificar y seleccionar solución

La toma de decisiones es una función específica del administrador de operaciones y se realizara en las siguientes áreas.

- Procesos
- Capacidad
- Inventarios
- Mano de obra
- Calidad

Diagrama de Gantt

Es una técnica no matemática simple y que muestra visualmente la correspondencia entre las distintas actividades.

- Identifica las relaciones de precedencia.
- Permite hacer un mejor uso de los recursos humanos, materiales y monetarios para el proyecto.
- Obliga hacer un plan, y compara lo planeado con lo realizado

Como se puede observar en la **Figura 11**, un ejemplo del diagrama de Gantt.

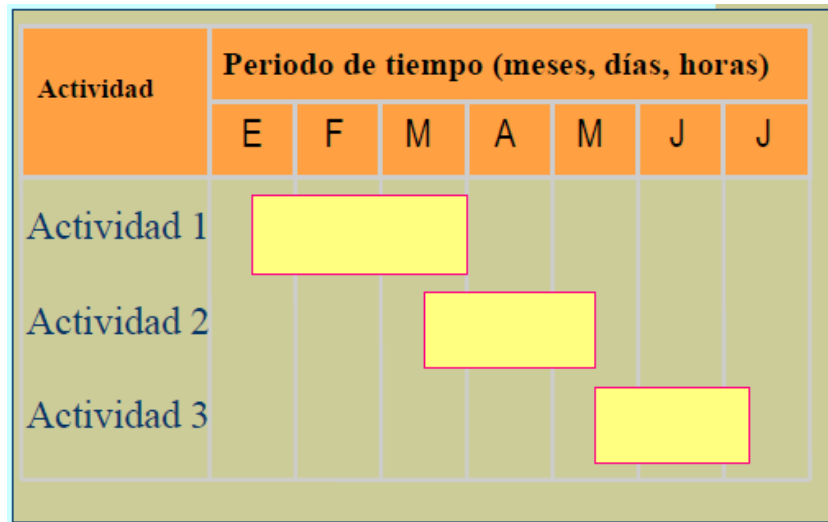


Figura 11: Diagrama de Gantt

Elaborado por: (TGW, 2017)

Fuente: (TGW, 2017)

Calculo de ruta crítica

El término RUTA CRÍTICA se debe a que se llegó a la conclusión de que algunas partes de la Red de un proceso eran más importantes que otras, son las tareas calificadas como “cuello de botella”.

El método PERT, servirá para encontrar la ruta crítica y la holgura del proceso con las siguientes ecuaciones donde.

$t_o = \text{tiempo optimista}$

$t_e = \text{tiempo esperado}$

$t_p = \text{tiempo pesimista}$

$$\text{duración} = t = \frac{t_o + 4 * t_e + t_p}{6} \quad (4)$$

En la **Figura 12** se puede observar un ejemplo en donde mediante el Método PERT, se puede visualizar las actividades en serie o en paralelo, holguras y la ruta crítica.

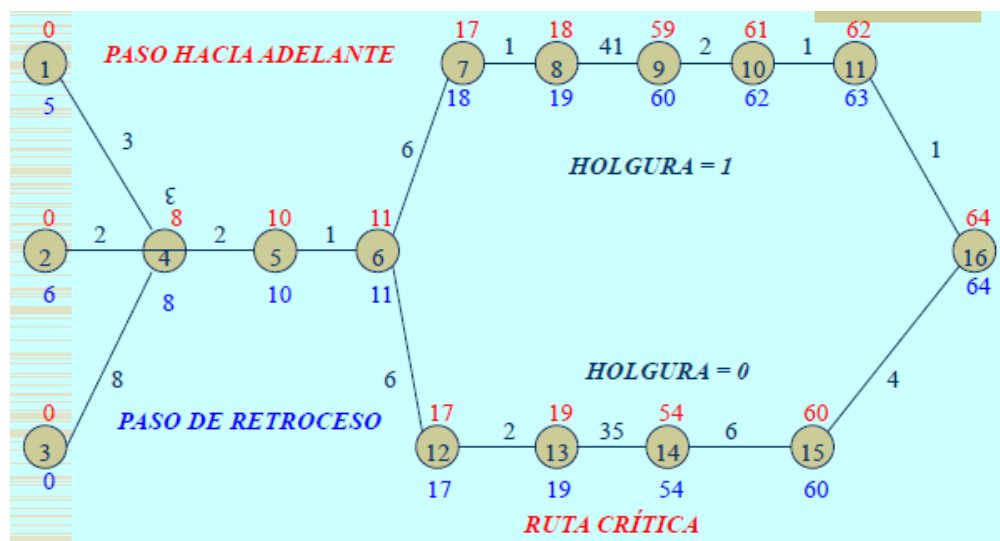


Figura 12: Ruta crítica

Fuente: (Espinosa, 2014)

Análisis Beneficio/Costo

El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto, para la realización de este análisis se utiliza herramientas económicas y administrativas como es el flujo de caja.

Flujo de caja

El flujo de caja, es un esquema donde se puede resumir todos los costos del proyecto, de una manera muy detallada, en este esquema o tabla se encuentra la utilidad acumulada y la utilidad neta, esta información servirá para el cálculo de indicadores como el VAN y el TIR, y de rentabilidad y factibilidad del proyecto.

Costos operacionales

Todo los rubros que intervienen de forma directa en el proceso, para nuestro caso será todos los insumos y energía de equipos en el proceso de pintura electrostática..

Costos no operacionales

Son todos los rubros que no intervienen directamente con el proceso, existen varios costos que se deben tomar en cuenta pero esto lo define el investigador, basándose en la precisión del cálculo.

Tasa de inflación

Es un porcentaje que se le aumenta al valor del dinero, que se da debido a cambios económicos en el país, esta es muy importante al formular proyectos a largo plazo, en el Ecuador la tasa de inflación se encuentra en un valor promedio del 2.61%.

Tabla 2: Tasa de inflación

FECHA	VALOR
Febrero-28-2017	0,96%
Enero-31-2017	0,90%
Diciembre-31-2016	1,12%
Noviembre-30-2016	1,05%
Octubre-31-2016	1,31%
Septiembre-30-2016	1,30%
Agosto-31-2016	1,42%
Julio-31-2016	1,58%
Junio-30-2016	1,59%
Mayo-31-2016	1,63%
Abril-30-2016	1,78%
Marzo-31-2016	2,32%
Febrero-29-2016	2,60%
Enero-31-2016	3,09%
Diciembre-31-2015	3,38%
Noviembre-30-2015	3,40%
Octubre-31-2015	3,48%
Septiembre-30-2015	3,78%
Agosto-31-2015	4,14%
Julio-31-2015	4,36%
Junio-30-2015	4,87%
Mayo-31-2015	4,55%
Abril-30-2015	4,32%
Marzo-31-2015	3,76%
Promedio	2,61%

Fuente: (Banco central del Ecuador, 2017)

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Valor actual neto (VAN)

Este indicador financiero, indica la utilidad acumulada de la duración de todo el proyecto en el presente, es decir la cantidad en dinero que podría dejar si se ejecuta el proyecto.

Tasa de interés de retorno (TIR)

Es un indicador financiero, es muy utilizado por los inversionistas para determinar qué tan factible es la ejecución del proyecto, este se lo compara con la tasa de interés anual promedio de los bancos por ahorro de dinero, pero también depende de la decisión de un proyecto el riesgo, esto se debe tomar en cuenta al momento de la decisión, por lo general se acepta o se rechaza de acuerdo a los siguientes parámetros.

$TIR < 11.83\%$ SE RECHAZA (BCE; Tabla 42)

$TIR > 11.83\%$ SE ACEPTA (BCE; Tabla 42)

Señalamiento de variables

VARIABLES DEPENDIENTES

- Productividad Laboral
- Organización y calidad
- Diagrama de Operaciones
- Análisis Beneficio/Costo

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Pintura electrostática
- Normas Nacionales e internacionales
- Recursos

- Productos

Definición de términos técnicos

Pistola. – Equipo para la aplicación de pintura electrostática, que carga eléctricamente la pintura.

Rentabilidad. - Es la relación que existe entre la utilidad acumulada y la inversión.

Diagrama de Gantt. - es una herramienta que se usa para planificar y programar tareas a lo largo de un periodo determinado. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones a realizar, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto.

CPM (Critical Path Method). - conocido también como el método de ruta crítica, desarrollado por DuPont y Remington Rand, para manejar proyectos de mantenimientos en plantas.

PERT (Program Evaluation and Review Technique). - es una técnica para el planeamiento y control, su fundamento lo constituye el gráfico de redes, que representa el trabajo necesario para alcanzar un objetivo.

Normalización. - es simplificar, unificar y especificar, es la actividad propia a dar soluciones de aplicación repetitiva a problemas que proviene esencialmente de las esferas de la ciencia, de la tecnología y de la economía, con vistas a la obtención del grado óptimo en un contexto dado.

Organización. - Personas o grupo de personas que tiene sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus objetivos

Calidad. - Grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Enfoque de la Modalidad

Cuantitativa

La investigación es una búsqueda científica y sistemática, para nuestro caso de investigación será cuantitativa, basada en referencias metodológicas, documentos científicos y tecnológicos, para la realización del análisis del proceso actual de fabricación de pintura Electroestática y su incidencia en la productividad de la empresa Reypel, se emplearán números, estadísticas y metodologías técnicas comprobadas.

Modalidad básica de la investigación

La modalidad de la investigación será experimental para la toma de datos en campo, se realizará un plan de toma de datos para poder realizar una comparación entre la propuesta y la situación actual, posteriormente se planificará una propuesta, en esta etapa del proyecto se examinarán relaciones entre los dos aspectos sin ninguna manipulación directa de lo experimental.

Tipo de investigación

Descriptiva

Se utilizará este tipo de investigación, también conocida como estadística que mediante el análisis de datos determinará la incidencia entre las variables

dependiente e independiente, con el fin de cumplir el objetivo general de este proyecto de titulación y poder determinar una propuesta eficiente y óptima para la mejora del proceso de pintura electrostática.

Población

La empresa Reypel oferta a sus clientes, servicios de revestimientos, tratamientos térmicos, grabados y sus derivadas, para objeto de esta investigación se enfocará en el servicio de pintura electrostática esta es utilizada en aplicaciones industriales en la industria automotriz, posteriormente se indicará los servicios más comunes de pintura electrostática a las industrias, en la **Figura 13**.

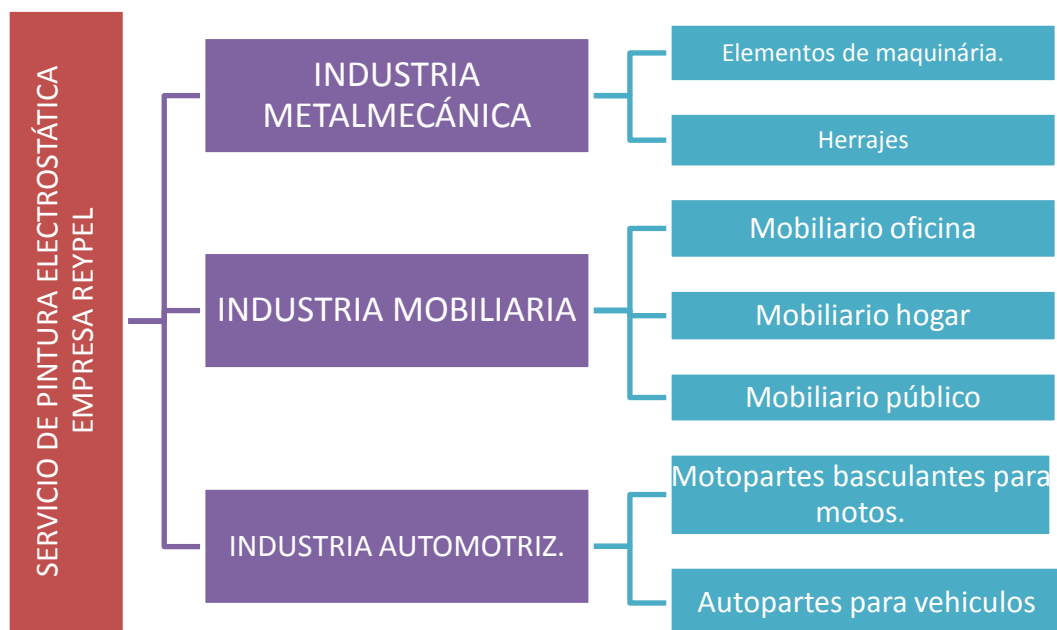


Figura 13: Servicio de pintura electrostática

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

De la población descrita anteriormente solo se recolectará como muestra al servicio de pintura del producto con mayor demanda, en el caso de la empresa Reypel, será de motopartes basculantes para motos.

La recolección se lo realizo en campo y se obtuvieron los siguientes datos de los servicios que brinda la empresa en la **Tabla 3**. De los productos laborados diariamente.

Tabla 3: Toma de datos-Enero

# DATOS	FECHA	# DE ORDEN	PRODUCTO ELABORADO DIARIO	PINTURA KG	CANTIDAD LOTE	TIEMPO TOTAL EN MINUTOS
1	ENERO	1	basculante	0,035	150	105,7
2		2	Parachoques	0,039	10	41,92
3		3	muebles	0,015	35	41,75
4		4	varios	0,01	10	34,25

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Posteriormente se procederá a realizar la **Figura 14**, donde se puede visualizar de mejor manera que el producto elaborado con mayor demanda corresponde a las motopartes basculantes para moto, con un 73% de la demanda total de los servicios de pintura electrostática que la empresa Reypel oferta.

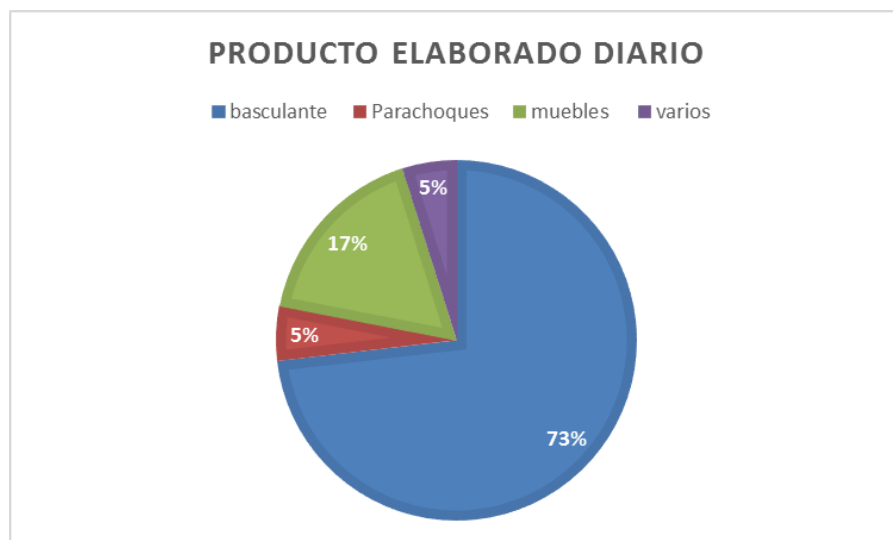


Figura 14: Producto elaborado diario

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Finalmente, en el siguiente capítulo se profundizará más en los tiempos de producción de cada producto elaborado y se realizará un análisis cuantitativo de la muestra seleccionada.

Muestra

Es un subconjunto de la población, existen varios métodos para el cálculo de la muestra, de acuerdo al método escogido determinara la exactitud de los datos, para nuestro caso de estudio se seleccionó el método de estimación de error (Galindo, 2006)

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{Z^2 * P * Q + N * e^2} \quad (5)$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

Z= Nivel de confianza 95%

P= Probabilidad de ocurrencia 50%

Q= Probabilidad de no ocurrencia 50%

N= Población o universo (200)

e= Nivel de error 3%

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 200}{1.96^2 * 0.5 * 0.5 + 200 * 0.03^2}$$

$$n = 165.43 \approx 165$$

El tamaño de la muestra tendrá 165 motopartes basculantes de 200 datos, esta se utilizara para determinar las incidencias de las variables en el proceso, y con esto concluir una solución que se rentable, factible y de fácil aplicación.

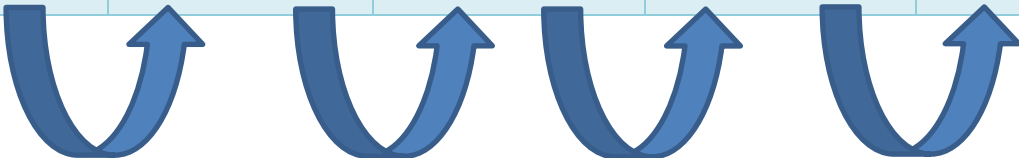
Luego del cálculo realizado para la muestra de la población de datos se concluyó que es de 165 motopartes basculantes, para continuar con el desarrollo del Análisis de resultados, se debe tomar en cuenta que la desviación estándar de los tiempos

totales del proceso es 16 segundos es por esta razón que al prefijar un error estimado muy alto la muestra no será ideal, el error prefijado es del 3% para este proceso.

Operacionalización de variable.

Tabla 4: Variable Independiente Proceso de pintura electrostática

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS
El proceso de pintura electrostática es simple en concepto y funcionamiento. Un polvo seco compuesto de resinas y pigmentos es alimentado desde un depósito de suministro de una pistola en un bajo amperaje, se imparte de carga de alto voltaje al polvo. La pieza que se pintará esta eléctricamente conectada a tierra.	Tiempo de duración del proceso de pintura electrostática.	Promedio de tiempo de salida de motoparte basculantes para motos, el producto final.	¿Cuál es el tiempo de procesamiento dentro de la línea de producción para obtener una motoparte basculante para motos?	Observación de registros y documentos del proceso. <ul style="list-style-type: none"> • Cronómetro

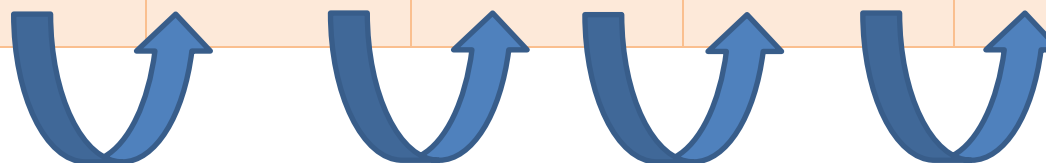


Fuente: Propia.

Elaborado por: El Investigador

Tabla 5: Variable Dependiente Productividad

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS DE INSTRUMENTOS
<p>La productividad es la relación que existe entre el resultado de una actividad productiva y la utilización de los medios necesarios para la obtención de un determinado lote de producción. La productividad posee por naturaleza una relación de manera directa entre la eficiencia, eficacia y efectividad la cual permite poder plantear un análisis de medición entre la producción final, sus actores y los medios que fueron relativamente necesarios para la obtención del objetivo final.</p>	Productividad	Eficiencia	¿Cuál es la capacidad efectiva del proceso?	Documentos Registros Toma de datos en campo
		Producción	¿Es suficiente la producción actual del servicio de pintura respecto a la demanda?	Registro de producción
		Eficacia	¿Cuál es el tiempo medio del proceso de pintura?	Registro de producción



Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

Técnicas de instrumentos

Para la variable independiente se utilizará las siguientes técnicas de instrumentos para conocer la situación actual y los parámetros actuales del proceso de pintura electrostática en la empresa Reypel.

Observación de registros y documentos del proceso.

- Cronómetro

Para la variable dependiente se utilizará las siguientes técnicas de instrumentos para determinar mediante el control de registros y proponer una solución que aumente la productividad del proceso de pintura electrostática en la empresa Reypel.

Documentos

- a) Registros
- b) Toma de datos en campo
- c) Registro de producción
- d) Registro de producción

Plan de recolección de información

La recolección de datos se realizará en campo, mediante registros, también se recolecta información fotográfica que ayudara en la propuesta, es importante la muestra debido a que presenta las siguientes ventajas (Galindo, 2006)

- Son económicas
- Son más rápidas
- La información es de calidad
- Se utiliza para base de datos mayos a 32 datos

Para la recolección de información de la muestra de 165 motopartes basculantes se realizó un registro donde se encuentra la siguiente información, indicada en la **Tabla 6**.

Tabla 6: Información en registro

VARIABLE	UNIDAD
FECHA	mm/dd/aa
# DE ORDEN	Unidad
PRODUCTO ELABORADO DIARIO	Unidad
PINTURA KG	Kilogramo
CANTIDAD LOTE	Unidad
DECAPADO	Segundos
ESPERA 1	Segundos
LAVADO	Segundos
ESPERA 2	Segundos
ENJUAGUE	Segundos
ESPERA 3	Segundos
FOSFATADO	Segundos
ESPERA 4	Segundos
SECADO	Segundos
ESPERA 5	Segundos
LIMPIEZA	Segundos
ESPERA 6	Segundos
PINTURA	Segundos
ESPERA 7	Segundos
HORNO	Segundos
ALMACENAMIENTO	Segundos
EMPACADO	Segundos
TOTAL EN SEGUNDOS	Segundos

Fuente: Propia

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Procesamiento de la Información

En el posterior capítulo se procesará la información con métodos descriptivos, con pruebas de normalidad y de correlación, el método más utilizado para determinar la correlación es la de Pearson, también se analizará y describirán los datos, por medio de gráficos y esquemas.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RESULTADOS

Procesamiento y análisis de la información

Para el análisis y procesamiento de la información se realizó una recolección de datos en campo, como se indicó en el capítulo anterior la cantidad de datos recolectados fue de 200 datos y la muestra calculada es de 165 datos, estos se seleccionarán de acuerdo a la productividad y demanda.

Etapa preliminar

Inicialmente, se determinará cual fueron los meses con mayor y menor demanda en el año 2016.

De acuerdo con los datos obtenidos en campo se realizó la **Tabla 7**, donde se resume la demanda del año 2016.

Tabla 7: Tabla de resumen demanda de motopartes basculantes

MES	DEMANDA
ENERO	2850
FEBRERO	1800
MARZO	3150
ABRIL	2850
MAYO	2850
JUNIO	2550
JULIO	2550
AGOSTO	3000
SEPTIEMBRE	1650
OCTUBRE	2400
NOVIEMBRE	2100
DICIEMBRE	2250

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Como se indica en la **Figura 15**, se podrá observar que algunos meses tienen la mayor y menor demanda.

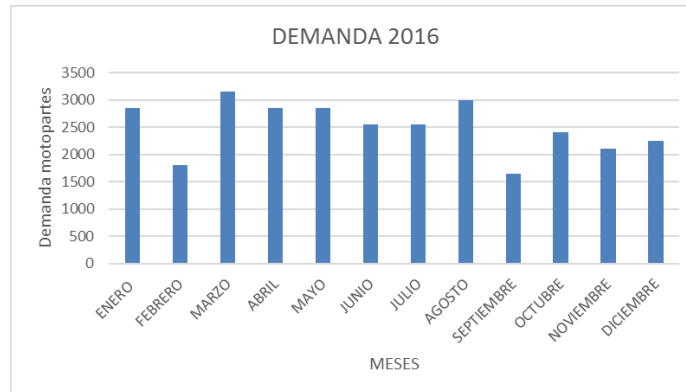


Figura 15: Demanda 2016 motopartes.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Interpretación: En la **Figura 15** se interpretó que el mes con mayor demanda fue marzo, y el mes con menor demanda fue septiembre, también se puede observar que la tendencia es irregular.

Análisis: La demanda es una variable que tiene una tendencia polinómica, como se puede observar es cíclica y se encuentra en un rango de entre 1500 y 3000 unidades pintadas, y finalmente existen meses ya determinados con mayor demanda como son enero, marzo y agosto

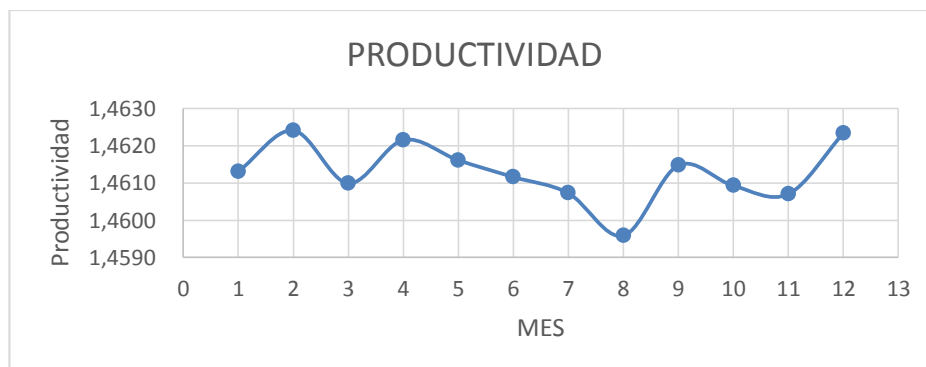


Figura 16: Productividad 2016 motopartes.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Otro de los factores importantes para la toma de muestra es la productividad, este indicador es la relación que existe entre las unidades producidas y los recursos utilizados.

Interpretación: En la **Figura 16**, se observó que la productividad más alta se presenta en el segundo mes del año Febrero, y la productividad más baja se determinó en el octavo mes del año Agosto.

Análisis: La productividad es una variable dependiente, esta depende de los recursos empleados respecto a las unidades producidas, la dispersión generada de los datos tomados del año 2016 no presenta una tendencia, los puntos se encuentran dispersos y la varianza de los datos es mínima.

Para el cálculo de la productividad, se definió como la relación que existe entre las unidades producidas sobre los recursos empleados, como se indica en la siguiente formula.

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Recursos(tiempo)} \quad (6)$$

Como ejemplo de cálculo se tomó los datos del mes de enero como se indica en la **Tabla 8**, para determinar la productividad de un día se realizará el siguiente calculo.

$$Productividad = \frac{Cantidad\ de\ lote}{Tiempo\ del\ proceso\ total\ [s]} \quad (7)$$

$$Productividad = \frac{150}{102.5[min]} = 1.4634$$

Se debe tomar en cuenta que la productividad es un indicador, en este caso la diferencia entre la productividad de cada uno de los datos tomados por día se encuentra en la escala de centésimas de unidad, por esta razón se tomara hasta 4 cifras antes de la coma, el valor es muy pequeño debido a la escala de tiempo que se está tomado en cuenta, para finalizar con el ejemplo se concluye que la

productividad mensual es el promedio de la suma de todas las productividades del mes enero y se tiene que es de.

$$Productividad_{Enero} = 1.4637$$

Tabla 8: Tabla de datos mes de Enero

# DATOS	FECHA	# DE ORDEN	PRODUCTO ELABORADO DIARIO	PINTURA KG	CANTIDAD LOTE	TIEMPO TOTAL (min)	PRODUCTIVIDAD	TIEMPO DE ESPERA (min)
182	31/1/2016	129	Basculante	0,035	150	102,50	1,4634	23,82
183	30/1/2016	162	Basculante	0,035	150	102,20	1,4677	23,75
184	29/1/2016	44	Basculante	0,035	150	102,72	1,4603	24,25
185	27/1/2016	134	Basculante	0,035	150	103,02	1,4561	24,02
186	25/1/2016	82	Basculante	0,035	150	103,02	1,4561	24,08
187	25/1/2016	84	Basculante	0,035	150	102,97	1,4568	24,13
188	24/1/2016	83	Basculante	0,035	150	102,93	1,4573	23,93
189	24/1/2016	96	Basculante	0,035	150	102,30	1,4663	23,90
190	21/1/2016	9	Basculante	0,035	150	102,65	1,4613	23,90
191	21/1/2016	49	Basculante	0,035	150	102,95	1,4570	23,97
192	19/1/2016	18	Basculante	0,035	150	102,45	1,4641	23,72
193	11/1/2016	46	Basculante	0,035	150	102,73	1,4601	23,78
194	10/1/2016	77	Basculante	0,035	150	102,62	1,4618	24,07
195	7/1/2016	75	Basculante	0,035	150	102,43	1,4644	23,77
196	7/1/2016	165	Basculante	0,035	150	102,68	1,4608	23,82
197	5/1/2016	2	Basculante	0,035	150	102,37	1,4653	23,73
198	5/1/2016	188	Basculante	0,035	150	102,63	1,4615	23,97
199	4/1/2016	26	Basculante	0,035	150	102,82	1,4589	24,13
200	4/1/2016	104	Basculante	0,035	150	102,33	1,4658	23,48
Total					2850	102,65	1,4613	23,91

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

Los datos se ordenó desde el más reciente hasta el más tardío, por esta razón en la **Tabla 8**, se puede observar datos numerados desde el ítem 182 hasta 200, siendo este mes el ultimo de toma de datos obtenidos con un total de población de 200 datos de motopartes basculantes.

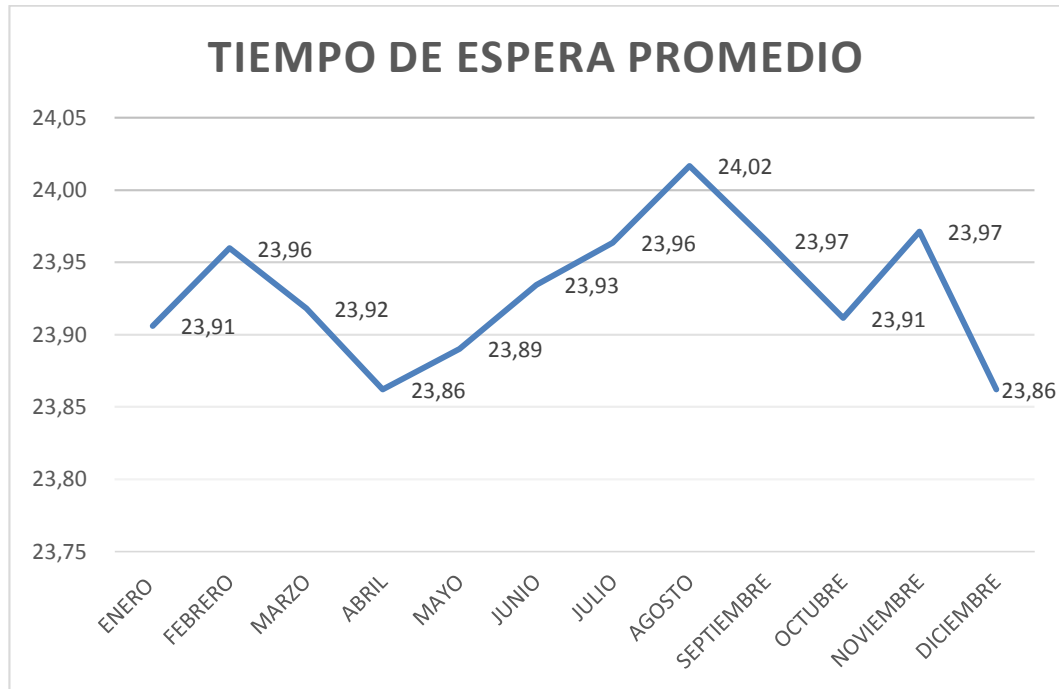


Figura 17: Tiempo de espera promedio 2016 motopartes.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Interpretación: En la **Figura 17**, se puede observar el tiempo de espera que se obtuvo por mes, tomando en cuenta el promedio de la sumatoria de todos los tiempos de espera durante el proceso, como se indica en la **Tabla 8**, será igual al promedio de la suma de todos los tiempos de espera del mismo mes, indicados en el **ANEXO 1**.

Para el cálculo del tiempo de espera se realizará con la siguiente formula.

$$\text{Tiempo de espera promedio} = \frac{\sum \text{Espera total diaria de Enero}}{\sum \# \text{ Datos}} \quad (8)$$

$$\text{Tiempo de espera promedio} = \frac{454.22}{19} = 23.91$$

Análisis: El tiempo de espera se define como un tiempo improductivo y de retraso se puede observar en la **Figura 17**, que como máximo valor de espera es de

24.02 min. y el mínimo será de 23.86 min., la variación entre estos dos tiempos es de 0.17 es decir el rango es pequeño.

A continuación, se presentará una tabla de resumen de las gráficas anteriormente analizadas.

Tabla 9: Tabla de resumen

MES	PRODUCTIVIDAD	TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO (min.)	TIEMPO PROMEDIO TOTAL (min.)
ENERO	1,4613	23,91	102,65
FEBRERO	1,4624	23,96	102,57
MARZO	1,4610	23,92	102,67
ABRIL	1,4622	23,86	102,59
MAYO	1,4616	23,89	102,63
JUNIO	1,4612	23,93	102,66
JULIO	1,4607	23,96	102,69
AGOSTO	1,4596	24,02	102,77
SEPTIEMBRE	1,4615	23,97	102,64
OCTUBRE	1,4609	23,91	102,68
NOVIEMBRE	1,4607	23,97	102,69
DICIEMBRE	1,4623	23,86	102,58

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Tiempo de espera promedio.- Este tiempo es la sumatoria de todos los tiempos de espera en el proceso durante todo el mes, dividido para la cantidad de datos tomados por mes del proceso de pintura electrostática, para el cálculo se utilizaron los datos indicados en el **ANEXO 1**.

Tiempo promedio total.- Este tiempo será igual a la sumatoria de todos los tiempos del proceso de pintura electrostática durante el periodo de tiempo de un mes, dividido para la cantidad de datos tomados durante el mismo periodo de tiempo, ara el cálculo se utilizaron los datos indicados en el **ANEXO 1**.

Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov (KS)

Se procederá a realizar una prueba de normalidad mediante el método de Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov (KS), esta prueba nos servirá para afirmar que los datos obtenidos presentan una distribución normal, para esto se realizara el siguiente procedimiento.

Para el cálculo se tomará la muestra anteriormente calculada de 165 datos, primero se ordenará los datos de mayor a menor de tiempo del proceso total como se indica en la **Tabla 12**, después se procede a realizar los siguientes cálculos para la prueba, para esto se utilizó una hoja de cálculo Microsoft Excel.

- Media

Para el cálculo de la media se tomará la siguiente ecuación tomando como variable x.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Con la función de Excel, para facilitar el cálculo se utilizó lo siguiente.

+PROMEDIO(C3:C167)

Se obtiene de la media es igual a **102,6** del tiempo total promedio

- Desviación

Para el cálculo de la desviación se utilizó la siguiente ecuación tomando en cuenta como variable x.

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (9)$$

Donde

N= la cantidad de datos de la variable

Para facilitar el cálculo se utilizó la siguiente función en Excel.

$$=+DESVEST.M(C3:C167)$$

Se obtiene que la desviación de datos es igual a **0,24**

- Mínimo

Se define como el valor mínimo de los datos analizados, para facilitar el cálculo se utilizó la siguiente función en Excel.

$$=+MIN(C3:C167)$$

Se obtiene que el valor mínimo es igual a **101,95**

- Máximo

Se define como el mayor número de los datos analizados, es el valor máximo de la base de datos se lo encuentra mediante la función en Excel.

$$=+MAX(C3:C167)$$

Se obtiene que el valor máximo es igual a **103,3**

- Rango

Para el cálculo del rango de la base de datos será igual a

$$Rango = Maximo - Minimo$$

$$Rango = 103.3 - 101.95$$

$$Rango = 1,38$$

- Sturges (# Intervalos)

Se calculó con la siguiente ecuación

$$Sturges(\# Intervalos) = 1 + 3.3Ln(Número de datos)$$

$$Sturges(\# Intervalos) = 1 + 3.3Ln(165)$$

$$Sturges(\# Intervalos) = 17.84$$

- Raíz de N(# de Intervalos)

Se calculó con la siguiente ecuación

$$Raíz de N(\# de Intervalos) = \sqrt{Número de datos} \quad (10)$$

$$Raíz de N(\# de Intervalos) = \sqrt{165}$$

$$Raíz de N(\# de Intervalos) = 12.84$$

En la **Tabla 10** se puede observar los datos calculados para la prueba de normalidad, esto se obtuvo de los datos del tiempo total del proceso de pintura.

Tabla 10: Tabla de resumen de datos para prueba de normalidad

Media	102,656566
Desviación	0,24310754
Mínimo	101,95
Máximo	103,333333
Rango	1,38333333
Numero de datos	165
Sturges(# Intervalos)	17,8496201
Raíz de N(# de Intervalos)	12,8452326
Tamaño del intervalo	0,10769235

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Después se procedió a realizar la tabla de intervalos según la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov (KS), para el cálculo del coeficiente de la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

Primero se determinará un número de intervalos de 10, después se calculó la Frecuencia que se define como el número de veces que aparece ese valor en el estudio observado, para facilitar el cálculo se utiliza la función de Excel.

$$=+FRECUCENCIA(C3:C167;J13:J22)$$

Después se determina la distribución normal de las columnas de límite inferior y límite superior.

Para finalizar el cálculo del coeficiente se utilizará la siguiente ecuación

$$coe. = frecuencia_{observada acumulada} - frecuencia_{esperada relativa acumulada}$$

Para determinar que los datos guardan una distribución normal se debe comparar el mayor coeficiente con el dato calculado por tabla. Si es menor la hipótesis se acepta.

Como se indica en la **Tabla 11**, el mayor coeficiente es de 0.064, este se lo comparara con un coeficiente calculado según la siguiente ecuación.

$$Coe. calculado = \frac{1.95}{\sqrt{\text{cantidad de elementos de la muestra}}} =$$

$$Coe. calculado = \frac{1.95}{\sqrt{165}} = 0.15$$

Entonces

$$\text{Coeficiente de tabla} < \text{Coeficiente calculado}$$

La hipótesis que los datos tienen una distribución normal es aprobada.

Tabla 11: Tabla la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov (KS).

Intervalos	Lim. inferior	Lim. superi	Frecuencia observada	Frecuencia observada relativa	Frecuencia observada acumulada	Frecuencia esperada relativa acumulada	Coe.
1	101,95	102,06	1	0,006	0,006	0,007	0,000
2	102,06	102,17	3	0,019	0,026	0,022	0,004
3	102,17	102,27	5	0,032	0,058	0,057	0,001
4	102,27	102,38	15	0,097	0,155	0,128	0,027
5	102,38	102,49	15	0,097	0,252	0,245	0,007
6	102,49	102,60	25	0,161	0,413	0,402	0,011
7	102,60	102,70	29	0,187	0,600	0,577	0,023
8	102,70	102,81	27	0,174	0,774	0,738	0,036
9	102,81	102,92	23	0,148	0,923	0,860	0,063
10	102,92	103,03	12	0,077	1,000	0,936	0,064

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Tabla 12: Tabla de muestra datos ordenados

DATOS	TIEMPO DEL PROCESO TOTAL EN [min.]	DATOS	TIEMPO DEL PROCESO TOTAL EN [min.]	DATOS	TIEMPO DEL PROCESO TOTAL EN [min.]	DATOS	TIEMPO DEL PROCESO TOTAL EN [min.]
1	101,95	43	102,52	85	102,67	127	102,83
2	102,07	44	102,52	86	102,68	128	102,83
3	102,13	45	102,52	87	102,68	129	102,83
4	102,15	46	102,52	88	102,68	130	102,83
5	102,18	47	102,52	89	102,70	131	102,85
6	102,23	48	102,52	90	102,70	132	102,87
7	102,25	49	102,53	91	102,70	133	102,87
8	102,25	50	102,53	92	102,70	134	102,88
9	102,27	51	102,55	93	102,70	135	102,90
10	102,28	52	102,55	94	102,72	136	102,90
11	102,28	53	102,55	95	102,72	137	102,90
12	102,28	54	102,55	96	102,72	138	102,90
13	102,30	55	102,57	97	102,72	139	102,92
14	102,30	56	102,57	98	102,72	140	102,92
15	102,33	57	102,57	99	102,72	141	102,92
16	102,33	58	102,58	100	102,72	142	102,92
17	102,33	59	102,58	101	102,72	143	102,92
18	102,33	60	102,58	102	102,73	144	102,93
19	102,35	61	102,58	103	102,73	145	102,93
20	102,35	62	102,58	104	102,73	146	102,93
21	102,35	63	102,58	105	102,73	147	102,95
22	102,35	64	102,58	106	102,73	148	102,95
23	102,37	65	102,60	107	102,73	149	102,95
24	102,37	66	102,60	108	102,75	150	102,97
25	102,38	67	102,60	109	102,75	151	102,97
26	102,38	68	102,60	110	102,75	152	102,98
27	102,38	69	102,60	111	102,77	153	102,98
28	102,40	70	102,60	112	102,77	154	102,98
29	102,43	71	102,60	113	102,77	155	103,00
30	102,43	72	102,62	114	102,77	156	103,03
31	102,45	73	102,62	115	102,77	157	103,03
32	102,45	74	102,63	116	102,77	158	103,05
33	102,47	75	102,63	117	102,77	159	103,05
34	102,47	76	102,63	118	102,78	160	103,10
35	102,48	77	102,63	119	102,78	161	103,13
36	102,48	78	102,63	120	102,80	162	103,17
37	102,48	79	102,65	121	102,82	163	103,18
38	102,48	80	102,65	122	102,82	164	103,23
39	102,48	81	102,65	123	102,82	165	103,33
40	102,50	82	102,65	124	102,82		
41	102,50	83	102,67	125	102,82		
42	102,5	84	102,666667	126	102,833333		

Fuente: Propia
Elaborado por: El investigador

A continuación, se procede a verificar mediante una gráfica si los datos presentan una tendencia normal.

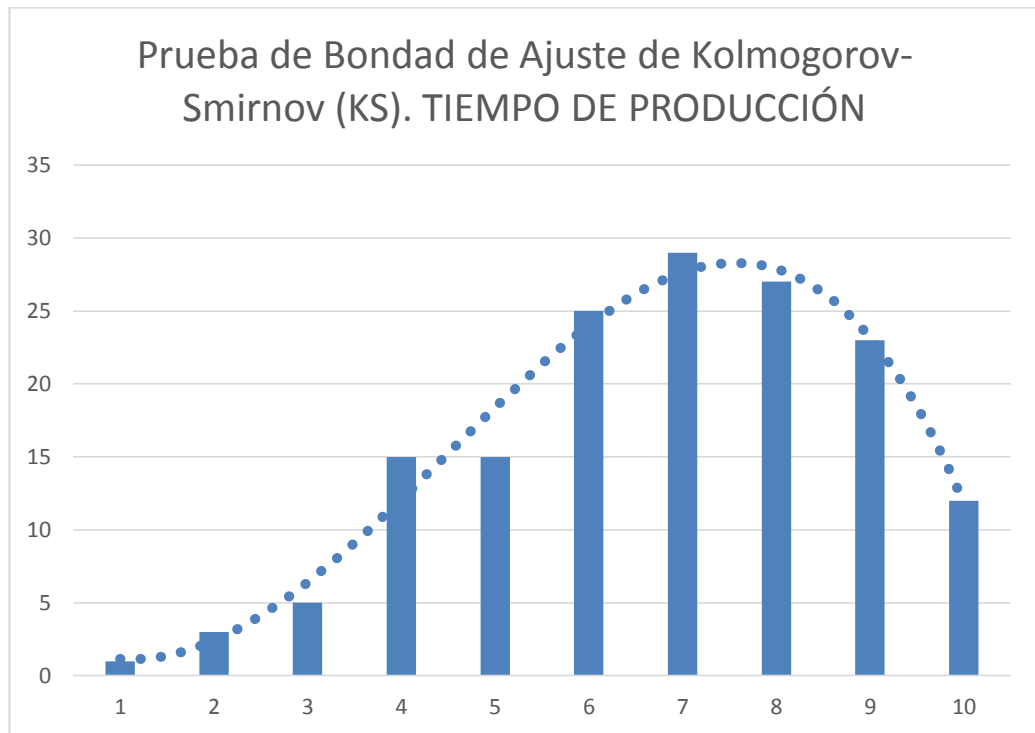


Figura 18: Prueba de normalidad Tiempo de producción.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Análisis: En la **Tabla 13**, se puede observar el estadístico S-K que se obtuvo de los datos de la descripción tiempo total de espera, según la prueba de normalidad utilizada para el cálculo la hipótesis se acepta si el estadístico obtenido por tabla es mayor que el calculado.

Tabla 13: Tabla de resumen de prueba Tiempo de producción

Estadístico de S-K	0,063825293
Nivel de significancia	0,05
grados de libertad	165
Estadístico obtenido por tabla	0,1
HIPOTESIS	Los datos presentan una distribución normal

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Para finalizar esta prueba se procedió a realizar la prueba de normalidad a los datos con descripción productividad indicado en el **ANEXO 2**, y se obtuvieron los siguientes resultados.



Figura 19: Prueba de normalidad Productividad.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Tabla 14: Tabla de resumen de prueba Productividad

Estadístico de S-K	0,057118706
Nivel de significancia	0,05
grados de libertad	165
Estadístico obtenido por tabla	0,1
HIPOTESIS	Los datos presentan una distribución normal

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Análisis: Como se puede observar los datos de tiempo de espera y productividad presentan una distribución normal, el método de correlación de Pearson tiene como condición para ser ejecutado que los datos presenten una distribución normal, a continuación, se relacionará las variables productividad con el tiempo de espera.

Se realizó la correlación por el método de Pearson a la muestra de la base de datos, se indica en la **Tabla 15**.

Tabla 15: Método de correlación de Pearson

# DATOS	X PRODUCTIVIDAD	Y TIEMPO ESPERA (min.)	$X = x - \bar{x}$	$Y = y - \bar{y}$	X.Y	X ²	Y ²
1	1,4544	24,15	-0,0068	0,22	-0,0015	0,000046	0,05
2	1,4641	23,87	0,0029	-0,06	-0,0002	0,000009	0,00
3	1,4632	23,83	0,0020	-0,09	-0,0002	0,000004	0,01
4	1,4610	23,83	-0,0002	-0,09	0,0000	0,000000	0,01
5	1,4637	23,52	0,0025	-0,41	-0,0010	0,000006	0,17
6	1,4606	24,02	-0,0006	0,09	-0,0001	0,000000	0,01
7	1,4637	23,77	0,0025	-0,16	-0,0004	0,000006	0,03
8	1,4622	23,98	0,0010	0,06	0,0001	0,000001	0,00
9	1,4622	23,92	0,0010	-0,01	0,0000	0,000001	0,00
10	1,4639	24,15	0,0027	0,22	0,0006	0,000007	0,05
11	1,4639	23,63	0,0027	-0,29	-0,0008	0,000007	0,09
12	1,4665	23,95	0,0053	0,02	0,0001	0,000028	0,00
13	1,4634	23,80	0,0022	-0,13	-0,0003	0,000005	0,02
14	1,4620	23,72	0,0008	-0,21	-0,0002	0,000001	0,04
15	1,4603	23,80	-0,0009	-0,13	0,0001	0,000001	0,02
16	1,4634	24,02	0,0022	0,09	0,0002	0,000005	0,01
17	1,4603	24,05	-0,0009	0,12	-0,0001	0,000001	0,02
18	1,4622	23,82	0,0010	-0,11	-0,0001	0,000001	0,01
19	1,4663	23,63	0,0051	-0,29	-0,0015	0,000026	0,09
20	1,4603	24,05	-0,0009	0,12	-0,0001	0,000001	0,02
21	1,4601	24,00	-0,0011	0,07	-0,0001	0,000001	0,01
22	1,4540	24,13	-0,0072	0,21	-0,0015	0,000052	0,04
23	1,4594	24,20	-0,0018	0,27	-0,0005	0,000003	0,08
24	1,4596	23,87	-0,0016	-0,06	0,0001	0,000002	0,00
25	1,4606	24,18	-0,0006	0,26	-0,0002	0,000000	0,07
26	1,4615	23,85	0,0003	-0,08	0,0000	0,000000	0,01
27	1,4627	23,85	0,0015	-0,08	-0,0001	0,000002	0,01
28	1,4577	24,12	-0,0035	0,19	-0,0007	0,000012	0,04
29	1,4618	23,83	0,0006	-0,09	-0,0001	0,000000	0,01

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

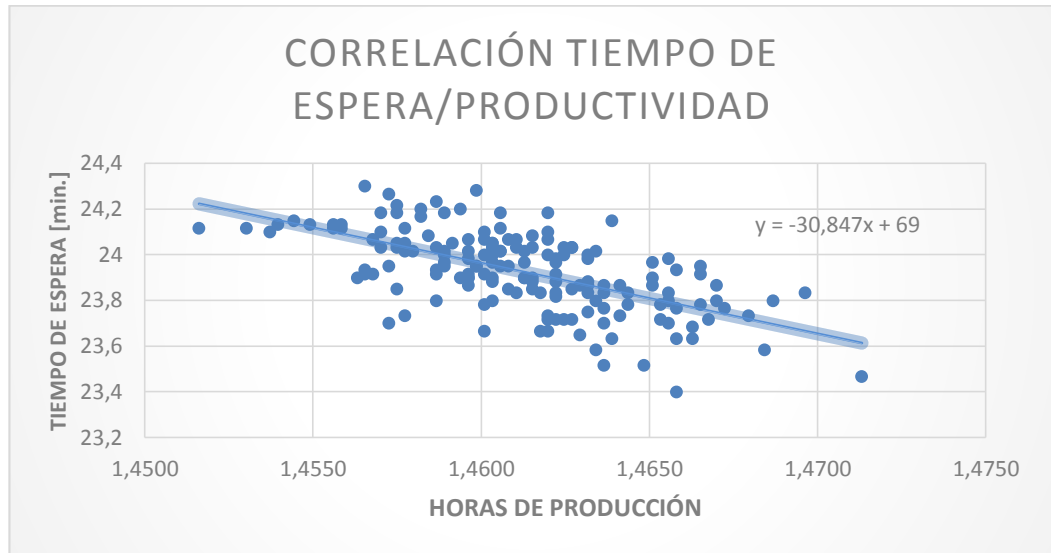


Figura 20: Correlación de tiempo de espera/ productividad.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Análisis: En la **Tabla 16**, se obtuvo un resumen de la correlación de Pearson, como se puede observar presenta una correlación de -0.62 positiva moderada, esto afirma que la variable de tiempo de espera afecta de una manera directa a la variable Productividad.

Para el cálculo del coeficiente de relación se tiene las siguientes ecuaciones.

- Se calcula la media aritmética para cada una de las variables:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (11)$$

$$\bar{x} = 1.4612$$

$$\bar{y} = 23.93$$

- Se procede aplicar la Formula con los datos obtenidos en la **Tabla 16**.

$$r_1 = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2) + (\sum y^2)}} \quad (12)$$

$$r_1 = -0.62$$

Tabla 16: Correlación de Pearson 1

n = 165,00					
$\Sigma x = 241,10$	1,46	CORRELACION	$\Sigma X.Y =$	$\Sigma X^2 =$	$\Sigma Y^2 =$
$\Sigma y = 3.947,80$	23,93	-0,62	-0,0606	0,001964	4,83

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

Finalmente, se correlacionará las variables Tiempo total del proceso respecto a la productividad, como se observó en el anterior análisis de correlación fue negativa moderada, justifica un estudio para proponer metodologías para reducir el tiempo de espera, pero para ratificar esta propuesta se realizará el siguiente análisis.

Variable dependiente = Productividad

V. independiente = Proceso de pintura electrostática

(Tiempo total del proceso)

Se realizaron todos los cálculos anteriormente descritos y se obtuvo la siguiente grafica de dispersión.

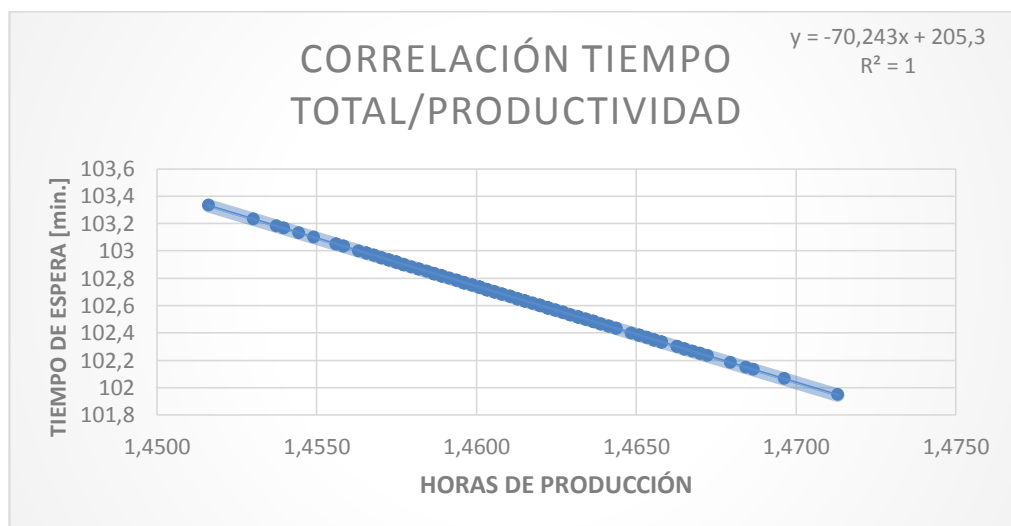


Figura 21: Correlación de tiempo total/ productividad.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Interpretación: En la gráfica se puede observar que las dispersiones de puntos tienden a esquematizar una línea recta, con esto se puede concluir que el índice de correlación será cercano a uno.

Análisis: Se realizó el cálculo de la correlación utilizando los datos en el ANEXO 3 y se obtuvo una correlación de

$$r_1 = -0.999$$

Esta correlación es negativa perfecta, con este análisis se puede concluir que mientras la variable independiente aumente, la independiente disminuirá con una relación de 1, para constancia de los resultados se presenta la siguiente tabla de resumen.

Tabla 17: Correlación de Pearson 2

n = 165,00					
$\Sigma x = 241,10$	1,46	CORRELACION	$\Sigma X.Y =$	$\Sigma X^2 =$	$\Sigma Y^2 =$
$\Sigma y = 16.938,33$	102,66	-0,9999945	-0,14	0,00	9,69

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

Proceso actual

Se determinará las condiciones actuales en las que se está realizando el proceso de pintura.

El proceso empieza con el ingreso de materia prima, el cual se observa en la **Figura 22**, la materia prima la cual va a ser realizada el proceso no ingresa en óptimas condiciones es decir posee impurezas en su superficie, que es necesario realizar un lavado.



Figura 22: Ingreso de materia prima.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Después pasará al área inicial, indicado en la **Figura 23**, aquí se realizará en las tinas los siguientes procesos.

- Decapado
- Lavado
- Enjuague
- Fosfatado
- Secado
- Limpieza



Figura 23: Área de lavado-Decapado-enjuague-fosfatado.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

A continuación, se procede a aplicar la pintura en las piezas, esto se realiza mediante la pintura en polvo, la pintura epoxi/poliéster (hibrida) es la pintura que Reypel ocupa para el proceso.

Las piezas deben estar sostenidas del menor área posible, por esta razón se utilizan ganchos y se las cuelgan como se indica en la **Figura 24**, se aplica pintura en polvo la cual posee una carga electrostática que tiene como propiedad que se adhieren a materiales que poseen polaridad como en este caso es el metal, posteriormente se pasara a la etapa de polimerización el cual es realizada en hornos como se indica en la **Figura 25**, estos hornos poseen una capacidad de 50 piezas, de acuerdo a pruebas basadas en experimentación en campo y el tiempo de calentamiento será de 20 minutos, en total de tiempo en el horno en el lote será de 60 minutos por las 150 piezas.



Figura 24: Área de pintado.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador



Figura 25: Área de horno.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

La mezcla de pintura epoxi posee varias características que se utilizan para aplicaciones como materiales interiores de decoración y elementos que no se expongan al exterior en la **Tabla 18** se puede observar la propiedades físicas y químicas de la pintura y en la **Figura 26** las curvas de secado, para aplicaciones exteriores no es recomendable según (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012).

“Esta pintura 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 general. 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”.(Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012, p. 50)

Tabla 18: 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. (min.)
DUREZA AL LÁPIZ ABNT (NBR 7527)	3H
FLEXIBILIDAD AL MANDRIL CÓNICO (ISO 1519)	Resistente
ENSAYO DE IMPACTO (ASTM D 2794)	160 (mínimo)
RETEIDO SOBRE ALPINE (ASTM E 11-70)	
MALLA 200	0-9
MALLA 400	25-75
ESPESOR (ISO 2360)	50-60 micrones

Fuente: (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012)

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

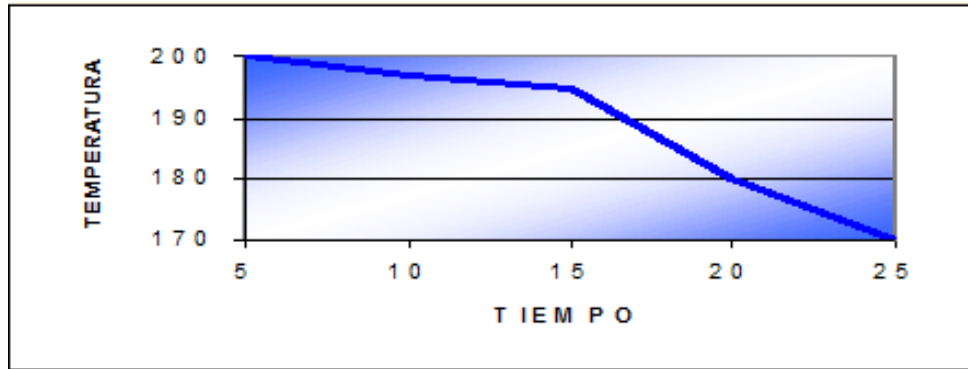


Figura 26: Curva de curado epoxi/poliéster.

Fuente: (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012)

Elaborado por: El investigador

El tiempo promedio según el fabricante es de 25 minutos, el horno tiene una capacidad para máximo 50 motopartes, y se realiza la producción por lotes de 150 es decir se tiene un tiempo promedio de curado de 75 minutos, los registros indican que existe un promedio de 60 minutos de curado en el horno.

Se realizará un esquema de todos los pasos realizados actualmente en la empresa Reypel.

ESQUEMA DEL PROCESO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

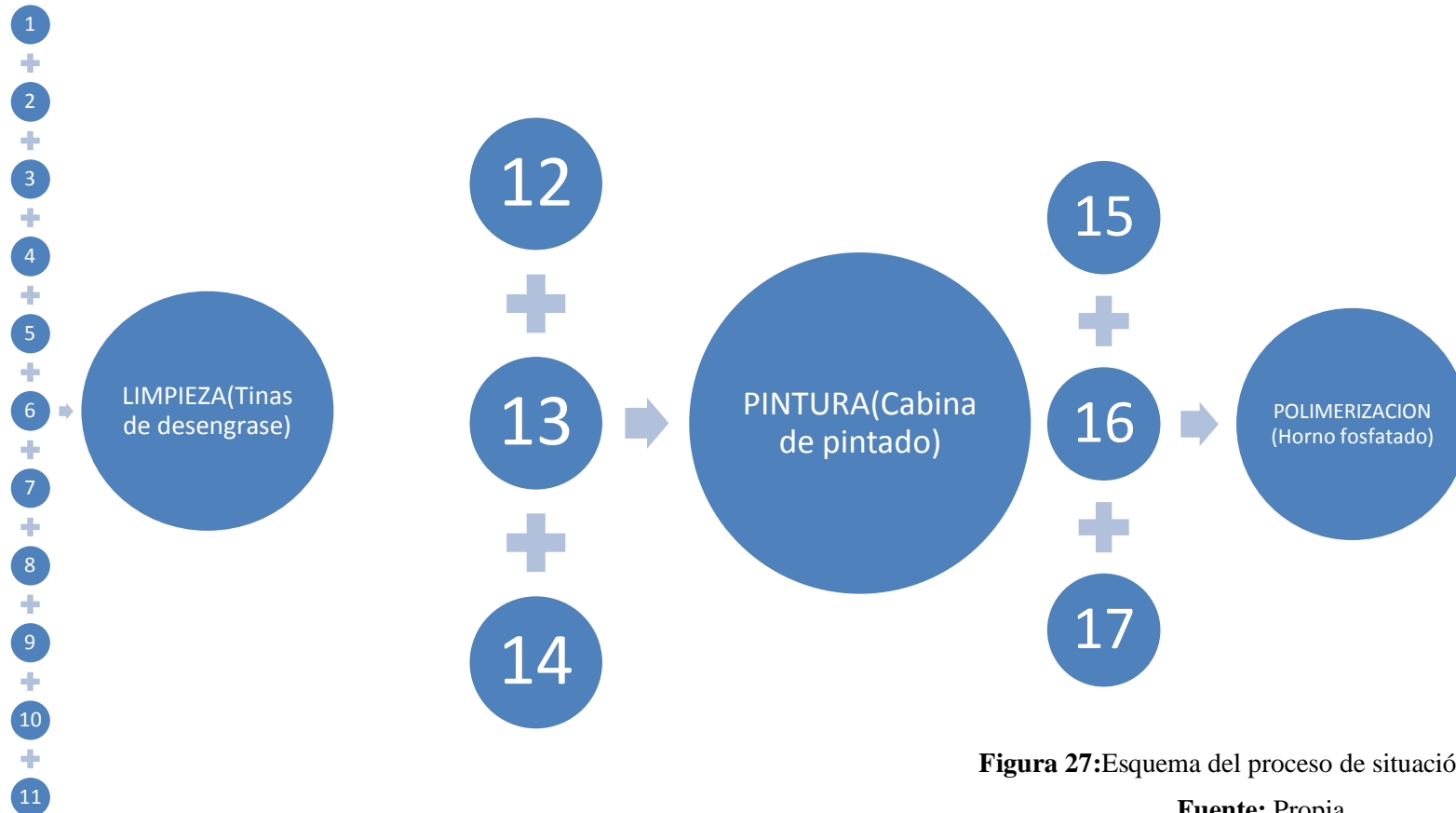


Figura 27:Esquema del proceso de situación actual

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Operaciones actuales

LIMPIEZA

- **Operación 1:** Decapado
- **Operación 2:** Espera
- **Operación 3:** Lavado
- **Operación 4:** Espera
- **Operación 5:** Enjuague
- **Operación 6:** Espera
- **Operación 7:** Fosfatado
- **Operación 8:** Espera
- **Operación 9:** Secado
- **Operación 10:** Espera
- **Operación 11:** Limpieza
- **Operación 12:** Espera











PINTURA

- **Operación 13:** Pintura
- **Operación 14:** Espera

POLIMERIZACION

- **Operación 15:** Horno
- **Operación 16:** Almacenamiento
- **Operación 17:** Empacado

Tabla 19: Diagrama analítico del proceso actual

ANEXO 5									
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO									
Diagrama N° 1		HOJA N°1		RESUMEN					
Objetivo:		Actividad		Actual			Propuesta	Económica	
Pintado		Operación		17					
		Transporte							
		Espera							
		Inspección							
Pintado con pintura electrostática		Almacenamiento							
Metodo: Actual		Distancia							
Lugar: Área de pintado		Tiempo (min)							
Operario(s): 5		Costo							
Compuesto por		Mano de obra							
Aprobado por:		Material							
Fecha: 26/01/2017									
		TOTAL		Símbolo					
Descripción	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)						Observaciones
Espera	150		4			*			
DECAPADO	150		0,2	*					
ESPERA	150		4			*			
LAVADO	150		5	*					
ESPERA	150		4			*			
ENJUAGUE	150		0,016666667	*					
ESPERA	150		3			*			
FOSFATADO	150		1	*					
ESPERA	150		6			*			
SECADO	150		0,5	*					
ESPERA	150		2			*			
LIMPIEZA	150		5	*					
ESPERA	150		3			*			
PINTURA	150		1	*					
ESPERA	150		4			*			
HORNO	150		60	*					
ALMACENAMIENTO	150		3	*					
EMPACADO	150		1	*					
		TOTAL							106,72

Fuente: Propia
Elaborado por: El investigador

Conclusiones

- Se concluyó que el tiempo de proceso actual de pintura electrostática de acuerdo a la capacidad de producción diaria es como máxima 150 unidades de motopartes, se puede afirmar que el tiempo de espera perdido en este proceso incide directamente a la productividad, es decir se puede optimizar los tiempos perdidos para aumentar la capacidad efectiva de la planta y con esto disminuir el tiempo total del proceso.
- Se concluyó de acuerdo al análisis del diagrama analítico del proceso actual, que el tiempo medio del proceso de pintura es de 106.72 minutos, y se tiene como perdida en espera promedio del proceso 24 minutos, es decir que se puede optimizar hasta un 50% del proceso actual, con un análisis de ingeniería de procesos que optimice los recursos y aumente la productividad.
- Se puede concluir que el proceso de pintura electrostática en la empresa Reypel posee muchas operaciones, esto puede provocar desperdicios de materia prima y reducir la calidad en sus servicios, también se puede observar que no existen procesos definidos ni se encuentran los equipos, tinajas y espacios adecuados para la producción de lotes de 150 piezas, por estas causas la productividad ha disminuido.

Recomendaciones

1. Se recomienda proponer una alternativa que sea viable, accesible y versátil para la mejora de los procesos de pintura electrostática en la empresa Reypel, para esto se realizara un análisis de ponderación mediante el método ordinal corregido de criterios ponderado (Riba, 2002).
2. Se recomienda la utilización de otro tipo de mezcla de pintura para la reducción de tiempos en el proceso de curado existe un tipo de pintura llamada epoxi, que tiene como principal propiedad la resistencia a impactos y dobleces, López (2009) realizó un estudio de este tipo de pintura y menciona lo siguiente.

“La 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.”(López, 2009, p. 60)

Tabla 20: Propiedades mecanicas epoxi

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

Fuente: (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012)

Elaborado por: (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012)

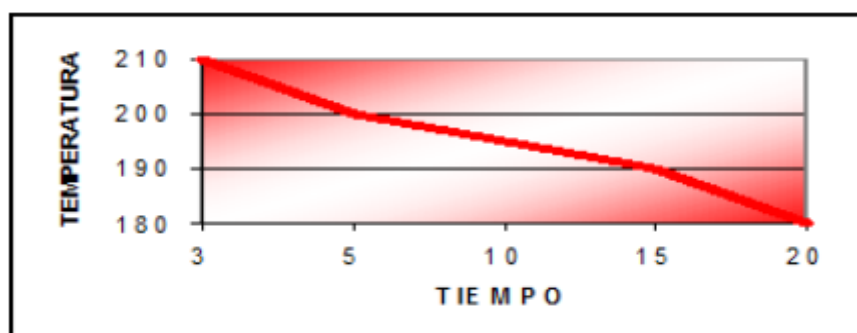


Figura 28: Área de horno. Temperatura(°C) y tiempo(min.)

Fuente: (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012)

Elaborado por: El investigador

El tiempo promedio según el fabricante es de 20 minutos, el horno de la empresa Reypel tiene capacidad de máximo 50 motopartes, y se realiza la producción por lotes de 150 es decir se tiene un tiempo promedio de curado de 60 minutos, este cambio de mezcla podría reducir un tiempo de hasta 15 minutos en el proceso.

Se realizará una ponderación de los dos tipos de mezcla para la selección, en la propuesta, se tomarán variables como resistencias mecánicas, acabados superficiales, resistencia a la corrosión y al impacto, es decir propiedad necesaria para ambientes exteriores, debido a que se va a utilizar para motopartes.

Tabla 21: Ponderación epoxi/poliéster.

Variable	Epoxi (unidad)	Epoxi/poliéster (mezcla actual)(unidad)
Dureza	5	4
Flexibilidad	5	5
Resistencia al exterior	2	3
Resistencia a la corrosión	5	4
Resistencia química	4	5
Propiedades Mecánicas	5	3
Estabilidad de almacenamiento	5	4
Durabilidad	2	3
Total	33	31

Fuente: (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012)

Elaborado por: Autor

La mezcla de pintura epoxi en la ponderación obtuvo de puntaje 33, siendo la más alta 5 y la más baja 1.

CAPÍTULO V

PROPUESTA

Título

"Diseño del proceso continuo de pintura electrostática en la empresa Reypel"

Datos Informativos

Empresa: Reypel Cía. Ltda.

Beneficiarios:

El beneficiario es la empresa Reypel Cía. Ltda., este mejorara su proceso de mayor rentabilidad

Ubicación: Y, Juan Barrezueta & Moises Luna Andrade, Quito 170310, Ecuador

Tiempo: El tiempo estimado para la ejecución es de (septiembre 2016-febrero 2017).

Equipo Técnico Responsable: Personal Operativo.

Antecedentes de la propuesta

En la empresa Reypel Cía. Ltda. el proceso actual de pintura Electroestática, existen tiempos perdidos o de espera que se puede optimizar para mejorar el proceso y aumentar su productividad, en la actualidad tiene una capacidad de producción de 150 motopartes basculantes para motos, con un análisis del proceso y analizando los tiempos se podría aumentar su capacidad.

El tiempo de pérdida por esperas en el proceso representa al 56%, del proceso total de pintura se puede afirmar que la distribución de la planta no es óptima y genera pérdida de recursos y tiempo, para la mejora se debería realizar un análisis de los movimientos actuales y proponer una mejor distribución.

En el análisis de la situación actual de la empresa se concluyó que el tiempo de espera en cada proceso incide directamente en la productividad, es por esto que se propone realizar un análisis de tiempos y movimiento para definir en qué procesos se puede optimizar.

Objetivos de la propuesta

General

Diseñar un proceso continuo de pintura electrostática en la empresa Reypel, para la mejora de la productividad.

Específico

- Reducir el tiempo de preparado de piezas y partes previo a la pintura electrostática.
- Definir las etapas, condiciones y componentes en el proceso continuo de Pintura Electrostática de motopartes basculantes.
- Evaluar la productividad de la propuesta en la empresa Reypel.

Justificación de la propuesta

La empresa Reypel actualmente posee procesos antiguos de pintura electrostática, desde su creación no ha experimentado ningún cambio en la metodología y tecnificación de la operación, la **importancia** en la aplicación de nuevas tecnologías en pintura electrostática que ha desarrollado nuevos y mejores equipos, mezclas e insumos que ayudan a mejorar los procesos y la productividad, es por esto que la propuesta se basa en la utilización adecuada de nuevos elementos

y aditivos que ayuden a mejorar los tiempos de producción y la calidad de los servicios.

En el campo de ingeniería de operaciones y mejora de procesos existen formas de innovar y optimizar las operaciones, el grado de innovación y optimización en los procesos se puede realizar mediante el cambio de gestión, fabricación y automatización de la producción.

Anteriormente se realizó un análisis mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados, se tomaron criterios como costos, adaptabilidad e implementación, la **originalidad** de la propuesta implica que se la más económica, y su aplicación rápida y fácil, esto se lograra con la tecnificación del proceso y utilización adecuada de materia prima como es la pintura en polvo.

El principal **beneficiario** es la empresa Reypel, esta pertenece al grupo de las medianas empresas es decir sus recursos se tornan todavía limitados, en la actualidad el país afronta una crisis económica, por esta razón la propuesta realizada tiene como principal característica el ahorro de recurso económicos, anteriormente se realizó una ponderación con otro tipo de alternativas que serían muy costosas para la empresa y representarían la para obligada de los procesos que a la fina se resumen en pérdidas de dinero.

De acuerdo, con la **misión y visión** de la empresa Reypel, que es asegurar la conformidad del cliente y la mejora continua de la organización, la propuesta se direcciona a mejorar un proceso que posee una pérdida de tiempo y retrasos en las operaciones esto guarda una relación directa con los objetivos actuales y futuros.

Desarrollo de la propuesta

Método de ponderados corregidos

Este método se utiliza para tomar decisiones entre varias soluciones, y evaluar de una manera sencilla y rápida parámetros de cada propiedad, permite obtener

resultados significativos, basándose en tablas donde se relacionan los criterios y las alternativas según Riba C. (2002).

- 1 Si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; $>$) que el de las columnas (Riba, 2002, p. 60).
- 0,5 Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas (Riba, 2002, p. 60).
- 0 Si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; $<$) que el de las columnas (Riba, 2002, p. 60).

Para la aplicación de esta metodología, en este caso de estudio se presenta a continuación, las alternativas que podrían solucionar la pérdida de tiempos innecesarios y mejora del proceso de pinturas electrostática, para esto se tomó en cuenta tres alternativas.

Alternativa 1: Restructuración de la planta (cambio de posición de los procesos)

Alternativa 2: Tecnificación del proceso (cambio de la manera de realizar el proceso)

Alternativa 3: Adquisición de nuevos equipos y elementos.

Los criterios mediante los cuales las alternativas serán valoradas, serán determinantes para la selección, y se consideran los siguientes.

- a) Costo, la pérdida de tiempos y falta de eficiencia en el proceso de pintura actualmente está generando la pérdida de recursos económicos a la empresa, la alternativa debe presentar una relación mayor a uno entre costo de solución/costos por pérdida de tiempos perdidos.
- b) Implementación, la alternativa debe implementarse de una manera eficiente, rápida, fácil y con la menor utilización de recursos financieros.
- c) Duración, el tiempo en el proceso de mejora de operaciones del área de pintura electrostática, es muy importante, debido a que la empresa tiene

una planificación de producción en serie y representaría pérdidas económicas.

Luego de haber planteado los criterios y alternativas se analiza la información con los siguientes pasos:

1. Evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 22: Tabla de pesos específicos

TABLA DE PESOS ESPECIFICOS					
Costo > Implementación > Duración					
Criterio	Costo	Implementación	Duración	$\sum + 1$	Ponderado
Costo		1	1	3	0,5
Implementación	0		1	2	0,333333333
Duración	0	0		1	0,166666667
			Suma	6	1

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

2. Después se procede a realizar la evaluación del peso específico de cada criterio.

Tabla 23: Tabla de criterio costo

Alternativa 2 > Alternativa 1 = Alternativa 3					
Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum + 1$	Ponderado
Alternativa 1		0	0,5	1,5	0,25
Alternativa 2	1		1	3	0,50
Alternativa 3	0,5	0		1,5	0,25
			Suma	6	1

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

Tabla 24: Tabla de criterio implementación

Alternativa 2 > Alternativa 1 = Alternativa 3					
Implementación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum + 1$	Ponderado
Alternativa 1		0	0,5	1,5	0,25
Alternativa 2	1		1	3	0,50
Alternativa 3	0,5	0		1,5	0,25
			Suma	6	1

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

Tabla 25: Tabla de criterio duración

Alternativa 2 > Alternativa 1 = Alternativa 3					
Duración	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\sum + 1$	Ponderado
Alternativa 1		0	0,5	1,5	0,25
Alternativa 2	1		1	3	0,50
Alternativa 3	0,5	0		1,5	0,25
			Suma	6	1

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

3. Finalmente se realiza la tabla de conclusiones, para la realización de esta se utilizaron las siguientes ecuaciones.

Se tomó el criterio de duración de la alternativa 1, respecto a la alternativa 3, se obtuvo una igualdad en las ponderaciones que es igual a 0,5.

Entonces se suman todas las ponderaciones y dan un igual a 1.5, ese valor posteriormente se calculará para la **Tabla 26** el ponderado igual a

$$\text{Ponderación Alternativa 1 respecto duración} = 0.25 * 0.16 = 0.04$$

La sumatoria de todas las ponderaciones de la alternativa 1, en los criterios tomados será de 0.25, y de acuerdo a este resultado se dará prioridad a las opciones planteadas.

Tabla 26: Tabla de conclusiones

TABLA DE CONCLUSIONES					
CONCLUSION	Costo	Implementación	Duración	\sum	Prioridad
Alternativa 1	0,13	0,08	0,04	0,25	2
Alternativa 2	0,25	0,17	0,08	0,50	1
Alternativa 3	0,13	0,08	0,04	0,25	3

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

En la **Tabla 26**, se concluyó que la alternativa 2 obtiene la más alta puntuación, seguida de la alternativa 1 y 3 que obtuvieron una ponderación igual, los criterios

planteados ayudaron tomar la decisión de proponer la tecnificación del proceso para la pintura de motopartes basculantes para motos.

En los costos se determinó que la opción 2 es la mayor debido a que el cambio de solución en todos los procesos de pintura electrostática representa menor valor económico que reestructurar la planta o comprar nuevos equipos.

En la implementación, la alternativa dos es la más rápida, fácil y versátil, las otras dos alternativas representan tiempos en adquisición, adecuación y pruebas de protocolo para su implementación.

En la duración, la alternativa 2 permitirá que el proceso continúe ejecutándose, teniendo la mejora de los procesos secuencialmente, cambiando el contenido de las mezclas, tecnificando los procesos y reduciendo tiempo en las operaciones.

Factibilidad

La propuesta planteada tiene como objetivo solucionar la baja productividad en los procesos de pintura electrostática de la empresa Reypel, es proyecto es muy factible debido a que mediante la implementación de un metodología de cómo realizar las cosas de una manera técnica, se pretende cambiar soluciones, tiempos en los procesos y reducir a una sola espera, que sería el tiempo en stand by de los equipos, y aprovechar a su máximo todos los recursos que intervienen en el proceso como humano, infraestructura y tiempos.

Tecnológica

La propuesta planteada tiene una base tecnológica en la utilización de nuevos y adecuados materiales en el proceso de pintura electrostática, la pintura en polvo utilizada actualmente no cumple con los requerimientos que necesita una motoparte basculante, además que el tiempo de curado es muy extenso, la utilización de pintura en polvo de tipo epoxi, complacerá todos los requerimientos en el elemento, como se indicó en el anterior capítulo, este tipo de pintura se ha desarrollado debido

a los avances tecnológicos, esto ha reducido el tiempo de curado y será muy factible para el proceso, debido a que aumentara su productividad y eficiencia.

Organizacional

La mejora de propuesta no solo se manifiesta en la parta tecnológica, también se propone un diagrama de flujo que disminuye la cantidad de funciones para la ejecución del proceso de pintura electrostática, las nuevas formas de gestión implican sistemas de calidad y gestión de los procesos, para mejorar y realizar de una manera inteligente y eficaz.

Ambiental

Los barnices en polvo son más amigables con el medio ambiente según cita en un artículo de FUNDACIÓN ENTORNO, (1998), comparándolas con la pinturas de base disolvente, esta tiene ventajas como el desperdicio mínimo de materia prima y el polvo se puede reutilizar, esta ventaja demuestra que la propuesta es factible respecto al medio ambiente.

Económica

La factibilidad económica es muy amplia en la utilización de pintura electrostática, de acuerdo con datos obtenidos de la empresa Reypel, el servicio de pintado de las motopartes basculantes es el de mayor demanda, esto implica que es el proceso más utilizado en la organización, optimizar y reducir los recursos empleados le ahorrara dinero a la empresa.

Legal

La normativa legal en base a la pintura en polvo o barniz en polvo en el Ecuador, existe la INEN 1018

Se citará al REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 1018 “PINTURAS”.

“Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los requisitos que deben cumplir las pinturas, con el propósito de prevenir riesgos para la salud, la vida y seguridad humana, el medio ambiente; así como evitar la realización de prácticas que puedan inducir a error y provocar perjuicios a los usuarios finales, garantizando el uso adecuado del producto y la calidad de los mismos”.(Expertos Exterior, 2016, p. 1)

Programación

Para la programación se realizó un diagrama de Gantt, utilizando el software Microsoft Project, las actividades que se realizarán se dividirán de acuerdo al esquema oficial que utiliza la Universidad Indoamérica, para la realización de documentos de titulación.

El siguiente proyecto se dividirá en las siguientes etapas indicadas en la **Figura 29**.

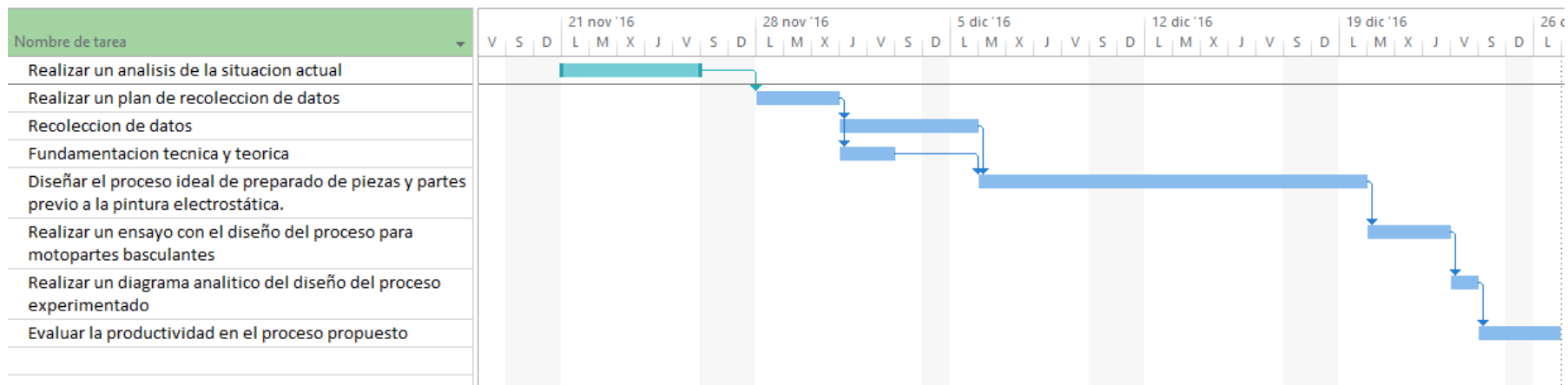


Figura 29: Programación Proyecto.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Actividades

Las actividades se realizaron desde el lunes 21 de Noviembre y finalizaron el día 22 de diciembre del 2016, considerando las en prototipos de 10 unidades de acuerdo a la disponibilidad de espacio proporcionado por la empresa.

- Se procede a analizar de manera visual el proceso actual considerando todas las variables que pueden ser mejoradas en el tiempo.
- Se buscan alternativas para poder tomar los datos importantes en una corrida piloto, considerando que no se puede utilizar el 100% de la jornada de trabajo.
- Para la recolección de datos se utiliza una persona de planta que ayudara a recopilar datos en varias instancias del proceso.
- Se analiza varias características de insumos para la aplicación formas y fórmulas para mejorar el proceso.
- Se analiza varias alternativas para preparar las motopartes, pinturas, y procesos para mejorar lo que se tiene actualmente.
- La realización de la corrida piloto se realiza en tres días, con basculantes de Motor 1.
- Seguidamente se propone alternativas de los diagramas de proceso que pueden ser aplicados.
- Seguidamente y para finalizar con los datos obtenidos se analiza los tiempos de una muestra con 10 piezas con todas sus etapas.

Análisis de ruta crítica

El análisis de la ruta crítica e importante para determinar las actividades más vulnerables para crear un cuello de botella, también se puede determinar si existe holgura en las diferentes actividades, la metodología que se utilizara es el PERT, para el cálculo indica las siguientes variables.

El método PERT (Project Evaluation and Review Techniques) es un esquema donde se puede encontrar todas las actividades y secuencia de las mismas, también indica holgura y la ruta crítica. El resultado será un cronograma para el proyecto, en el cual se podrá conocer la duración total del mismo, la ruta crítica y la holgura del proceso, se utilizarán las siguientes ecuaciones.

Tiempo optimista, es el tiempo que el investigador designa a cada actividad de una manera optimista, este debe ser mayor al tiempo esperado.

$$t_o = \text{tiempo optimista}$$

Tiempo esperado, es el tiempo que el investigador designa a cada actividad tomando en cuenta criterios y trabajos anteriormente ya realizados.

$$t_e = \text{tiempo esperado}$$

Tiempo pesimista, es el tiempo que designa el investigador a cada actividad, tomando en cuenta un criterio pesimista, aquí se puede tomar en cuenta retrasos y pérdida de tiempo en el proceso, este siempre debe ser menor que el tiempo esperado.

$$t_p = \text{tiempo pesimista}$$

La duración, es el tiempo calculado mediante el método PERT, el cual utiliza la siguiente ecuación.

$$\text{duración} = t = \frac{t_o + 4 * t_e + t_p}{6} \quad (13)$$

Anteriormente se indicó las actividades para este proyecto, para esquematizar y realizar los cálculos se realizó la **Tabla 27** .

Tabla 27: Cálculo ruta crítica

CÓDIGO	Actividad	Actividad precedente	to (días)	te (días)	tp (días)	t
A	Realizar un análisis de la situación actual		3	5	7	5
B	Realizar un plan de recolección de datos	A	1	3	5	3
C	Recolección de datos	B	1	4	5	4
D	Fundamentación técnica y teórica	B	1	2	3	2
E	Diseñar el proceso ideal de preparado de piezas y partes previo a la pintura electrostática.	C; D	8	10	12	10
F	Realizar un ensayo con el diseño del proceso para motopartes basculantes	E	1	3	5	3
G	Realizar un diagrama analítico del diseño del proceso experimentado	F	1	1	2	1
H	Evaluar la productividad en el proceso propuesto	G	1	2	3	2

Fuente: Propia**Elaborado por:** El Investigador**Tabla 28:** Resultados de ruta crítica

CÓDIGO	Actividad	Actividad precedente	t(días)
A	Realizar un análisis de la situación actual		5
B	Realizar un plan de recolección de datos	A	3
C	Recolección de datos	B	4
D	Fundamentación técnica y teórica	B	2
E	Diseñar el proceso ideal de preparado de piezas y partes previo a la pintura electrostática.	C; D	10
F	Realizar un ensayo con el diseño del proceso para motopartes basculantes	E	3
G	Realizar un diagrama analítico del diseño del proceso experimentado	F	1
H	Evaluar la productividad en el proceso propuesto	G	2

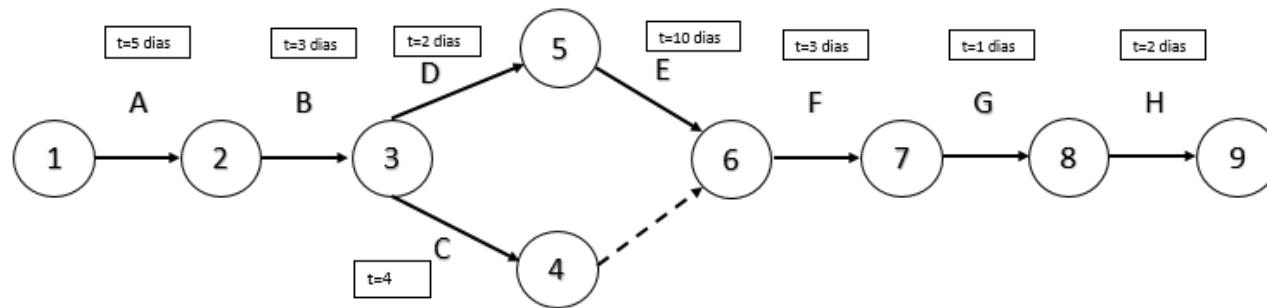
Fuente: Propia**Elaborado por:** El Investigador

Finalmente, se procede a realizar el esquema de diagrama PERT para identificar la ruta crítica y si existe holgura entre cada actividad.

En este esquema se pueden observar las actividades, para este caso se tendrá actividades que se realizaran en serie y otras en paralelo, para diagramar las actividades existen las siguientes reglas

Regla 1: todas las actividades se representan mediante un círculo.

Regla 2: Cada actividad debe estar identificada por dos nodos distintos. En el caso de existir actividades concurrentes (que inicien al mismo tiempo), como en el caso de las actividades C y D se procede a llenar con los tiempos distintos en los recuadros dentro del círculo de esta manera se puede identificar la holgura y la ruta crítica.(ingenieriaindustrialonline, 2017)



FIP	FTP
FIL	FTL
HOLGURA	

FIT FECHA DE INICIO MAS PRXIMA
FITP FECHA TERMINACION MAS PROXIMA

FIL FECHA DE INICIO MAS LEJANA
FTL FECHA DE TERMINACION MAS LEJANA

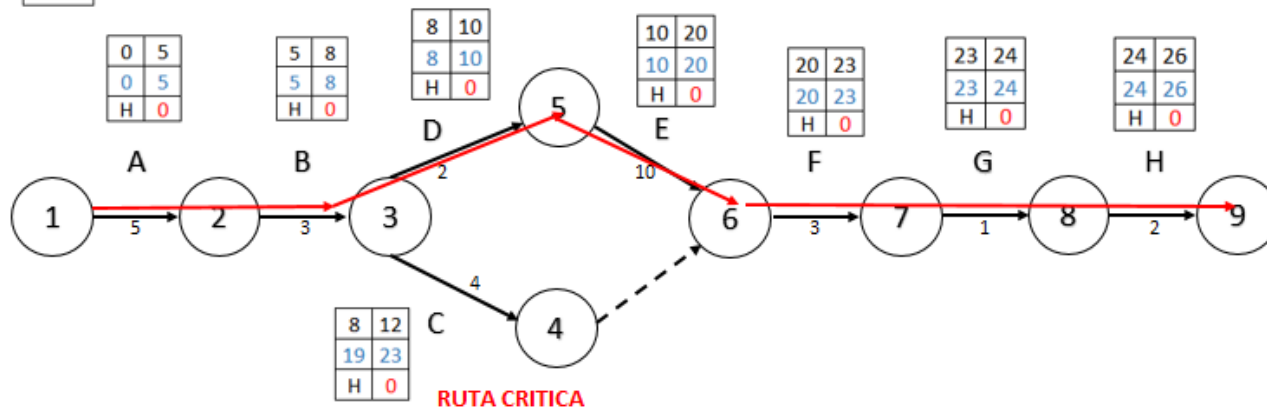


Figura 30: Método PERT.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Modelo operativo

Desarrollo de la propuesta

De manera general se enfocará en el proceso de pintura electrostática en las motopartes basculantes. Se ha realizado un diagrama general indicado en el siguiente diagrama de procesos de la situación actual lo que se pretende es comparar con la propuesta realizada por el investigador.

Proceso de pintura electrostática

Levantamiento del proceso de pintura electrostática.

El proceso se levanto de una manera descriptiva y conceptual tomando como referencia documentos antes realizados con este tema e información recolectada de la empresa Reypel.

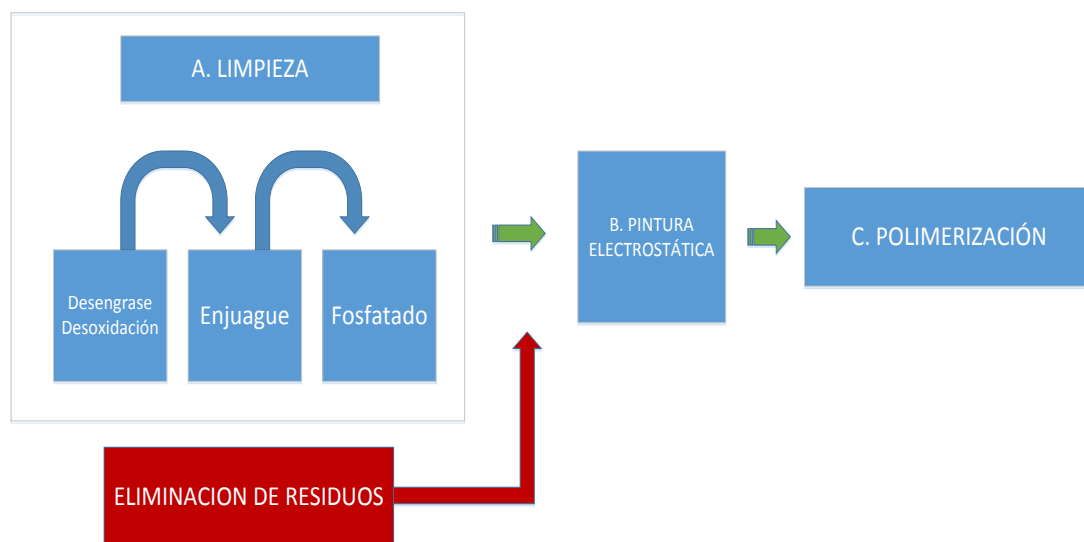


Figura 31: Levantamiento del proceso.

Elaborado por: El investigador

FLUJOGRAMA DE PROCESO DE PINTURA ELECTROESTÁTICA

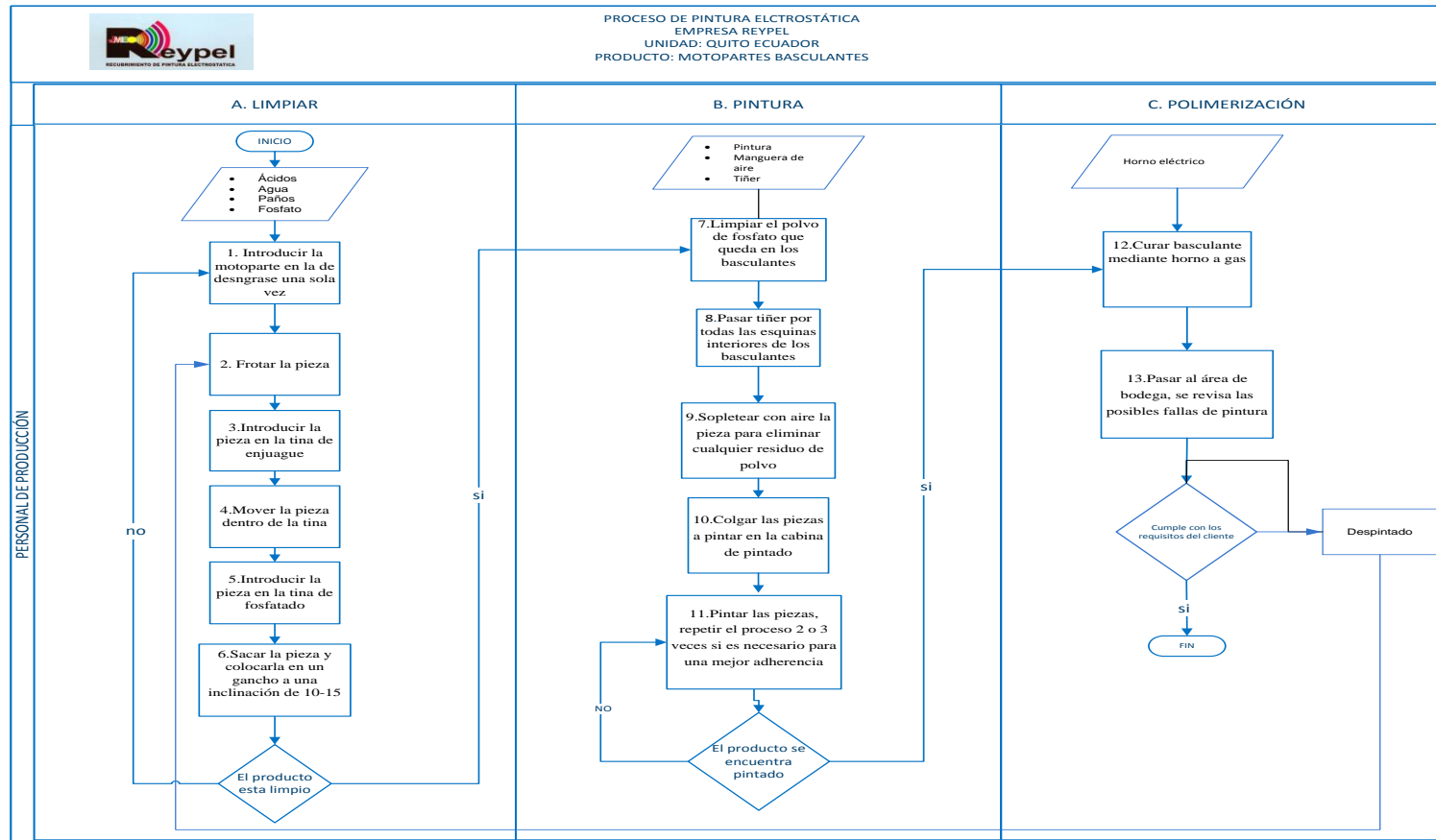


Figura 32: Flujograma del proceso de pintura-motoparte.

Elaborado por: El investigador

DESCRIPCIÓN DE LEVANTAMIENTO DE PROCESOS

PROCESO DE PINTADO ELECTROSTÁTICO

A. Limpieza

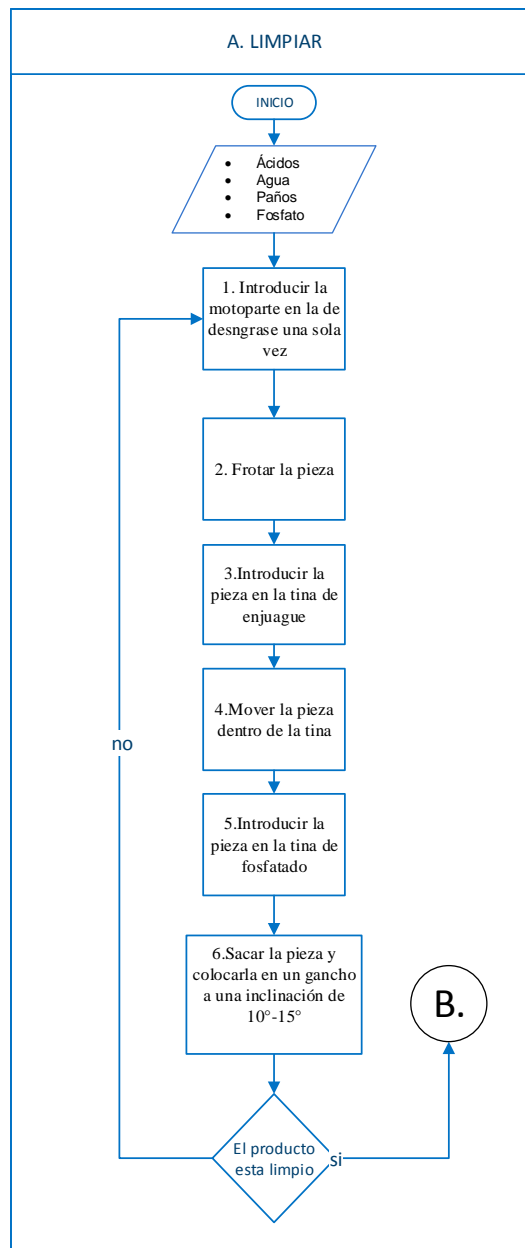


Figura 33: Flujograma Limpieza.

Elaborado por: El investigador

Las piezas que serán sometidas al proceso de pintado electrostático deben cumplir condiciones de limpiezas. Estas condiciones deben garantizar que las piezas presenten superficies estables, limpias, libres de polvo, óxido y suciedad, así como también perfectamente desengrasadas. El tratamiento de pre limpieza y fosfatado de las piezas asegurarán la perfecta adherencia de la pintura y a su vez se garantiza la calidad del proceso de pintado electrostático.

Las tinas utilizadas en el proceso de pintado electrostático son valoradas en función de la acidez total y libre. Se propone la aplicación de nuevos químicos que disminuyan los tiempos del proceso:

Para el área de pintura se tendrá tres tinas las cuales cumplen con las siguientes tareas:

- Desengrase
- Enjuague
- Fosfatado

Tina de desengrase

Para el desengrase se utilizará el químico Bonderite C-AK 907 ALKALINE CLEANER (conocido como Parco cleaner 907), a continuación, se presenta la tabla técnica del producto tomado de la ficha técnica indicada en el ANEXO 7.

Tabla 29: Propiedades Bonderite C-AK 907 ALKALINE CLEANER

Químico	Preparación por 100 galones
BONDERITE C-AK 907 (known as PARCO CLEANER 907)	4 a 15 galones
Operación:	Control:
Alcalinidad libre	5.4-20.4 puntos (ml)
Temperatura	140°F a 170°F
Tiempo del proceso	
Inmersión	1-5 minutos inmersión

Fuente: Bonderite C-AK907

Elaborado por: El Investigador

La empresa Reypel cuenta con tinas de 2.44 x 1.20 x 1.20 [m] de dimensiones, para el cálculo del volumen se realizará de la siguiente manera.

Ancho: 1.2 [m]

Alto: 1.2 [m]

Profundidad: 2.44 [m]

Luego con la ecuación del volumen de un cubo que es igual a,

$$V = Ancho * Alto * Profundidad \quad (14)$$

Entonces el volumen de las tinas será igual a

$$V = 2.44 * 1.2 * 1.2 = 3.51m^3$$

Para facilidad de cálculo, debido a que las especificaciones técnicas del Bonderite C-AK 907 ALKALINE CLEANER, se encuentran en unidades inglesas se realizara una conversión de unidades de metros cúbicos a galones

$$V = 3.51m^3 * \frac{1 \text{ gal}}{3.785lt} * \frac{1000lt}{1 m^3} = 927.34 \text{ gal.}$$

$$V = 948.64 \text{ galones}$$

Para el cálculo de la cantidad de Bonderite C-AK 907 que se necesita agregar en la tina de desengrase, se realizará con la siguiente ecuación.

Para esto utilizaremos una simple regla de tres ya que la concentración del desengrasante tiene una tendencia lineal directa de acuerdo al manual del fabricante indicado en el Anexo 7, de acuerdo a las especificaciones técnicas tenemos.

Para 1000 galones de agua \longrightarrow 15 galones de desengrasante

948.64 galones de agua \longrightarrow x

$$X_{\text{Cantidad de bonderite}} = 15 \text{ galones} * \frac{927.34}{1000} = 13.91 \text{ galones}$$

Entonces se utilizará 13.91 galones de químico para el proceso de desengrase.

En esta tina se ejecuta el tratamiento para eliminar los residuos de aceites y grasas que se encuentran en la superficie de las piezas. Antes de proceder al enjuague, fosfatado y pintado, es muy importante el desengrase porque sin esto pueden quedar finísimas películas de grasa, lo que formaría un recubrimiento de mala adherencia e incluso podría impedir la formación de la película.

Tabla 30: Parámetros de desengrase

	Procedimiento	Tiempo	Parámetros de la tina
INMERSION	Introducir en la tina una sola vez	Por un tiempo de 3min	Medir parámetros de acidez libre
PROCESO MECÁNICO (Restregar)	Frotar la pieza	Por un tiempo de 3min	
CAMBIO	Pasar a la siguiente tina	Por un tiempo de 3min	

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Tina de enjuague

El enjuague tiene como objetivo remover cualquier material soluble en agua que se encuentre adherido a la superficie de la pieza mediante un proceso de dilución. Cualquier adherencia de residuo tendrá un efecto negativo en las operaciones siguientes.

En esta tina se coloca agua hasta que el volumen del líquido llega a un nivel de 1 m de altura por facilidad para los operadores de producción.

Tabla 31: Parámetros de la tina

	Procedimiento	Tiempo	Parámetros de la tina
INMERSION	Introducir en la tina	Por un tiempo de 2-5 min (tiempo en que se sacude la pieza)	
PROCESO MECÁNICO	Mover la pieza dentro de la tina	Varias veces, introduciendo y sacando.	
CAMBIO	Pasar a la siguiente tina.		

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Tina de fosfatado

El proceso de Fosfatado o Fosfatación es una forma de pasivación de una superficie metálica. Es importante que las piezas metálicas, principalmente de acero tengan recubrimientos fosfatados, debido a que éstos previenen la corrosión y mejoran la lubricación durante el proceso de pintado al que va a ser sometido la pieza posteriormente, se utilizara BONDERITE M-ZN 37 ZINC PHOSPHATE, de acuerdo a la ficha técnica indicada en el ANEXO 8 del elemento se obtuvo las siguientes propiedades y manera de aplicación.

Tabla 32: Propiedades BONDERITE M-ZN 37 ZINC PHOSPHATE

Aplicaciones	Revestimientos de conversión de zinc
Método de aplicación	Inmersión, Spray
Contenido	Manganese, Nickel
Tipo de Cristal	Micro
Rango de temperatura de inmersión (° C)	60 to 77
Rango de tiempo de inmersión	2 to 4 min.
Substratos	Metal: Ferrous
Tecnología	Zinc Phosphate

Fuente: (HENKEL, 2017)

Elaborado por: El Investigador

Esta mezcla de agua con Bonderite se le realiza a la pieza por inmersión, esta tina contiene una dilución 1:10, es decir, una parte agua (litros) y 10 partes del producto BONDERITE M-ZN 37 ZINC PHOSPHATE.

Tabla 33: Parámetros de la tina de fosfatado

	Procedimiento	Tiempo	Parámetros de la tina
INMERSIO N	Introducir en la tina	Por un tiempo de 2-4 min, depende de la concentración de la tina Tiempo ideal 3 min	Medir parámetros de acidez libre y acidez total
	Sacar la pieza y colocarla en un gancho a una inclinación de 10-15°	Varias veces, introduciendo y sacando.	

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

B. Pintura

Descripción de la pintura electrostática (pintura en polvo)

La pintura en polvo debe ser aplicada con un equipo especial (pistola electrostática), la cual se carga eléctricamente.

Las piezas previamente tratadas al ser rociadas con las partículas de pintura en polvo adquieren un equilibrio de carga estática y al ser calentadas en el horno durante el proceso de polimerización, estas partículas se transforman en revestimiento continuo.

El resultado es un revestimiento uniforme, de alta calidad, adherido a la superficie, atractivo y durable. Implementar la pintura en polvo electrostática tiene varias ventajas como: la eficiencia, eficacia y efectividad de la aplicación, el hecho de que no son inflamables, la reducción de área en el deposito siendo comparativo con las mismas proporciones de pintura líquida, la reducción de costos en la deposición de los residuos generados durante el proceso, el reciclaje del 95% de la pintura que no queda aplicada a la pieza, ser menos peligrosa para la salud de los

operarios en comparación con la pintura líquida y finalmente el hecho de tener una resistencia fisicoquímica muy superior frente a impactos, rayones, dobleces y agentes químicos. (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012, p. 70)

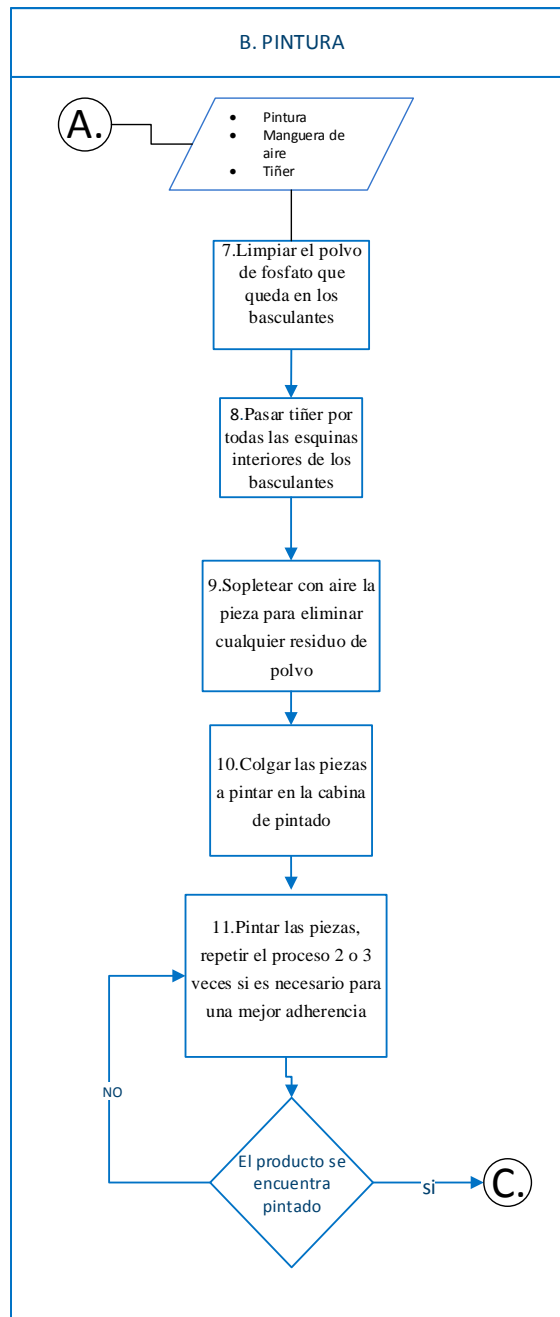


Figura 34: Flujograma Pintura.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Composición de la pintura electrostática

Está compuesto de resinas sintéticas, endurecedores, aditivos, pigmentos y cargas, que dependiendo de los porcentajes en que se presenten causan diferentes características propias a la pintura como lo son el color, la resistencia, la flexibilidad y el acabado.(Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012, p. 71)

La composición de la pintura es muy variada y no se puede obtener 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.(Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012, p. 71)

La base de la pintura son las resinas, estas se encargan 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 éste porcentaje es directamente proporcional en el aumento de las propiedades que tiene la pintura.(Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012, p. 71)

De acuerdo al tipo de resina que se necesite para las diferentes aplicaciones, también se necesita un endurecedor definido. Los endurecedores son compuestos que reaccionan con las resinas para que se dé la polimerización.

El endurecedor se puede asumir como un valor constante, no tiene muchas posibilidades de variación dentro de las pinturas.

En cuanto al color de la pintura los encargados son los pigmentos. Específicamente para este compuesto la formulación porcentual es similar a la de la pintura líquida, debido al color exacto que se requiere tiene sus porcentajes determinados en los colores que lo conforman. La pintura electrostática debe

soportar y no decolorarse ante las altas temperaturas a las que se someten el proceso de polimerización es por esto que los pigmentos que se utilizan deben ser especiales.

Las cargas son los elementos que brindan al producto final importantes propiedades mecánicas como la resistencia al impacto, también ayudan en la eliminación del exceso de brillo que puedan dejar las resinas en la pintura. Por último, los aditivos están encargados del aspecto y del acabado de la pintura, para que sea de manera prolija y homogénea y son el componente de menor porcentaje dentro de la pintura. (Montenegro León & Tixe Bustamante, 2012, p. 72)

Aunque existe una gran cantidad de posibilidades que se pueden generar variando los porcentajes de los componentes de la pintura electrostática, en la actualidad existen tres tipos de pintura comercial en el mercado: el epoxi, la poliéster- Tgic, y el epoxi/poliéster (hibrida).

La pintura epoxi es la recomendada para que se utilice la empresa Reypel en el futuro, esta pintura es ideal para elementos que se encuentran en la superficie y están expuestos a golpes por presentar alta resistencia mecánica, estas propiedades se tomaron de la ficha técnica de la empresa EPRISTINTA indicado en el ANEXO 9.

Tabla 34: Propiedades epoxi

Color	de acuerdo con la muestra
Brillo Glossmeter 60°	0 -100 unidades
Embutido	3- 8 mm - sin rajaduras /fisuras
Adherencia C. Grade	Gr-0
Flexibilidad M. Cónico	sin rajaduras/fisuras
Impacto	mínimo 20 Kgf.cm - sin rajaduras/fisuras
Dureza Lápiz	mínimo HB
Resistencia a la MEK	1 minuto – Satisfaz
Niebla Salina	25-75
ESPESOR (ISO 2360)	1000 horas - descascarado máximo de 3 mm en el corte
Cámara húmeda	1000 horas - descascarado máximo de 3 mm en el corte

Fuente: (EPRISTINTA, 2017)

Elaborado por: El investigador



Figura 35: Curva de curado epoxi.

Elaborado por: El investigador

MÉTODO DE APLICACIÓN DE LA PINTURA ELECTROSTÁTICA.

En este proceso la pintura es aplicada por equipos especializados que se encargan de transportar la pintura mediante mangueras hasta la pistola de aplicación, esto lo hace a través de un sistema de vacío creado por aire comprimido a alta velocidad. La pistola de aplicación carga eléctricamente la pintura con voltajes aproximados a los 90.000V y bajísimo amperaje para anular la posibilidad de que se genere un choque eléctrico. Se sugiere que la distancia de aplicación entre la pieza que va a ser recubierta y la pistola sea de 200mm a 300mm para que no sea afectada la eficiencia de transferencia, también se debe tomar en cuenta las siguientes características sobre la entrada de energía:

Entrada de Energía

A través del panel de control del equipo la entrada de energía se da en bajo voltaje (220v). La cascada multiplica la potencia, transformando los 220v en 6000v, el electrodo transfiere la carga electrostática para la pintura y el aire de transporte, es ionizado y la carga es distribuida tanto para las partículas de pintura como para las moléculas de aire.

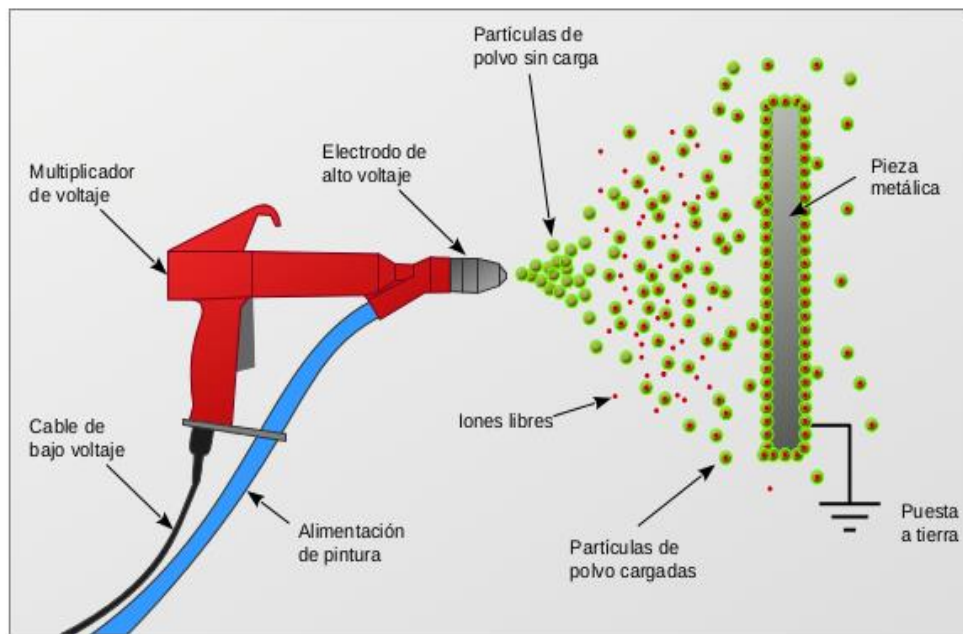


Figura 36: Aplicación pintura.
Elaborado por: El investigador

C. Polimerización

Proceso de polimerización en la pintura electrostática

El proceso de polimerización o también conocido como curado, consiste en activar la reacción química del sistema de resinas por medio de calor, esto hace referencia a las condiciones de horneado de la pieza pintada con pintura en polvo. Si se desea ser óptimo en el pintado de las piezas, es necesario respetar las condiciones de cura establecidas por el fabricante de la pintura y también tener en cuenta que los parámetros necesarios a la hora de considerar la implementación de un horno o la reforma de uno existente son la temperatura y el tiempo.

Es muy importante respetar los rangos establecidos sobre el curado de las piezas puede traer consecuencias como cambio de color, disminución de brillo, manchado y disminución en las propiedades mecánicas.

Especificaciones técnicas Horno eléctrico

Las especificaciones técnicas de este horno fueron tomadas teniendo en cuenta los escenarios requeridos dentro de la referencia que más se ajusta a las necesidades de un horno de curado para la industria de elevadores. A continuación, se describe las características óptimas.

Tabla 35: Especificaciones del horno Eléctrico

	Descripción
Dimensiones (m)	3x1,5x1,5
Temperatura Máximo(°C)	320
Sistema de apagado	Manual
Sistema de encendido	Manual
Control de temperatura	Análogo
Tipo de Alarma	Luz
Potencia (KW)	350
Consumo de energía (KW/h)	7.86
Tiempo de curado (min)	40-60

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

El horno se apagará cuando llegue a una temperatura determinada, por lo que es necesario esperar hasta que la temperatura baje y se mantenga entre los 75-80°C.

Una vez establecidos los tiempos óptimos en el proceso de pintura electrostática se realizará un diagrama analítico de la propuesta, donde se puede observar los tiempos experimentales en la ejecución del proceso diseñado para las 150 motopartes basculantes.

Para la toma de datos para la realización del diagrama indicado en el ANEXO 6, se utilizó como instrumento de medición el cronometro y se realizaron los cambios de mezclas en las operaciones siguientes.

Desengrase: se utilizó Bonderite C-AK 907 ALKALINE CLEANER.

Fosfatado: se utilizó BONDERITE M-ZN 37 ZINC PHOSPHATE.

Pintura: Se utilizó pintura en polvo de tipo epoxi, la cual tiempo un tiempo menor de curado que la utilizada en la situación actual, y las propiedades correctas para la aplicación de motopartes basculantes.

Finalmente, con estos cambios anteriormente mencionados se obtuvieron los tiempos indicados en la **Tabla 40**.

Análisis: El diagrama analítico del proceso propuesto, ha sido comprobado mediante experimentación, esta propuesta para el proceso de pintura electrostática en las motopartes basculantes consta de 13 pasos, se diseñó un proceso en serie con el menor tiempo de paras posibles, también se aprovechó toda la infraestructura de la planta , en conclusión se obtuvo un tiempo menor al actual, debido a la reducción de tiempos de espera y a la utilización de manera técnica y adecuada, de insumos en el proceso de desengrase y fosfatado.

El cambio de tipo de pintura también fue una optimización de tiempo, debido a que se redujo el tiempo de curado y se consiguió mejor las propiedades y garantías de la pintura, finalmente en general el proceso es eficiente y optimiza la materia prima, a continuación, se presenta una tabla resumen de los tiempos del proceso.

Tablas de resumen experimental

A. LIMPIEZA

Justificación de la propuesta

Para la justificación de la mezcla en el proceso de desengrase se realizó un banco de pruebas con 10 prototipos y se obtuvieron los resultados indicados en la siguiente tabla, toda la prueba tiene una duración de 93 minutos de acuerdo a la **Tabla 40**, la empresa Reypel aprobó la realización de pruebas por dos días laborables, para la utilización de las instalaciones y equipos de este proceso para esto se calculó el

número de pruebas que se pueden realizar durante 2 días laborables de 8 horas diarias entonces se obtuvo.

$$2 \text{ días laborables} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ día laborable}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 960 \text{ min. laborables}$$

$$\#pruebas = \frac{960 \text{ min. labo.}}{\text{tiempo de prueba}} * \frac{960 \text{ min.}}{93 \text{ min.}} = 10.3 \text{ pruebas}$$

Análisis

La variación de tiempos oscila dentro de los rangos sugeridos por la especificación de la marca utilizada, considerando que todo el proceso se lo realiza de forma manual.

Tabla 36: Justificación proceso desengrase

BASCULANTE Nº	TIEMPO DE INMERSION TINA DE DESENGRASE (3 MINUTOS)	FROTAR PIEZA (3 MINUTOS)	PASAR A LA TINA DE ENJUAGUE (4 MINUTOS)	MOVIMIENTO DE BASCULANTES (4 MINUTOS)
76	2,9	2,5	3,5	3,5
77	2,5	3,4	3,6	3,5
78	2,8	2,8	3,5	3,8
79	3,1	2,8	3,8	3,8
80	3,1	2,76	3,5	3,5
81	2,8	3,2	3,6	3,8
82	2,8	2,8	3,6	3,8
83	2,8	2,7	3,7	3,5
84	2,6	3	4,2	3,3
85	2,8	2,9	3,8	3,9
PROMEDIO	2,82	2,89	3,68	3,64
TOTAL				13,03

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Interpretación

Las tablas que sugiere el fabricante en lo que a tiempos se refiere están muy cercano a lo que en la práctica se realiza, tomando en cuenta que es una corrida

piloto es necesario realizar ajustes durante los próximos lotes, en donde se podrá visualizar varios aspectos que permitirán mejorar la propuesta planteada.

Fosfatado

Justificación de la propuesta

Para la justificación de la mezcla en el proceso de fosfatado se realizó un banco de pruebas con 10 prototipos y se obtuvieron los resultados indicados en la siguiente tabla.

Tabla 37: Justificación proceso fosfatado

BASCULANTE N°	TIEMPO DE INMERSION (4 MINUTOS)	SACAR BASCULANTE Y COLGAR (4 MINUTOS)	LIMPIAR POLVO DE FOSFATADO (5 MINUTOS)	PASAR THIÑER EN BASCULANTE (3 MINUTOS)
76	3,2	3,5	4,6	2,5
77	3,5	3,2	4,7	2,8
78	3,6	3,4	4,4	2,9
79	3,5	3,5	4,6	2,8
80	3,5	3,2	4,4	2,6
81	3,7	3,3	4,3	2,5
82	3,8	3,4	4,5	2,7
83	3,5	3,8	4,2	2,2
84	3,5	3,5	4,5	2,5
85	3,8	3,4	4,6	2,8
PROMEDIO	3,56	3,42	4,48	2,63
TOTAL				14,09

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

B. PINTURA

Justificación de la propuesta

Para la justificación de la mezcla en el proceso de pintura se realizó un banco de pruebas con 10 prototipos y se obtuvieron los resultados indicados en la siguiente tabla.

Tabla 38: Justificación curado

BASCULANTE Nº	SOPLETEAR BASCULANTES (5 MINUTOS)	COLGAR BACULANTE (5 MINUTOS)	PINTAR BASCULANTE (13 MINUTOS)	CURADO DE BASCULANTE (40 MINUTOS)
76	4,5	4,3	12,5	40
77	4,7	4,5	12,8	40
78	4,8	4,8	12,5	40
79	4,8	4,7	12,1	40
80	4,6	4,8	12,5	40
81	4,7	4,5	12,3	40
82	4,8	4,5	12,5	40
83	4,5	4,5	11,8	40
84	5,8	4,5	12,5	40
85	4,5	4,8	12	40
PROMEDIO	4,77	4,59	12,35	40,00
				61,71

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador







Tabla 39: Resumen de tiempos propuestos

RESUMEN	
OPERACIÓN	TIEMPO (min)
TIEMPO DE INMERSION TINA DE DESENGRASE (3 MINUTOS)	2,82
FROTAR PIEZA (3 MINUTOS)	2,89
PASAR A LA TINA DE ENJUAGUE (4 MINUTOS)	3,68
MOVIMIETO DE BASCULANTES (4 MINUTOS)	3,64
TIEMPO DE INMERSION (4 MINUTOS)	3,56
SACAR BASCULANTE Y COLGAR (4 MINUTOS)	3,42
LIMPIAR POLVO DE FOSFATADO (5 MINUTOS)	4,48
PASAR THIÑER EN BASCULANTE (3 MINUTOS)	2,63
SOPLETEAR BASCULANTES (5 MINUTOS)	4,77
COLGAR BACULANTE (5 MINUTOS)	4,59
PINTAR BASCULANTE (13 MINUTOS)	12,35
CURADO DE BASCULANTE (40 MINUTOS)	40
TOTAL	88,83
Rendimiento de Trabajo por persona (95%)(5%error)	93,3

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Tabla 40: Diagrama analítico del proceso propuesto

ANEXO 6										
DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO										
Diagrama N° 1	HOJA N°1	RESUMEN								
						Actual	Propuesta	Económica		
Objetivo:		Actividad			13					
		Operación								
Pintado		Transporte								
		Espera								
Actividad:		Inspección								
Pintado con pintura electrostática		Almacenamiento								
		Distancia								
Metodo: Actual		Tiempo (min)								
Lugar: Área de pintado		Costo								
Operario(s): 5	Ficha N°	Mano de obra								
Compuesto por		Material								
Aprobado por:										
Fecha: 26/01/2017										
		TOTAL								
Descripción		Cantidad	Distancia (m)	Tiempo (min)						Observaciones
Introducir la pieza en la tina de desengrase una sola vez		150		3	*					
Frotar la pieza		150		3	*					
Introducir la pieza en la tina de enjuague		150		4	*					
Mover la pieza dentro de la tina		150		4	*					
Introducir la pieza en la tina fosfatado		150		4	*					
Secar la pieza y colocarla en un gancho o una inclinación de 10-15°(3 a 5 minutos)		150		4	*					
Deposito provisional de secado		150								
Limpiar el polvo de fosfato que queda en las piezas		150		5	*					
Pasar tñier por todas las esquinas interiores de las piezas		150		3	*					
Sopletear con aire la pieza para eliminar cualquier residuo de polvo		150		5	*					
Colgar las piezas o pintar en la cabina de pintado		150		5	*					
Pintar las piezas, repetir el proceso 2 o 3 veces si es necesario para una mejor adherencia		150		13	*					
Curas piezas mediante horno eléctrico		150		40	*					
Pasar al área de bodega, revisar si existe alguna falla		150			*					
			TOTAL	93						

Fuente: Propia
Elaborado por: El investigador

Cálculos

Finalmente, después de haber realizado la propuesta en reducción de tiempos se puede concluir lo siguiente.

El proceso de pintura electrostática en la empresa Reypel es anti técnico, no cuentan con todos los procedimientos óptimos para su optimización, es por esta razón que se pierden recursos como

- Recursos de materia prima (pintura en polvo) (polvo)
- Recursos del personal operativo (Mano de obra) (USD)
- Tiempo (min.)

Para poder comparar el proceso propuestos con la situación actual, se realizará la **Tabla 41**, donde se puede observar que la reducción de tiempo en el proceso ha sido de aproximadamente 13.7 minutos.

Estos resultados se obtuvieron del diagrama analítico del proceso actual que el tiempo total del proceso es igual a 106.7 minutos, y del diagrama analítico propuesto se obtuvo un tiempo promedio de 93 minutos calculados.

Tabla 41: Resumen mejora

Escenarios	Tiempo (min)	Productividad
Situación actual	106,7	1,41
Propuesta	93,0	1,61

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

El tiempo de propuesta se ha mejorado, al proceso de la situación actual, cabe mencionar que la implementación de la propuesta en todo el proceso no solo optimiza tiempo, también recursos como materia prima y mano de obra.

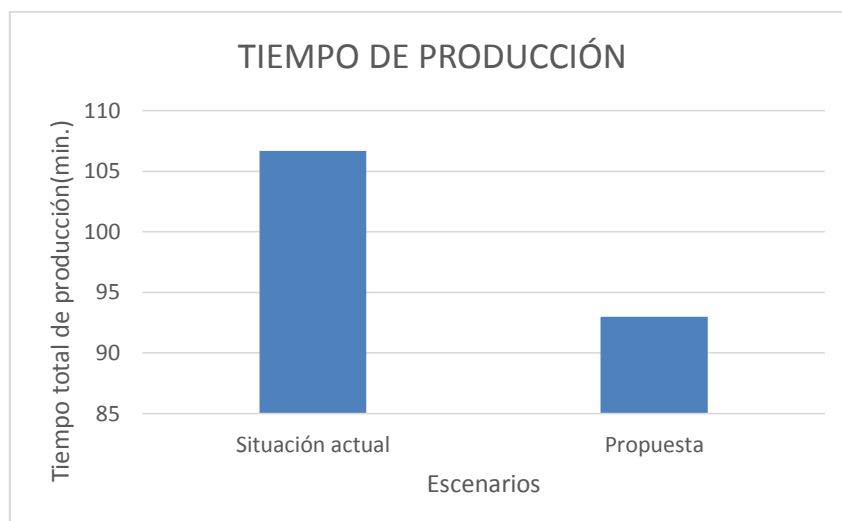


Figura 37: Comparación de tiempos.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

La productividad con la propuesta planteada aumento de 1.41 a 1.61 como se indica en el siguiente gráfico, esto demuestra que el tiempo en el proceso total incide directamente a la productividad aumentando 0.2 unidades, con la disminución del tiempo es decir la variable tiempo total del proceso es inversamente proporcional a la productividad.

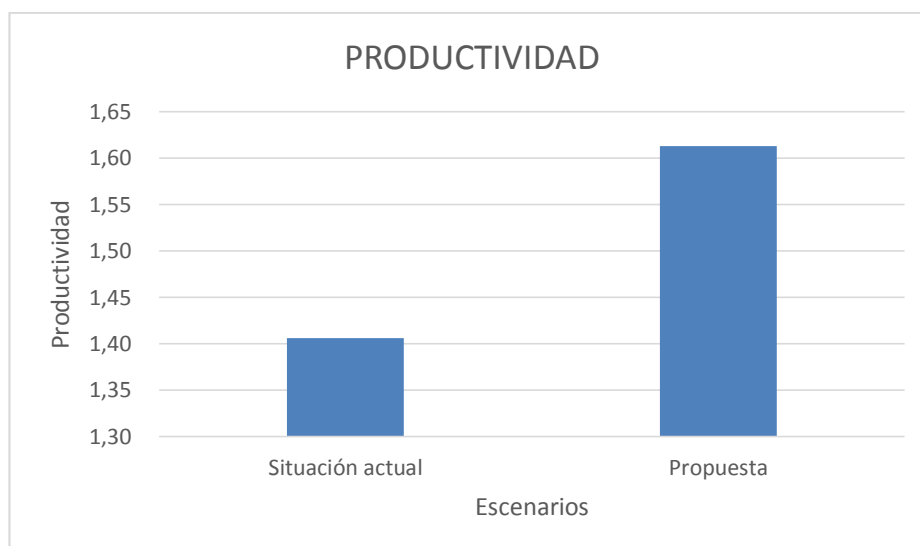


Figura 38: Comparación de productividad.

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

La productividad como se mencionó anteriormente es igual a las unidades producidas, respecto los recursos utilizados, el cálculo se lo realizó con el recurso tiempo promedio y se obtuvo.

$$Productividad_{situación\ actual} = 150/106.7 = 1.41$$

$$Productividad_{propuesta} = 150/93 = 1.61$$

Estudio y Evaluación Financiera

Una vez realizado el diseño del proceso continuo de pintura electrostática, se determinará la factibilidad financiera, tratando de conocer si es o no conveniente la implementación en la planta de servicios de la empresa Reypel.

Para esto se tomará uso, de indicadores mediante métodos como es el cálculo del TIR (Tasa interna de retorno) y VAN (valor actual neto), esto ayudara al alta directiva de la empresa a tomar decisiones, para que el proyecto se vuelva una realidad, la parte financiera es determinante en la ejecución del proyecto, lo que corresponde a esta investigación se tomaran en cuenta solo gastos operativos del proceso de pintura electrostático.(Bargsted & Kettlun, 2016)

Valor Actual Neto (VAN)

Ya definido el valor actual neto en capítulos anteriores, se procedió a determinar los parámetros para aceptar o no un proyecto.

VAN > 0 → El proyecto tendrá beneficios económicos y es factible su realización.

VAN = 0 → No se tendrá beneficios económicos, ni perdida económica.

VAN < 0 → El proyecto no es factible.

Para el cálculo del VAN se utilizó la siguiente ecuación:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} \quad (15)$$

Donde

I: Inversión inicial

Q_n: Flujo de Fondos anuales

n: tiempo del proyecto en periodos

r: tasa de descuento

Tasa de Interés de Retorno (TIR)

Definido como la tasa interna de retorno, es un indicador de viabilidad y factibilidad de un proyecto, para el inversionista el porcentaje de retorno es muy importante, debido a que pretende obtener réditos económicos por dicha inversión, y esto le permite conocer el riesgo, cabe mencionar que a mayor riesgo mayor será la ganancia, para objeto de investigación se determinará parámetros para aceptar, o no la factibilidad del proyecto.

TIR > 11.83% → El proyecto tendrá beneficios económicos y es factible su realización.

TIR < 11.83% → El proyecto no es factible.

El 11.83% corresponde a la tasa de interés del mes de Marzo del 2017, como referencia se tomó la tasa activa efectiva máxima para el segmento productivo PYMES dato de la página principal del Banco central del Ecuador, debido a que la empresa Reypel pertenece a este grupo, y es de 11.83%, como se indica en la **Tabla 42**.

Para el cálculo del TIR se utilizará la siguiente ecuación

$$TIR = \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0 \quad (16)$$

Para la realización del análisis económico se van a determinar los costos operativos en el proceso de pintura electrostática.

Tabla 42: Tasas de interés

Tasas de Interés			
mar-17			
1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES			
Tasas Referenciales		Tasas Máximas	
Tasa Activa Efectiva Referencial	%	Tasa Activa Efectiva Máxima	% anual
para el segmento:	anual	para el segmento:	
Productivo Corporativo	8.58	Productivo Corporativo	9.33
Productivo Empresarial	9.49	Productivo Empresarial	10.21
Productivo PYMES	11.02	Productivo PYMES	11.83
Comercial Ordinario	9.42	Comercial Ordinario	11.83
Comercial Prioritario Corporativo	8.14	Comercial Prioritario Corporativo	9.33
Comercial Prioritario Empresarial	9.83	Comercial Prioritario Empresarial	10.21
Comercial Prioritario PYMES	11.33	Comercial Prioritario PYMES	11.83
Consumo Ordinario	16.85	Consumo Ordinario	17.30
Consumo Prioritario	16.65	Consumo Prioritario	17.30
Educativo	9.49	Educativo	9.50
Inmobiliario	10.67	Inmobiliario	11.33
Vivienda de Interés Público	4.98	Vivienda de Interés Público	4.99
Microcrédito Minorista	27.62	Microcrédito Minorista	30.50
Microcrédito de Acumulación Simple	25.18	Microcrédito de Acumulación Simple	27.50
Microcrédito de Acumulación Ampliada	21.65	Microcrédito de Acumulación Ampliada	25.50
Inversión Pública	7.85	Inversión Pública	9.33

Fuente: Banco Central del Ecuador

Elaborado por: El investigador

Costos operativos (CO)

Como costos operativos se tendrá los siguientes rubros.

Pintura (P): 6.15 USD Kilogramo (Factura del proveedor, Anexo 10)

Mano de obra (MO): 5.51 USD/hora (Certificado Reypel, Anexo 11)

Insumos (CI): 70USD

- Insumos para desengrase
- Insumos para fosfatado

Energía (E)

Para el cálculo de la energía se tomó como referencia el valor vigente en la empresa eléctrica Quito del pliego tarifario para el periodo de consumo: 1-31 de enero del 2016.

$$CE = 1.414USD \text{ KW} - h$$

Entonces para determinar los costos por cada lote de pintura de 150, se realizarán los siguientes cálculos.

Costo pintura (CP)

Para el servicio de pintura a un lote 150 motopartes basculantes se utilizan 5.25 Kg, de acuerdo a certificado otorgado por Reypel, indicado en el Anexo 11.

$$CP = \text{Costo pintura} * 5.25Kg = \$32$$

$$CP = 5.25 \text{ Kg} * 6.15 \frac{USD}{Kg} = 32USD$$

Costo mano de obra (CM)

$$CM = MO * \text{tiempo del proceso propuesto} = 8.54 \text{ USD}$$

$$CM = \frac{5.51USD}{h} * 93min. * \frac{1h}{60min.} = 8.54USD$$

Costo energía (CE)

Para el cálculo del costo de energía se tomó como referencia el costo de energía de Ecuador y el consumo de energía del horno como se observó en la **Tabla 35** el consumo por hora es de 7.86 KW, y el tiempo total de curado en el horno de la propuesta es igual a 60 minutos.

$$CE = CE * Consumo de energía del horno = \$11.08$$

$$CE = 1.41USD/KWh * 7.86KWh = \$11.08$$

Luego de haber calculado el costo de rubros operacionales para un lote 150 motopartes basculantes, se procede a encontrar el costo total de producción del servicio de pintado.

Datos

CP: costo de pintura

CM: costo mano de obra

CE: costo de energía

CI: costo de insumos

$$CO = CP + CM + CE + CI$$

$$CO = 32USD + 8.54USD + 11.08USD + 70USD = 121.62USD$$

Luego de conocer los costos operacionales del lote de 150 unidades del servicio de pintura electrostática, se calculará el costo unitario del servicio.

$$Costo_{unitario} = \frac{121.62USD}{150unidades} = 0.81USD/unidad.$$

Para calcular el precio de servicio al público se tomará como referencia una ganancia del 30% de datos obtenidos actuales de ganancia de la empresa, entonces el precio de servicio al público será igual a

$$Ganancia = \frac{0.81USD}{unidad} * 30\% = 0.24 USD$$

Es decir, el precio del servicio de pintado de la motopartes basculante al público será de igual a

CSP: Costo de servicio al público propuesto

$$CSP = \frac{\$0.81}{unidad} + \frac{\$0.24}{unidad} = \$1.05/unidad$$

Para poder comparar la mejora en los costos se tomó como precio referencial el valor actual del servicio de pintado por unidad de una motoparte basculante que es igual a 1.20USD, como se indica en una proforma otorgada de la empresa Reypel, indicada en el Anexo 12.

Entonces se puede concluir que el costo es menor 49 centavos por unidad de motoparte, respecto al precio actual.

Como se calculó anteriormente el costo de la propuesta es menor al actual, esto puede indicar que la implementación del proyecto sería viable y factible, para esto se realizara un flujo de caja, se utilizaran los datos de demanda indicados anteriormente en la **Tabla 7**, como ejemplo se realizara el cálculo para el mes de enero.

$$Costo_{unitario} = 0.81ctvs.$$

$$Demanda_{enero} = 2850 unidades (Tabla 7)$$

$$Costos\ de\ producción_{ENERO} = \$0.81 * 2850unidades = \$2305.21$$

Para el cálculo del ingreso del mes de enero se tomará en cuenta el precio referencial del servicio por unidad que es igual a \$1.20.

$$INGRESO_{ENERO} = 1.20USD * 2850unidades = 3420USD$$

Tabla 43: Tabla resumen flujo de caja

MES	DEMANDA 2016	COSTO DE PRODUCCIÓN	INGRESO
ENERO	2850	\$ 2.305,21	\$3.420,00
FEBRERO	1800	\$ 1.455,92	\$2.160,00
MARZO	3150	\$ 2.547,87	\$3.780,00
ABRIL	2850	\$ 2.305,21	\$3.420,00
MAYO	2850	\$ 2.305,21	\$3.420,00
JUNIO	2550	\$ 2.062,56	\$3.060,00
JULIO	2550	\$ 2.062,56	\$3.060,00
AGOSTO	3000	\$ 2.426,54	\$3.600,00
SEPTIEMBRE	1650	\$ 1.334,60	\$1.980,00
OCTUBRE	2400	\$ 1.941,23	\$2.880,00
NOVIEMBRE	2100	\$ 1.698,58	\$2.520,00
DICIEMBRE	2250	\$ 1.819,91	\$2.700,00

Elaborado por: El Investigador

Finalmente, se procede a realizar el flujo de caja considerando los datos del año 2016, en donde se observa la rentabilidad que se pudo obtener si el nuevo proceso estaba implantado.

Tabla 44: Flujo de caja

	PRODUCCIÓN ANUAL SERVICIO PINTURA ELECTROESTÁTICA												
	-	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
INVERSIÓN INICIAL	\$ -3.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
COSTOS DE OPERACIÓN		\$ -2.305,21	\$ -1.455,92	\$ -2.547,87	\$ -2.305,21	\$ -2.305,21	\$ -2.062,56	\$ -2.062,56	\$ -2.426,54	\$ -1.334,60	\$ -1.941,23	\$ -1.698,58	\$ -1.819,91
INGRESOS		\$ 3.420,00	\$ 2.160,00	\$ 3.780,00	\$ 3.420,00	\$ 3.420,00	\$ 3.060,00	\$ 3.060,00	\$ 3.600,00	\$ 1.980,00	\$ 2.880,00	\$ 2.520,00	\$ 2.700,00
UTILIDAD NETA	\$ -3.000,00	\$ 1.114,79	\$ 704,08	\$ 1.232,13	\$ 1.114,79	\$ 1.114,79	\$ 997,44	\$ 997,44	\$ 1.173,46	\$ 645,40	\$ 938,77	\$ 821,42	\$ 880,09
UTILIDAD ACUMULADA	\$ -3.000,00	\$ -1.885,21	\$ -1.181,14	\$ 50,99	\$ 1.165,78	\$ 2.280,57	\$ 3.278,01	\$ 4.275,45	\$ 5.448,91	\$ 6.094,31	\$ 7.033,08	\$ 7.854,50	\$ 8.734,59

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

Tabla 45: Resumen VAN y TIR

TASA	11,83	TASA DE INFL	3,00%	El proyecto es factible por que el VAN es positivo y un TIR mayor a la tasa de descuento por lo que el proyecto es rentable.
INFLACION	2,61	VNA	\$4.037,75	
TASA DSCTO ANUAL	14,75%	TIR	14%	
TASA DSCTO MENSUAL	1,23%	VAN	\$ 1.037,75	

Fuente: Propia

Elaborado por: El Investigador

Cálculo de VAN

Para el cálculo del VAN se utilizó la ecuación 15, y la tasa de descuento se tomó el dato de inflación dada por el Banco central del Ecuador.

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde

I: Inversión inicial

Q_n: Flujo de Fondos anuales

n: tiempo del proyecto en periodos

r: tasa de descuento

La tasa inflación fue tomada de la **Tabla 2**, y será igual a 2.61%.

r = tasa de inflación dada por el banco central de Ecuador

$$VAN = -3000 \text{ USD} + \frac{1114.79\text{USD}}{(1+0.026)^1} + \frac{704.08\text{USD}}{(1+0.026)^2} + \frac{1232.13\text{USD}}{(1+0.026)^3} \dots \dots \dots \frac{880.09 \text{ USD}}{(1+0.026)^{12}}$$

$$VAN = -3000 \text{ USD} + 1086.53\text{USD} \dots \dots + 819.26\text{USD}$$

VAN = 9802.21 USD ANUAL y 1037.75 al cuarto mes donde ya se recupera la inversión

Cálculo de TIR

Para el cálculo del TIR se utilizó la ecuación 16, y la tasa de descuento se tomó el dato de inflación dada por el Banco central del Ecuador.

$$TIR = \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n} = 0$$

Donde

I: Inversión inicial

Qn: Flujo de Fondos anuales

n: tiempo del proyecto en periodos

r: tasa de descuento

La tasa inflación fue tomada de la **Tabla 2**, y será igual a 2.61%.

r = tasa de inflación dada por el banco central de Ecuador

$$TIR = \frac{1114.79USD}{(1 + 0.026)^1} + \frac{1232.13USD}{(1 + 0.026)^3} \dots \dots + \frac{880.09 USD}{(1 + 0.026)^{12}} =$$

$$TIR = -3000 USD + 1086.53USD \dots \dots + 819.26USD$$

$$TIR = 14\%$$

Se determinó que el VAN anual es de \$9.802,21 y el TIR es igual al 14%, mensual, estos indicadores de acuerdo a los parámetros ya establecido anteriormente, confirman que el proyecto es factible, el costo por implementación de la propuesta el investigador estimo de 3000 USD presupuesto aprobado por la empresa Reypel para mejora del proceso, este rubro se justifica por el ingenio e innovación del investigador, también se utilizaran materiales como pintura, ácidos y químicos para las pruebas.

Con el valor del TIR es decir la tasa de interés de retorno del proyecto es aceptable, y muy llamativo para inversionistas, se pretende proponer que la empresa Reypel, realice esta inversión.

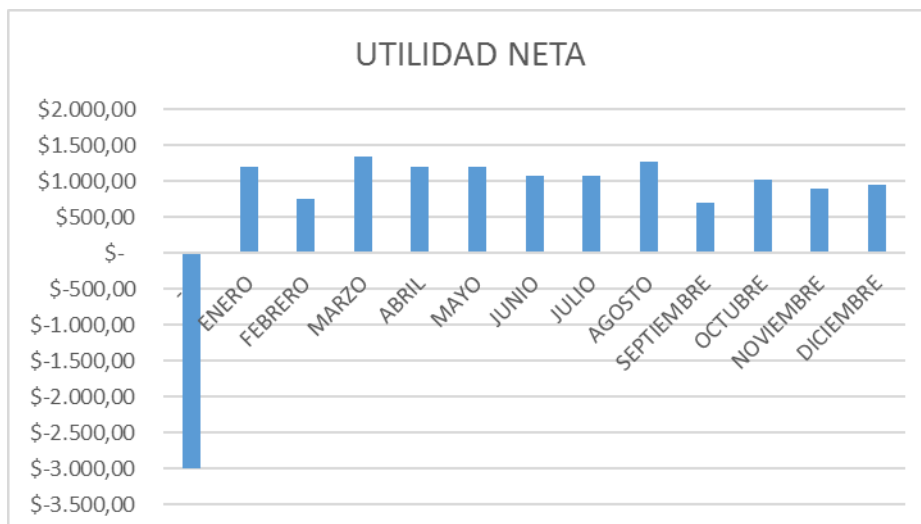


Figura 39: Utilidad neta.

Elaborado por: El investigador

Rentabilidad

La rentabilidad es la relación que existe entre la inversión respecto a la utilidad obtenida en el proyecto, para esto debemos conocer los siguientes datos.

Utilidad acumulada. - El flujo de caja se lo realizo para 12 meses y como se indica en la **Tabla 44**, se obtiene una utilidad positiva al tercer mes de \$50.99, esto quiere decir que la empresa ha comenzado a generar utilidad a partir del mes de marzo, para la mejor visualización se realizó la **Figura 40**, donde se puede observar el punto de equilibrio.

Este punto es donde se representa a través del tiempo cuanto se deberá generar en ingresos para solventar nuestro gasto, y se lo puede determinar graficando nuestra utilidad acumulada respecto la duración del proyecto.

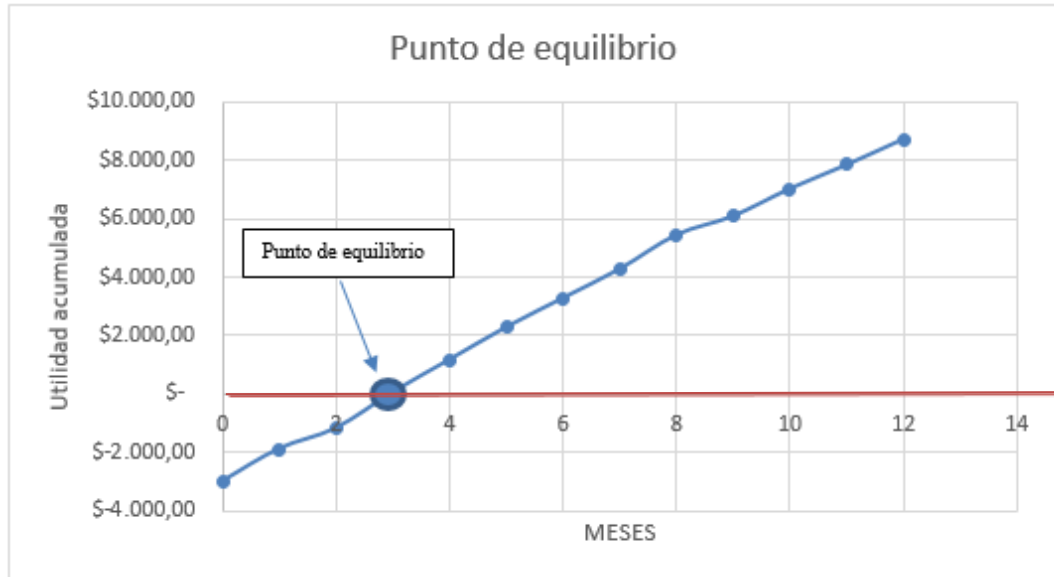


Figura 40: Punto de equilibrio.

Elaborado por: El investigador

Finalmente, se evaluará la rentabilidad del proyecto para tiempo de un año, es la relación que existe entre lo inversión realizada para el proyecto respecto la utilidad generada pronosticada al final del año indicada en la **Tabla 44**, y se calcula con la siguiente formula.

Inversión: Costo de consultoría de implementación y diseño del proyecto

$$\%Rentabilidad = \frac{Utilidad\ acumulada}{Inversión} * 100\%$$

$$\%Rentabilidad\ anual = \frac{8734.59\ USD}{\$3000} * 100\% = 291.153\%$$

El proyecto es muy rentable debido a que el punto de equilibrio se recupera al tercer mes y la utilidad generada durante un año casi triplica a la inversión, estos datos fueron obtenidos tomando en cuenta un precio referencial del servicio de pintura electrostática a \$1.20.

Conclusiones

- Con la implementación de nuevos insumos para los procesos de desengrase, fosfatado y pintura, se concluyó que el tiempo del proceso se redujo, en base a la correcta concentración de químicos que se utilice en las tinas.
- En el diagrama de flujo de la **figura 39** se aprecia las nuevas operaciones, en donde se puede observar la reducción del 13% en cuanto a tiempos respecto a la situación inicial.
- La productividad actual del proceso será igual a 1.41, y se evidencio una mejora con la propuesta que su productividad será igual 1.61, se concluye que la productividad aumento en 0.2. La eliminación de tiempos improductivos, ha permitido generar una rentabilidad del 291.53%, es decir las utilidades generadas respecto a la inversión se pronosticará que se triplique, además se comprobó que la utilización de materia prima e insumos de la propuesta comparada con la actual es más eficiente.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar investigación de materiales importados y se utilicen referencias bibliográficas de los países de origen, considerando que en el Ecuador la distribución de pintura en polvo solo lo realizaba Galvano del Ecuador y no se encuentra mayor diversidad de acuerdo a las distintas necesidades del mercado.
- Se recomienda la utilización de los manuales técnicos y los flujogramas propuestos para la aplicación de este documento, debido a que existe restricciones que se deben tomar en cuenta al implementar un proceso de pintura electrostática como de seguridad industrial, ambiental y tecnológica.
- También se recomienda utilizar una metodología descriptiva, para el análisis de la situación actual de un proceso y mediante métodos estadísticos como la correlación, pruebas de normalidad y metodologías de ponderaciones, identificar las variables que inciden directamente a la eficiencia, optimización y eficacia de las operaciones, un análisis exhaustivo de la situación del mercado en la empresa Reypel podrá tener como resultado optar por procesos que requieren una importante inversión para estudiar la posibilidad de contar con equipos tecnológicamente robustos que garanticen la satisfacción total del cliente.

Bibliografía

Macias, C. D. (2011). *Red Repostarios de Acceso Abierto del Ecuador* . Recuperado el 26 de 12 de 2014, de rraae: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/20709>

montoya, P. G. (2010). *La turbina a gas , mas que una alternativa*. Guayaquil.

Pan , Mark ,2015. (s.f.). Recuperado el 08 de 01 de 2015, de <http://mark17181718.blogspot.com/>

POWDERTRONIC. (8 de 12 de 2016). *POWDERTRONIC*. Obtenido de www.powdertronic.com

Quintero, W. A. (2014). *You tube*. Recuperado el 27 de 12 de 2014, de <https://www.youtube.com/watch?v=bS48GMY78DU>

Rey, J. F. (2017). La cogeneración y el ahorro de energía. *Turbina de gas*. Habana, Cuba.

Sanchez, E. F. (2006). *Estrategia de Produccion* (Vol. II). Madrid: McGRAW-HILL.

Sarango, D. (2011). *Diseño y construccion de un equipo de prueba , y calibracion de tarjetas de control*. Quito .

Suramerica, A. P. (11 de 12 de 2012). *Agencia Publica de Noticias del Ecuador y Suramerica*. Recuperado el 27 de 12 de 2014, de Agencia Publica de Noticias del Ecuador y Suramerica: <http://www.andes.info.ec/es/econom%C3%ADa/10061.html>

Tecnoficio. (08 de 12 de 2014). Obtenido de <http://www.tecnoficio.com/docs/doc60.php>

Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento De Ingeniería Eléctrica. (04 de 2009). Recuperado el 13 de 11 de 2014, de http://www.tesis.uchile.cl/bitstream/handle/2250/102050/sanchez_ma.pdf.txt?sequence=4

Universidad Politécnica de Madrid. (s.f.). *UPM CIENCIAS BÁSICAS*. Recuperado el 14 de 08 de 2014, de <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/magnet/inducccion.html>

Wikipedia. (03 de 12 de 2014). Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/Termostato>

wikipedia.org. (s.f.). *wikipedia*. Recuperado el 04 de 01 de 2015, de http://es.wikipedia.org/wiki/Procesos_productivos_industriales

Banco central del Ecuador. (2017). Banco Central del Ecuador. Retrieved March 20, 2017, from https://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion

Bargsted, C., & Kettlun, A. (2016). Contenido Conceptos básicos Flujos de Caja.

EPRISTINTA. (2017). Manual Técnico de Pinturas en Polvo, 1.

Expertos Exterior, C. (2016). INGENIEROS EN COMERCIO EXTERIOR, 1–10.

FUNDACIÓN ENTORNO. (1998). Informe Medioambiental del Sector Pinturas y Barnices, 38.

HENKEL. (2017). BONDERITE M-ZN 37 ZINC PHOSPHATE - Henkel. Retrieved February 14, 2017, from [http://na.henkel-adhesives.com/product-search-](http://na.henkel-adhesives.com/product-search-1554.htm?nodeid=8798022893569&msdsLanguage=EN_US&selectedTab=t)

[1554.htm?nodeid=8798022893569&msdsLanguage=EN_US&selectedTab=t](http://na.henkel-adhesives.com/product-search-1554.htm?nodeid=8798022893569&msdsLanguage=EN_US&selectedTab=t)

echnical

ingenieriaindustrialonline. (2017). PERT - Técnica de evaluación y revisión de proyectos - Ingeniería Industrial. Retrieved February 15, 2017, from <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigación-de-operaciones/pert-tecnica-de-evaluacion-y-revision-de-proyectos/>

Lopez, A. G. (2009). Pintura Electrostática. *Expertos En Climatización Natural De Edificaciones*, 18–114.

Montenegro León, S. E., & Tixe Bustamante, T. C. (2012). MEJORA DEL PROCESO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN, (Figura 1), 2–3.

POWDERTRONIC. (2017). Equipos de pintura. Retrieved March 19, 2017, from <http://powdertronic.com/>

Riba, C. (2002). Diseño concurrente. *Barcelona, Edicions UPC*, 224.

TGW. (2017). Kärcher Distribution Centre. Retrieved February 2, 2017, from <https://www.tgw-group.com/en/Industry-Successes/General-Merchandise/Kaercher>

uscltda. (2017). APLICACIÓN DE PINTURA EN POLVO. Retrieved March 20, 2017, from http://www.uscltda.com/pinturas_en_polvo_aplicacion.html

Banco central del Ecuador. (2017). Banco Central del Ecuador. Retrieved March 20, 2017, from https://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion

Bargsted, C., & Kettlun, A. (2016). Contenido Conceptos básicos Flujos de Caja.

- EPRISTINTA. (2017). Manual Técnico de Pinturas en Polvo, 1.
- Expertos Exterior, C. (2016). INGENIEROS EN COMERCIO EXTERIOR, 1–10.
- FUNDACIÓN ENTORNO. (1998). Informe Medioambiental del Sector Pinturas y Barnices, 38.
- HENKEL. (2017). BONDERITE M-ZN 37 ZINC PHOSPHATE - Henkel. Retrieved February 14, 2017, from http://na.henkel-adhesives.com/product-search-1554.htm?nodeid=8798022893569&msdsLanguage=EN_US&selectedTab=technical
- ingenieriaindustrialonline. (2017). PERT - Técnica de evaluación y revisión de proyectos - Ingeniería Industrial. Retrieved February 15, 2017, from <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigación-de-operaciones/pert-tecnica-de-evaluacion-y-revision-de-proyectos/>
- Lopez, A. G. (2009). Pintura Electrostática. *Expertos En Climatización Natural De Edificaciones*, 18–114.
- Montenegro León, S. E., & Tixe Bustamante, T. C. (2012). MEJORA DEL PROCESO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN, (Figura 1), 2–3.
- POWDERTRONIC. (2017). Equipos de pintura. Retrieved March 19, 2017, from <http://powdertronic.com/>
- Riba, C. (2002). Diseño concurrente. *Barcelona, Edicions UPC*, 224.
- TGW. (2017). Kärcher Distribution Centre. Retrieved February 2, 2017, from <https://www.tgw-group.com/en/Industry-Successes/General-Merchandise/Kaercher>

- uscltda. (2017). APLICACIÓN DE PINTURA EN POLVO. Retrieved March 20, 2017, from http://www.uscltda.com/pinturas_en_polvo_aplicacion.html
- Banco central del Ecuador. (2017). Banco Central del Ecuador. Retrieved March 20, 2017, from https://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion
- Bargsted, C., & Kettlun, A. (2016). Contenido Conceptos básicos Flujos de Caja.
- EPRISTINTA. (2017). Manual Técnico de Pinturas en Polvo, 1.
- Expertos Exterior, C. (2016). INGENIEROS EN COMERCIO EXTERIOR, 1–10.
- FUNDACIÓN ENTORNO. (1998). Informe Medioambiental del Sector Pinturas y Barnices, 38.
- HENKEL. (2017). BONDERITE M-ZN 37 ZINC PHOSPHATE - Henkel. Retrieved February 14, 2017, from http://na.henkel-adhesives.com/product-search-1554.htm?nodeid=8798022893569&msdsLanguage=EN_US&selectedTab=technical
- ingenieriaindustrialonline. (2017). PERT - Técnica de evaluación y revisión de proyectos - Ingeniería Industrial. Retrieved February 15, 2017, from <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigación-de-operaciones/pert-tecnica-de-evaluacion-y-revision-de-proyectos/>
- Lopez, A. G. (2009). Pintura Electroestática. *Expertos En Climatización Natural De Edificaciones*, 18–114.
- Montenegro León, S. E., & Tixe Bustamante, T. C. (2012). MEJORA DEL PROCESO DE PINTURA ELECTROSTÁTICA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN, (Figura 1), 2–3.

POWDERTRONIC. (2017). Equipos de pintura. Retrieved March 19, 2017, from <http://powdertronic.com/>

Riba, C. (2002). Diseño concurrente. *Barcelona, Edicions UPC*, 224.

TGW. (2017). Kärcher Distribution Centre. Retrieved February 2, 2017, from <https://www.tgw-group.com/en/Industry-Successes/General-Merchandise/Kaercher>

uscltda. (2017). APLICACIÓN DE PINTURA EN POLVO. Retrieved March 20, 2017, from http://www.uscltda.com/pinturas_en_polvo_aplicacion.html

ANEXO 1: Población de datos

# DATOS	FECHA	# DE ORDEN	PRODUCTO ELABORADO DIARIO	PINTURA KG	CANTIDAD LOTE	DECAPADO	ESPERA	LAVADO	ESPERA2	ENJUAGUE	ESPERA3	FOSFATADO	ESPERA4	SECADO	ESPERA5	LIMPIEZA	ESPERA6	PINTURA	ESPERA7	HORNO	ALMACENAMIENTO	EMPACADO	TIEMPO TOTAL (min)	PRODUCTIVIDAD	TIEMPO DE ESPERA (min)
1	31/12/2016	35	Basculante	0,035	150	11	247	307	250	2	179	66	356	34	118	300	176	61	241	3600	179	61	103,13	1,4544	24,15
2	29/12/2016	152	Basculante	0,035	150	11	230	292	250	1	178	58	356	31	125	301	176	64	242	3600	177	55	102,45	1,4641	23,87
3	29/12/2016	181	Basculante	0,035	150	13	232	295	237	2	170	51	364	33	123	304	183	59	244	3600	180	61	102,52	1,4632	23,83
4	24/12/2016	97	Basculante	0,035	150	12	234	306	244	2	173	70	358	33	117	301	184	56	237	3600	175	58	102,67	1,4610	23,83
5	22/12/2016	50	Basculante	0,035	150	14	231	304	232	2	172	56	355	35	120	300	181	63	240	3600	180	64	102,48	1,4637	23,52
6	20/12/2016	3	Basculante	0,035	150	14	246	302	242	1	175	62	364	35	118	299	177	58	237	3600	176	56	102,70	1,4606	24,02
7	20/12/2016	171	Basculante	0,035	150	11	238	294	234	1	172	60	362	31	116	300	183	65	237	3600	184	61	102,48	1,4637	23,77
8	16/12/2016	154	Basculante	0,035	150	11	245	301	233	2	178	52	355	28	124	296	183	55	245	3600	185	62	102,58	1,4622	23,98
9	14/12/2016	33	Basculante	0,035	150	13	246	300	242	2	176	54	356	34	118	295	176	61	239	3600	178	65	102,58	1,4622	23,92
10	9/12/2016	186	Basculante	0,035	150	14	249	291	245	2	174	52	361	26	116	301	181	60	239	3600	179	58	102,47	1,4639	24,15
11	6/12/2016	13	Basculante	0,035	150	12	234	308	236	2	178	56	355	34	122	295	178	60	237	3600	183	58	102,47	1,4639	23,63
12	3/12/2016	79	Basculante	0,035	150	10	244	292	240	1	171	52	364	27	118	301	181	56	237	3600	182	61	102,28	1,4665	23,95
13	3/12/2016	88	Basculante	0,035	150	15	234	291	234	1	174	64	358	31	120	298	185	63	243	3600	183	56	102,50	1,4634	23,80
14	1/12/2016	80	Basculante	0,035	150	13	236	303	237	2	170	61	357	30	120	295	179	62	244	3600	182	65	102,60	1,4620	23,72
15	1/12/2016	167	Basculante	0,035	150	12	230	305	242	2	173	57	365	33	118	305	177	60	241	3600	182	61	102,72	1,4603	23,80

16	29/11/2016	163	Basculante	0,035	150	14	245	293	240	1	176	56	355	31	121	297	183	61	242	3600	179	56	102,50	1,4634	24,02
17	29/11/2016	174	Basculante	0,035	150	12	246	292	246	1	172	65	355	29	121	303	181	55	243	3600	177	65	102,72	1,4603	24,05
18	28/11/2016	175	Basculante	0,035	150	11	241	296	237	2	177	70	363	29	121	299	175	63	236	3600	180	55	102,58	1,4622	23,82
19	25/11/2016	81	Basculante	0,035	150	13	233	298	236	2	173	66	362	28	121	297	179	56	235	3600	182	57	102,30	1,4663	23,63
20	25/11/2016	185	Basculante	0,035	150	15	241	306	242	2	177	64	358	28	115	298	182	57	243	3600	178	57	102,72	1,4603	24,05
21	24/11/2016	199	Basculante	0,035	150	14	235	294	245	2	180	61	362	28	118	305	176	63	242	3600	183	56	102,73	1,4601	24,00
22	21/11/2016	177	Basculante	0,035	150	11	234	301	249	2	174	63	365	35	123	300	183	63	243	3600	185	59	103,17	1,4540	24,13
23	20/11/2016	168	Basculante	0,035	150	12	247	300	241	2	177	57	364	31	118	299	178	61	245	3600	177	58	102,78	1,4594	24,20
24	13/11/2016	64	Basculante	0,035	150	11	239	306	230	1	180	53	361	32	119	305	178	64	244	3600	184	59	102,77	1,4596	23,87
25	13/11/2016	135	Basculante	0,035	150	13	242	292	245	2	175	55	364	35	125	296	180	56	245	3600	179	58	102,70	1,4606	24,18
26	12/11/2016	187	Basculante	0,035	150	15	235	308	246	2	175	55	363	33	116	300	177	57	235	3600	179	62	102,63	1,4615	23,85
27	11/11/2016	183	Basculante	0,035	150	10	242	307	247	2	172	50	355	35	123	298	178	56	237	3600	178	63	102,55	1,4627	23,85
28	9/11/2016	125	Basculante	0,035	150	12	238	310	243	1	173	56	365	35	124	296	185	57	243	3600	181	55	102,90	1,4577	24,12
29	5/11/2016	122	Basculante	0,035	150	15	237	292	236	2	176	66	364	33	125	296	180	65	237	3600	177	56	102,62	1,4618	23,83
30	31/10/2016	55	Basculante	0,035	150	13	242	310	249	1	175	68	363	35	115	303	178	59	240	3600	182	61	103,23	1,4530	24,12
31	31/10/2016	68	Basculante	0,035	150	14	233	308	232	1	171	58	360	28	125	302	180	55	235	3600	181	61	102,40	1,4648	23,52
32	31/10/2016	101	Basculante	0,035	150	10	233	300	247	1	179	51	360	26	121	302	176	60	243	3600	175	59	102,38	1,4651	23,97
33	27/10/2016	32	Basculante	0,035	150	11	247	294	243	2	175	60	364	27	122	305	177	60	235	3600	182	65	102,82	1,4589	24,02
34	24/10/2016	21	Basculante	0,035	150	13	233	299	245	2	180	56	364	29	115	304	177	63	241	3600	176	57	102,57	1,4625	24,00
35	23/10/2016	7	Basculante	0,035	150	11	245	309	239	1	177	63	361	31	123	302	177	59	243	3600	179	57	102,95	1,4570	24,03
36	18/10/2016	10	Basculante	0,035	150	10	237	304	231	2	171	58	359	30	121	295	179	55	241	3600	185	62	102,33	1,4658	23,63
37	17/10/2016	8	Basculante	0,035	150	11	239	308	232	1	173	57	361	31	122	303	175	56	239	3600	182	62	102,53	1,4629	23,65
38	16/10/2016	112	Basculante	0,035	150	14	240	303	242	1	172	62	359	29	119	301	179	63	238	3600	177	56	102,58	1,4622	23,83
39	14/10/2016	92	Basculante	0,035	150	12	243	300	249	1	176	69	356	29	120	300	183	58	239	3600	184	58	102,95	1,4570	24,10

40	12/10/2016	63	Basculante	0,035	150	14	248	298	244	2	180	56	359	28	118	305	176	60	244	3600	175	62	102,82	1,4589	24,18
41	12/10/2016	198	Basculante	0,035	150	11	236	306	235	1	174	56	361	31	120	296	178	57	239	3600	180	61	102,37	1,4653	23,72
42	10/10/2016	51	Basculante	0,035	150	14	243	307	242	2	178	55	356	28	120	301	178	59	240	3600	183	55	102,68	1,4608	23,95
43	5/10/2016	48	Basculante	0,035	150	11	230	290	233	2	178	70	363	28	115	303	184	63	245	3600	176	60	102,52	1,4632	23,88
44	2/10/2016	69	Basculante	0,035	150	10	241	308	242	2	175	68	358	35	117	298	181	63	245	3600	176	56	102,92	1,4575	24,03
45	2/10/2016	126	Basculante	0,035	150	10	249	302	249	1	170	65	359	35	116	295	175	58	235	3600	185	61	102,75	1,4599	23,95
46	25/9/2016	191	Basculante	0,035	150	14	240	307	236	2	174	55	365	33	118	296	183	62	243	3600	176	55	102,65	1,4613	24,02
47	23/9/2016	28	Basculante	0,035	150	14	247	293	243	2	178	60	365	29	122	304	178	55	241	3600	178	63	102,87	1,4582	24,20
48	23/9/2016	132	Basculante	0,035	150	12	247	294	245	1	176	63	357	29	115	297	177	63	240	3600	181	56	102,55	1,4627	24,03
49	20/9/2016	139	Basculante	0,035	150	11	233	302	245	2	175	58	359	30	118	297	178	59	242	3600	177	57	102,38	1,4651	23,87
50	18/9/2016	99	Basculante	0,035	150	11	235	300	234	1	177	55	357	26	120	303	182	58	238	3600	176	63	102,27	1,4668	23,72
51	13/9/2016	93	Basculante	0,035	150	15	247	300	245	2	173	55	361	25	118	302	177	61	242	3600	177	58	102,63	1,4615	24,08
52	8/9/2016	78	Basculante	0,035	150	11	237	309	248	1	176	51	364	35	125	299	181	64	242	3600	182	57	103,03	1,4558	24,13
53	7/9/2016	23	Basculante	0,035	150	14	230	309	240	2	170	59	362	31	121	300	179	63	239	3600	182	63	102,73	1,4601	23,67
54	4/9/2016	150	Basculante	0,035	150	10	239	293	236	1	173	68	365	27	119	304	185	59	235	3600	177	64	102,58	1,4622	23,88
55	2/9/2016	127	Basculante	0,035	150	12	241	305	245	1	178	54	361	31	115	303	180	63	236	3600	181	56	102,70	1,4606	24,02
56	1/9/2016	144	Basculante	0,035	150	13	244	310	240	2	174	51	360	27	123	295	177	56	245	3600	184	55	102,60	1,4620	24,00
57	30/8/2016	161	Basculante	0,035	150	13	233	310	247	1	173	65	356	35	122	302	177	60	236	3600	183	63	102,93	1,4573	23,70
58	27/8/2016	173	Basculante	0,035	150	11	248	299	230	2	177	62	360	30	116	300	180	57	237	3600	178	65	102,53	1,4629	23,87
59	26/8/2016	12	Basculante	0,035	150	13	244	308	250	2	178	51	363	28	118	295	185	62	237	3600	175	56	102,75	1,4599	24,28
60	26/8/2016	30	Basculante	0,035	150	14	248	309	247	1	170	68	356	26	117	303	176	63	238	3600	184	58	102,97	1,4568	23,92
61	26/8/2016	102	Basculante	0,035	150	15	249	303	236	2	177	62	355	26	119	303	181	62	239	3600	176	57	102,70	1,4606	23,95
62	25/8/2016	57	Basculante	0,035	150	14	247	291	250	1	172	51	365	33	121	300	179	61	241	3600	182	62	102,83	1,4587	24,23
63	25/8/2016	124	Basculante	0,035	150	14	246	301	238	2	179	62	355	25	115	303	185	63	241	3600	184	65	102,97	1,4568	24,07

64	24/8/2016	60	Basculante	0,035	150	13	240	309	238	2	174	55	363	26	125	303	178	60	241	3600	176	56	102,65	1,4613	23,90
65	21/8/2016	56	Basculante	0,035	150	11	234	296	239	1	179	70	360	26	124	296	180	59	240	3600	177	59	102,52	1,4632	23,87
66	21/8/2016	72	Basculante	0,035	150	12	233	305	250	2	176	60	364	32	118	295	175	63	236	3600	178	64	102,72	1,4603	23,90
67	21/8/2016	94	Basculante	0,035	150	15	240	309	242	2	171	62	360	29	119	297	183	62	244	3600	177	57	102,82	1,4589	24,00
68	16/8/2016	6	Basculante	0,035	150	13	249	290	248	1	170	68	365	25	124	302	181	58	245	3600	178	62	102,98	1,4565	24,30
69	10/8/2016	1	Basculante	0,035	150	12	240	300	240	1	180	60	360	30	120	300	180	60	240	3600	180	60	102,72	1,4603	24,00
70	10/8/2016	86	Basculante	0,035	150	14	239	302	243	1	175	64	360	34	120	296	179	56	242	3600	185	59	102,82	1,4589	23,97
71	8/8/2016	115	Basculante	0,035	150	13	243	291	238	2	178	68	363	28	120	303	185	62	236	3600	180	58	102,80	1,4591	24,05
72	7/8/2016	89	Basculante	0,035	150	13	237	294	247	1	177	55	363	25	117	299	185	65	238	3600	181	65	102,70	1,4606	24,12
73	7/8/2016	158	Basculante	0,035	150	12	238	301	244	2	173	51	365	32	120	304	184	63	240	3600	176	56	102,68	1,4608	24,07
74	7/8/2016	182	Basculante	0,035	150	12	245	302	240	2	180	60	358	34	123	301	175	55	243	3600	180	64	102,90	1,4577	24,02
75	3/8/2016	107	Basculante	0,035	150	11	248	310	240	2	170	61	360	25	119	295	185	61	239	3600	175	59	102,67	1,4610	24,03
76	1/8/2016	136	Basculante	0,035	150	12	247	301	247	2	177	51	358	29	121	298	179	65	238	3600	175	64	102,73	1,4601	24,10
77	31/7/2016	22	Basculante	0,035	150	15	231	310	244	2	175	61	359	25	117	301	183	59	241	3600	177	58	102,63	1,4615	23,88
78	28/7/2016	106	Basculante	0,035	150	14	245	306	248	2	173	65	360	30	118	301	180	63	241	3600	176	60	103,03	1,4558	24,12
79	27/7/2016	179	Basculante	0,035	150	15	243	309	240	1	177	55	363	25	116	295	175	63	244	3600	185	57	102,72	1,4603	24,03
80	26/7/2016	109	Basculante	0,035	150	11	248	296	236	2	170	68	361	30	118	305	175	56	244	3600	184	63	102,78	1,4594	23,90
81	22/7/2016	123	Basculante	0,035	150	13	246	295	231	2	174	60	364	30	122	304	183	60	243	3600	181	65	102,88	1,4580	24,02
82	16/7/2016	41	Basculante	0,035	150	10	250	290	236	2	174	65	365	31	116	295	177	58	240	3600	185	64	102,63	1,4615	24,03
83	15/7/2016	116	Basculante	0,035	150	11	249	310	241	2	177	53	360	33	122	296	175	65	241	3600	183	56	102,90	1,4577	24,05
84	15/7/2016	141	Basculante	0,035	150	15	241	291	234	1	170	62	365	33	120	304	177	56	245	3600	178	57	102,48	1,4637	23,87
85	14/7/2016	20	Basculante	0,035	150	12	250	305	237	2	173	53	359	27	123	300	183	63	242	3600	179	56	102,73	1,4601	24,07
86	14/7/2016	98	Basculante	0,035	150	11	235	301	239	1	175	52	356	25	124	299	182	60	240	3600	177	60	102,28	1,4665	23,78
87	9/7/2016	166	Basculante	0,035	150	14	243	293	231	2	178	53	362	27	115	301	181	60	235	3600	182	64	102,35	1,4656	23,83

88	8/7/2016	105	Basculante	0,035	150	13	232	294	232	1	180	51	363	29	115	297	183	55	240	3600	180	59	102,07	1,4696	23,83
89	8/7/2016	114	Basculante	0,035	150	13	235	309	237	2	173	70	365	25	120	298	185	60	236	3600	185	62	102,92	1,4575	23,85
90	6/7/2016	197	Basculante	0,035	150	15	246	300	233	2	176	68	363	28	121	295	185	64	235	3600	177	55	102,72	1,4603	23,97
91	5/7/2016	74	Basculante	0,035	150	13	243	293	240	2	175	67	361	32	119	296	184	61	241	3600	176	57	102,67	1,4610	24,07
92	4/7/2016	138	Basculante	0,035	150	12	244	302	233	2	173	70	360	31	123	305	181	64	243	3600	180	57	103,00	1,4563	23,90
93	3/7/2016	37	Basculante	0,035	150	14	248	307	238	1	177	56	364	30	116	297	180	64	244	3600	175	64	102,92	1,4575	24,18
94	29/6/2016	131	Basculante	0,035	150	13	244	304	242	1	173	55	356	33	116	302	179	62	244	3600	175	56	102,58	1,4622	23,97
95	27/6/2016	118	Basculante	0,035	150	15	230	303	238	1	179	58	356	32	121	304	177	58	235	3600	179	64	102,50	1,4634	23,58
96	25/6/2016	142	Basculante	0,035	150	10	240	297	230	2	172	59	364	33	125	299	181	63	236	3600	177	65	102,55	1,4627	23,72
97	23/6/2016	42	Basculante	0,035	150	11	231	302	241	2	176	63	364	27	119	296	180	55	236	3600	175	57	102,25	1,4670	23,80
98	23/6/2016	153	Basculante	0,035	150	13	243	298	237	1	170	70	358	31	118	302	175	59	240	3600	180	60	102,58	1,4622	23,72
99	18/6/2016	110	Basculante	0,035	150	12	232	293	242	2	173	51	363	27	124	297	185	63	244	3600	176	57	102,35	1,4656	23,98
100	17/6/2016	90	Basculante	0,035	150	13	241	302	238	2	174	70	356	28	121	302	181	59	238	3600	185	60	102,83	1,4587	23,80
101	17/6/2016	121	Basculante	0,035	150	12	236	307	249	1	172	63	365	33	125	298	185	64	240	3600	185	65	103,33	1,4516	24,12
102	17/6/2016	180	Basculante	0,035	150	12	248	300	238	2	173	52	364	31	116	298	180	64	243	3600	178	57	102,60	1,4620	24,10
103	15/6/2016	39	Basculante	0,035	150	11	248	290	241	2	179	55	355	32	124	295	181	58	240	3600	181	64	102,60	1,4620	24,07
104	14/6/2016	62	Basculante	0,035	150	12	246	300	245	1	176	59	363	33	121	304	177	60	240	3600	181	65	103,05	1,4556	24,12
105	14/6/2016	133	Basculante	0,035	150	10	236	293	248	2	179	64	356	26	116	298	179	57	238	3600	175	63	102,33	1,4658	23,93
106	11/6/2016	54	Basculante	0,035	150	15	233	302	247	2	172	64	360	35	120	300	180	63	244	3600	183	59	102,98	1,4565	23,93
107	6/6/2016	53	Basculante	0,035	150	10	239	298	233	1	175	62	359	32	118	300	180	57	236	3600	182	59	102,35	1,4656	23,70
108	5/6/2016	17	Basculante	0,035	150	12	233	305	247	2	176	51	364	28	123	298	183	63	242	3600	185	59	102,85	1,4584	24,08
109	4/6/2016	140	Basculante	0,035	150	11	250	302	249	1	176	70	363	25	119	295	183	58	235	3600	177	62	102,93	1,4573	24,27
110	1/6/2016	172	Basculante	0,035	150	10	241	290	250	1	178	57	355	30	122	302	175	55	241	3600	185	59	102,52	1,4632	24,00
111	25/5/2016	85	Basculante	0,035	150	13	244	306	240	1	173	66	356	31	119	299	184	61	245	3600	175	57	102,83	1,4587	24,03

112	22/5/2016	176	Basculante	0,035	150	13	235	310	249	1	176	61	357	26	116	300	183	65	236	3600	180	62	102,83	1,4587	23,93
113	21/5/2016	43	Basculante	0,035	150	10	247	304	243	1	170	66	356	31	119	300	178	59	240	3600	184	58	102,77	1,4596	23,90
114	19/5/2016	29	Basculante	0,035	150	13	233	305	233	2	170	66	361	32	124	302	185	59	242	3600	185	62	102,90	1,4577	23,73
115	14/5/2016	76	Basculante	0,035	150	14	250	298	231	2	179	60	362	34	121	305	179	62	236	3600	178	65	102,93	1,4573	23,95
116	12/5/2016	15	Basculante	0,035	150	10	249	303	232	1	172	64	358	25	120	300	179	56	237	3600	176	64	102,43	1,4644	23,78
117	12/5/2016	73	Basculante	0,035	150	14	236	294	230	1	171	54	355	34	122	300	181	58	235	3600	176	56	101,95	1,4713	23,47
118	12/5/2016	195	Basculante	0,035	150	11	249	299	232	1	173	65	358	29	121	304	183	56	235	3600	178	55	102,48	1,4637	23,83
119	10/5/2016	164	Basculante	0,035	150	10	231	308	243	2	174	68	357	28	116	297	178	59	241	3600	181	63	102,60	1,4620	23,73
120	9/5/2016	108	Basculante	0,035	150	15	232	302	249	1	176	53	358	25	117	301	179	59	240	3600	175	61	102,38	1,4651	23,90
121	9/5/2016	194	Basculante	0,035	150	14	239	291	241	1	180	59	364	32	118	299	178	59	240	3600	179	60	102,57	1,4625	24,03
122	8/5/2016	31	Basculante	0,035	150	13	242	301	249	2	180	52	356	26	124	297	183	59	241	3600	175	56	102,60	1,4620	24,18
123	8/5/2016	34	Basculante	0,035	150	12	238	296	238	1	171	58	359	31	115	300	178	56	244	3600	176	55	102,13	1,4687	23,80
124	7/5/2016	58	Basculante	0,035	150	11	232	290	237	2	175	53	365	30	121	302	179	59	236	3600	177	62	102,18	1,4679	23,73
125	7/5/2016	146	Basculante	0,035	150	14	237	295	250	2	179	66	355	30	119	300	180	65	242	3600	178	63	102,92	1,4575	24,05
126	6/5/2016	59	Basculante	0,035	150	13	239	291	248	1	177	70	358	26	125	304	185	59	244	3600	175	62	102,95	1,4570	24,18
127	2/5/2016	149	Basculante	0,035	150	15	246	309	236	2	172	51	361	31	119	295	177	56	242	3600	184	63	102,65	1,4613	23,90
128	2/5/2016	156	Basculante	0,035	150	15	241	292	230	2	172	70	359	34	124	299	177	60	241	3600	176	65	102,62	1,4618	23,67
129	1/5/2016	117	Basculante	0,035	150	14	241	307	249	2	171	67	355	28	120	301	185	61	245	3600	184	61	103,18	1,4537	24,10
130	25/4/2016	200	Basculante	0,035	150	12	233	291	246	1	170	68	356	29	117	299	180	61	241	3600	175	61	102,33	1,4658	23,77
131	24/4/2016	40	Basculante	0,035	150	12	235	290	232	1	179	60	364	33	120	297	180	57	236	3600	178	60	102,23	1,4672	23,77
132	24/4/2016	119	Basculante	0,035	150	15	230	302	239	1	175	52	358	32	115	298	184	64	242	3600	177	57	102,35	1,4656	23,80
133	22/4/2016	157	Basculante	0,035	150	13	232	303	240	1	177	54	365	29	119	295	178	56	235	3600	185	60	102,37	1,4653	23,78
134	21/4/2016	103	Basculante	0,035	150	12	234	305	245	1	180	66	357	29	115	298	182	64	240	3600	175	56	102,65	1,4613	23,97
135	21/4/2016	160	Basculante	0,035	150	11	237	306	242	2	180	56	363	29	116	300	181	59	241	3600	179	64	102,77	1,4596	24,07

136	17/4/2016	25	Basculante	0,035	150	12	249	298	244	2	178	61	357	25	122	298	184	63	241	3600	180	61	102,92	1,4575	24,22
137	17/4/2016	36	Basculante	0,035	150	11	232	302	237	1	172	67	363	28	120	296	176	55	244	3600	183	60	102,45	1,4641	23,73
138	17/4/2016	65	Basculante	0,035	150	14	233	300	249	1	172	57	359	30	123	305	179	56	243	3600	182	61	102,73	1,4601	23,92
139	15/4/2016	27	Basculante	0,035	150	12	234	309	244	2	170	55	357	33	119	305	179	60	236	3600	183	58	102,60	1,4620	23,67
140	14/4/2016	128	Basculante	0,035	150	10	244	303	234	1	176	53	362	32	120	301	181	64	240	3600	180	64	102,75	1,4599	23,95
141	10/4/2016	189	Basculante	0,035	150	15	235	301	248	2	179	66	359	29	118	300	179	60	239	3600	177	59	102,77	1,4596	23,98
142	9/4/2016	38	Basculante	0,035	150	14	242	295	231	1	178	65	361	28	124	305	184	57	235	3600	179	62	102,68	1,4608	23,85
143	8/4/2016	87	Basculante	0,035	150	10	238	292	237	2	173	56	359	26	120	304	181	61	244	3600	175	57	102,25	1,4670	23,87
144	7/4/2016	184	Basculante	0,035	150	14	239	292	231	1	175	69	360	35	117	305	183	60	239	3600	181	63	102,73	1,4601	23,78
145	6/4/2016	11	Basculante	0,035	150	15	244	294	230	2	173	64	360	33	118	299	180	61	235	3600	178	63	102,48	1,4637	23,70
146	6/4/2016	159	Basculante	0,035	150	13	235	304	244	1	179	65	365	31	120	295	176	59	235	3600	185	59	102,77	1,4596	23,90
147	6/4/2016	193	Basculante	0,035	150	13	230	304	235	2	179	54	365	30	120	301	179	63	237	3600	180	59	102,52	1,4632	23,75
148	5/4/2016	61	Basculante	0,035	150	13	243	301	237	1	177	66	358	27	125	300	177	57	243	3600	181	64	102,83	1,4587	23,92
149	29/3/2016	24	Basculante	0,035	150	10	243	301	235	2	170	61	358	26	125	302	183	57	244	3600	183	63	102,72	1,4603	23,88
150	28/3/2016	52	Basculante	0,035	150	10	247	292	241	2	176	66	355	34	116	304	178	60	237	3600	182	58	102,63	1,4615	23,90
151	27/3/2016	120	Basculante	0,035	150	12	233	296	231	1	173	62	365	31	117	303	183	56	236	3600	176	63	102,30	1,4663	23,68
152	24/3/2016	95	Basculante	0,035	150	11	243	303	237	2	173	50	357	30	124	296	183	62	237	3600	182	56	102,43	1,4644	23,83
153	23/3/2016	130	Basculante	0,035	150	13	249	300	241	1	176	62	363	27	115	296	182	64	239	3600	183	61	102,87	1,4582	24,17
154	21/3/2016	147	Basculante	0,035	150	11	245	295	246	2	173	58	363	27	121	304	178	62	236	3600	184	61	102,77	1,4596	24,02
155	18/3/2016	169	Basculante	0,035	150	14	234	299	230	2	170	62	364	27	116	303	181	55	236	3600	181	55	102,15	1,4684	23,58
156	17/3/2016	91	Basculante	0,035	150	14	245	296	232	2	177	60	364	29	116	302	176	55	245	3600	183	55	102,52	1,4632	23,98
157	17/3/2016	192	Basculante	0,035	150	11	242	293	230	2	176	63	359	33	125	304	177	63	239	3600	181	56	102,57	1,4625	23,72
158	16/3/2016	137	Basculante	0,035	150	11	249	300	234	1	176	53	358	27	122	298	181	59	244	3600	179	61	102,55	1,4627	24,03
159	16/3/2016	151	Basculante	0,035	150	10	244	306	238	1	175	51	359	28	116	295	183	61	236	3600	175	59	102,28	1,4665	23,92

160	13/3/2016	113	Basculante	0,035	150	14	234	308	236	2	180	54	365	33	125	302	185	61	235	3600	183	62	102,98	1,4565	23,92
161	12/3/2016	143	Basculante	0,035	150	15	231	304	247	1	177	70	355	30	118	298	184	56	243	3600	175	65	102,82	1,4589	23,95
162	12/3/2016	196	Basculante	0,035	150	15	232	309	249	2	176	52	364	35	121	303	182	56	245	3600	184	61	103,10	1,4549	24,13
163	11/3/2016	190	Basculante	0,035	150	15	243	299	249	2	176	66	355	28	117	296	175	63	237	3600	184	61	102,77	1,4596	23,92
164	8/3/2016	66	Basculante	0,035	150	13	250	310	231	2	179	66	363	30	117	303	183	58	242	3600	177	59	103,05	1,4556	24,13
165	7/3/2016	100	Basculante	0,035	150	13	231	308	230	2	174	61	355	26	122	298	179	65	235	3600	178	63	102,33	1,4658	23,40
166	6/3/2016	145	Basculante	0,035	150	12	247	301	250	2	175	61	363	31	116	296	182	61	239	3600	182	65	103,05	1,4556	24,27
167	5/3/2016	14	Basculante	0,035	150	11	249	291	232	2	180	70	361	28	125	300	184	59	237	3600	185	62	102,93	1,4573	24,05
168	3/3/2016	71	Basculante	0,035	150	12	248	309	244	2	170	61	355	29	116	297	177	61	237	3600	175	57	102,50	1,4634	23,85
169	1/3/2016	148	Basculante	0,035	150	13	235	298	238	2	177	68	362	35	120	305	184	56	241	3600	177	55	102,77	1,4596	23,95
170	29/2/2016	47	Basculante	0,035	150	11	240	298	231	2	175	68	356	27	118	297	177	61	239	3600	185	56	102,35	1,4656	23,63
171	25/2/2016	111	Basculante	0,035	150	13	243	297	244	1	177	52	362	30	125	297	182	58	243	3600	180	56	102,67	1,4610	24,18
172	22/2/2016	4	Basculante	0,035	150	14	230	300	250	1	177	58	360	25	117	304	176	56	242	3600	182	65	102,62	1,4618	23,92
173	22/2/2016	5	Basculante	0,035	150	11	245	292	230	2	179	53	355	29	115	296	177	59	243	3600	180	55	102,02	1,4703	23,82
174	14/2/2016	70	Basculante	0,035	150	12	250	294	247	1	176	65	359	35	115	299	175	57	245	3600	175	62	102,78	1,4594	24,20
175	9/2/2016	45	Basculante	0,035	150	12	231	293	239	1	175	62	357	33	119	296	183	60	235	3600	177	63	102,27	1,4668	23,67
176	8/2/2016	67	Basculante	0,035	150	10	244	309	239	2	174	70	358	34	117	303	184	55	237	3600	182	55	102,88	1,4580	23,93
177	8/2/2016	155	Basculante	0,035	150	12	249	301	249	1	176	59	363	34	117	296	184	55	241	3600	178	59	102,90	1,4577	24,37
178	8/2/2016	178	Basculante	0,035	150	13	245	291	250	1	175	56	355	27	124	305	182	58	238	3600	182	65	102,78	1,4594	24,08
179	4/2/2016	16	Basculante	0,035	150	15	241	307	239	1	171	57	356	27	115	296	185	60	245	3600	175	60	102,50	1,4634	23,95
180	4/2/2016	19	Basculante	0,035	150	10	234	300	237	1	179	51	365	32	120	295	176	59	243	3600	183	63	102,47	1,4639	23,90
181	4/2/2016	170	Basculante	0,035	150	15	247	295	235	2	178	55	360	35	121	298	176	55	236	3600	185	64	102,62	1,4618	23,87
182	31/1/2016	129	Basculante	0,035	150	12	241	291	233	2	174	64	363	32	115	304	183	59	235	3600	184	58	102,50	1,4634	23,82
183	30/1/2016	162	Basculante	0,035	150	11	235	292	236	2	176	51	363	26	125	305	178	56	237	3600	183	56	102,20	1,4677	23,75

184	29/1/2016	44	Basculante	0,035	150	11	247	298	250	1	177	56	358	30	115	295	179	61	244	3600	179	62	102,72	1,4603	24,25
185	27/1/2016	134	Basculante	0,035	150	10	243	305	242	2	174	68	355	35	115	295	184	65	243	3600	181	64	103,02	1,4561	24,02
186	25/1/2016	82	Basculante	0,035	150	11	245	309	234	2	175	67	364	29	118	295	184	64	243	3600	182	59	103,02	1,4561	24,08
187	25/1/2016	84	Basculante	0,035	150	14	248	310	250	1	176	63	357	33	120	300	180	57	237	3600	177	55	102,97	1,4568	24,13
188	24/1/2016	83	Basculante	0,035	150	13	244	303	239	1	172	69	360	35	119	301	181	55	240	3600	185	59	102,93	1,4573	23,93
189	24/1/2016	96	Basculante	0,035	150	13	241	297	236	2	171	51	361	30	115	299	182	59	243	3600	181	57	102,30	1,4663	23,90
190	21/1/2016	9	Basculante	0,035	150	12	238	297	233	1	176	64	361	35	125	298	183	56	243	3600	175	62	102,65	1,4613	23,90
191	21/1/2016	49	Basculante	0,035	150	15	244	305	236	2	176	57	361	32	118	303	178	57	243	3600	185	65	102,95	1,4570	23,97
192	19/1/2016	18	Basculante	0,035	150	14	231	293	236	2	179	67	360	30	119	305	182	59	235	3600	180	55	102,45	1,4641	23,72
193	11/1/2016	46	Basculante	0,035	150	14	238	301	238	1	175	57	358	34	125	299	180	65	238	3600	178	63	102,73	1,4601	23,78
194	10/1/2016	77	Basculante	0,035	150	11	241	307	250	2	176	55	357	30	117	296	185	55	235	3600	175	65	102,62	1,4618	24,07
195	7/1/2016	75	Basculante	0,035	150	14	233	293	241	2	172	63	356	34	123	296	184	61	240	3600	177	57	102,43	1,4644	23,77
196	7/1/2016	165	Basculante	0,035	150	13	237	293	241	1	175	62	363	34	122	298	177	64	236	3600	185	60	102,68	1,4608	23,82
197	5/1/2016	2	Basculante	0,035	150	10	236	302	236	2	176	55	357	31	116	299	182	62	237	3600	182	59	102,37	1,4653	23,73
198	5/1/2016	188	Basculante	0,035	150	13	249	298	231	1	177	66	362	26	116	298	181	63	238	3600	180	59	102,63	1,4615	23,97
199	4/1/2016	26	Basculante	0,035	150	12	243	297	247	1	179	54	361	34	119	300	180	62	238	3600	179	63	102,82	1,4589	24,13
200	4/1/2016	104	Basculante	0,035	150	12	232	305	234	1	170	70	361	25	122	299	175	58	237	3600	184	55	102,33	1,4658	23,48

ANEXO 2: Muestra de datos Productividad

DATO S	PRODUCTIVIDAD AD	DATO S	PRODUCTIVIDAD AD	DATO S	PRODUCTIVIDAD AD	DATO S	PRODUCTIVIDAD AD
1	1,4516	43	1,4589	85	1,4613	127	1,4637
2	1,4530	44	1,4589	86	1,4613	128	1,4637
3	1,4537	45	1,4589	87	1,4613	129	1,4637
4	1,4540	46	1,4591	88	1,4615	130	1,4637
5	1,4544	47	1,4594	89	1,4615	131	1,4637
6	1,4549	48	1,4594	90	1,4615	132	1,4639
7	1,4556	49	1,4596	91	1,4615	133	1,4639
8	1,4556	50	1,4596	92	1,4615	134	1,4641
9	1,4558	51	1,4596	93	1,4618	135	1,4641
10	1,4558	52	1,4596	94	1,4618	136	1,4644
11	1,4563	53	1,4596	95	1,4620	137	1,4644
12	1,4565	54	1,4596	96	1,4620	138	1,4648
13	1,4565	55	1,4596	97	1,4620	139	1,4651
14	1,4565	56	1,4599	98	1,4620	140	1,4651
15	1,4568	57	1,4599	99	1,4620	141	1,4651
16	1,4568	58	1,4599	100	1,4620	142	1,4653
17	1,4570	59	1,4601	101	1,4620	143	1,4653
18	1,4570	60	1,4601	102	1,4622	144	1,4656
19	1,4570	61	1,4601	103	1,4622	145	1,4656
20	1,4573	62	1,4601	104	1,4622	146	1,4656
21	1,4573	63	1,4601	105	1,4622	147	1,4656
22	1,4573	64	1,4601	106	1,4622	148	1,4658
23	1,4575	65	1,4603	107	1,4622	149	1,4658
24	1,4575	66	1,4603	108	1,4622	150	1,4658
25	1,4575	67	1,4603	109	1,4625	151	1,4658
26	1,4575	68	1,4603	110	1,4625	152	1,4663
27	1,4575	69	1,4603	111	1,4625	153	1,4663
28	1,4577	70	1,4603	112	1,4627	154	1,4665
29	1,4577	71	1,4603	113	1,4627	155	1,4665
30	1,4577	72	1,4603	114	1,4627	156	1,4665
31	1,4577	73	1,4606	115	1,4627	157	1,4668
32	1,4580	74	1,4606	116	1,4629	158	1,4670
33	1,4582	75	1,4606	117	1,4629	159	1,4670
34	1,4582	76	1,4606	118	1,4632	160	1,4672
35	1,4584	77	1,4606	119	1,4632	161	1,4679
36	1,4587	78	1,4608	120	1,4632	162	1,4684
37	1,4587	79	1,4608	121	1,4632	163	1,4687
38	1,4587	80	1,4608	122	1,4632	164	1,4696
39	1,4587	81	1,4610	123	1,4632	165	1,4713
40	1,4587	82	1,4610	124	1,4634		
41	1,4589	83	1,4610	125	1,4634		
42	1,4589	84	1,4613	126	1,4634		

ANEXO 3: Correlación 2

# DATOS	X PRODUCTIVIDAD	Y TIEMPO TOTAL	$X = x - \bar{x}$	$Y = y - \bar{y}$	X.Y	X ²	Y ²
1	1,4544	103,1333333	-0,01	0,48	0,00	0,00	0,23
2	1,4641	102,45	0,00	-0,21	0,00	0,00	0,04
3	1,4632	102,5166667	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,02
4	1,4610	102,6666667	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
5	1,4637	102,4833333	0,00	-0,17	0,00	0,00	0,03
6	1,4606	102,7	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
7	1,4637	102,4833333	0,00	-0,17	0,00	0,00	0,03
8	1,4622	102,5833333	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,01
9	1,4622	102,5833333	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,01
10	1,4639	102,4666667	0,00	-0,19	0,00	0,00	0,04
11	1,4639	102,4666667	0,00	-0,19	0,00	0,00	0,04
12	1,4665	102,2833333	0,01	-0,37	0,00	0,00	0,14
13	1,4634	102,5	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,02
14	1,4620	102,6	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
15	1,4603	102,7166667	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
16	1,4634	102,5	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,02
17	1,4603	102,7166667	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
18	1,4622	102,5833333	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,01
19	1,4663	102,3	0,01	-0,36	0,00	0,00	0,13
20	1,4603	102,7166667	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
21	1,4601	102,7333333	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01
22	1,4540	103,1666667	-0,01	0,51	0,00	0,00	0,26
23	1,4594	102,7833333	0,00	0,13	0,00	0,00	0,02
24	1,4596	102,7666667	0,00	0,11	0,00	0,00	0,01
25	1,4606	102,7	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
26	1,4615	102,6333333	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
27	1,4627	102,55	0,00	-0,11	0,00	0,00	0,01
28	1,4577	102,9	0,00	0,24	0,00	0,00	0,06
29	1,4618	102,6166667	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
30	1,4530	103,2333333	-0,01	0,58	0,00	0,00	0,33
31	1,4648	102,4	0,00	-0,26	0,00	0,00	0,07
32	1,4651	102,3833333	0,00	-0,27	0,00	0,00	0,07
33	1,4589	102,8166667	0,00	0,16	0,00	0,00	0,03
34	1,4625	102,5666667	0,00	-0,09	0,00	0,00	0,01
35	1,4570	102,95	0,00	0,29	0,00	0,00	0,09
36	1,4658	102,3333333	0,00	-0,32	0,00	0,00	0,10
37	1,4629	102,5333333	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,02
38	1,4622	102,5833333	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,01

39	1,4570	102,95	0,00	0,29	0,00	0,00	0,09
40	1,4589	102,8166667	0,00	0,16	0,00	0,00	0,03
41	1,4653	102,3666667	0,00	-0,29	0,00	0,00	0,08
42	1,4608	102,6833333	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
43	1,4632	102,5166667	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,02
44	1,4575	102,9166667	0,00	0,26	0,00	0,00	0,07
45	1,4599	102,75	0,00	0,09	0,00	0,00	0,01
46	1,4613	102,65	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
47	1,4582	102,8666667	0,00	0,21	0,00	0,00	0,04
48	1,4627	102,55	0,00	-0,11	0,00	0,00	0,01
49	1,4651	102,3833333	0,00	-0,27	0,00	0,00	0,07
50	1,4668	102,2666667	0,01	-0,39	0,00	0,00	0,15
51	1,4615	102,6333333	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
52	1,4558	103,0333333	-0,01	0,38	0,00	0,00	0,14
53	1,4601	102,7333333	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01
54	1,4622	102,5833333	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,01
55	1,4606	102,7	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
56	1,4620	102,6	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
57	1,4573	102,9333333	0,00	0,28	0,00	0,00	0,08
58	1,4629	102,5333333	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,02
59	1,4599	102,75	0,00	0,09	0,00	0,00	0,01
60	1,4568	102,9666667	0,00	0,31	0,00	0,00	0,10
61	1,4606	102,7	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
62	1,4587	102,8333333	0,00	0,18	0,00	0,00	0,03
63	1,4568	102,9666667	0,00	0,31	0,00	0,00	0,10
64	1,4613	102,65	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
65	1,4632	102,5166667	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,02
66	1,4603	102,7166667	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
67	1,4589	102,8166667	0,00	0,16	0,00	0,00	0,03
68	1,4565	102,9833333	0,00	0,33	0,00	0,00	0,11
69	1,4603	102,7166667	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
70	1,4589	102,8166667	0,00	0,16	0,00	0,00	0,03
71	1,4591	102,8	0,00	0,14	0,00	0,00	0,02
72	1,4606	102,7	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
73	1,4608	102,6833333	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
74	1,4577	102,9	0,00	0,24	0,00	0,00	0,06
75	1,4610	102,6666667	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
76	1,4601	102,7333333	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01
77	1,4615	102,6333333	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
78	1,4558	103,0333333	-0,01	0,38	0,00	0,00	0,14
79	1,4603	102,7166667	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00

80	1,4594	102,7833333	0,00	0,13	0,00	0,00	0,02
81	1,4580	102,8833333	0,00	0,23	0,00	0,00	0,05
82	1,4615	102,6333333	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
83	1,4577	102,9	0,00	0,24	0,00	0,00	0,06
84	1,4637	102,4833333	0,00	-0,17	0,00	0,00	0,03
85	1,4601	102,7333333	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01
86	1,4665	102,2833333	0,01	-0,37	0,00	0,00	0,14
87	1,4656	102,35	0,00	-0,31	0,00	0,00	0,09
88	1,4696	102,0666667	0,01	-0,59	0,00	0,00	0,35
89	1,4575	102,9166667	0,00	0,26	0,00	0,00	0,07
90	1,4603	102,7166667	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
91	1,4610	102,6666667	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
92	1,4563	103	0,00	0,34	0,00	0,00	0,12
93	1,4575	102,9166667	0,00	0,26	0,00	0,00	0,07
94	1,4622	102,5833333	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,01
95	1,4634	102,5	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,02
96	1,4627	102,55	0,00	-0,11	0,00	0,00	0,01
97	1,4670	102,25	0,01	-0,41	0,00	0,00	0,17
98	1,4622	102,5833333	0,00	-0,07	0,00	0,00	0,01
99	1,4656	102,35	0,00	-0,31	0,00	0,00	0,09
100	1,4587	102,8333333	0,00	0,18	0,00	0,00	0,03
101	1,4516	103,3333333	-0,01	0,68	-0,01	0,00	0,46
102	1,4620	102,6	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
103	1,4620	102,6	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
104	1,4556	103,05	-0,01	0,39	0,00	0,00	0,15
105	1,4658	102,3333333	0,00	-0,32	0,00	0,00	0,10
106	1,4565	102,9833333	0,00	0,33	0,00	0,00	0,11
107	1,4656	102,35	0,00	-0,31	0,00	0,00	0,09
108	1,4584	102,85	0,00	0,19	0,00	0,00	0,04
109	1,4573	102,9333333	0,00	0,28	0,00	0,00	0,08
110	1,4632	102,5166667	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,02
111	1,4587	102,8333333	0,00	0,18	0,00	0,00	0,03
112	1,4587	102,8333333	0,00	0,18	0,00	0,00	0,03
113	1,4596	102,7666667	0,00	0,11	0,00	0,00	0,01
114	1,4577	102,9	0,00	0,24	0,00	0,00	0,06
115	1,4573	102,9333333	0,00	0,28	0,00	0,00	0,08
116	1,4644	102,4333333	0,00	-0,22	0,00	0,00	0,05
117	1,4713	101,95	0,01	-0,71	-0,01	0,00	0,50
118	1,4637	102,4833333	0,00	-0,17	0,00	0,00	0,03
119	1,4620	102,6	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
120	1,4651	102,3833333	0,00	-0,27	0,00	0,00	0,07

121	1,4625	102,5666667	0,00	-0,09	0,00	0,00	0,01
122	1,4620	102,6	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
123	1,4687	102,1333333	0,01	-0,52	0,00	0,00	0,27
124	1,4679	102,1833333	0,01	-0,47	0,00	0,00	0,22
125	1,4575	102,9166667	0,00	0,26	0,00	0,00	0,07
126	1,4570	102,95	0,00	0,29	0,00	0,00	0,09
127	1,4613	102,65	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
128	1,4618	102,6166667	0,00	-0,04	0,00	0,00	0,00
129	1,4537	103,1833333	-0,01	0,53	0,00	0,00	0,28
130	1,4658	102,3333333	0,00	-0,32	0,00	0,00	0,10
131	1,4672	102,2333333	0,01	-0,42	0,00	0,00	0,18
132	1,4656	102,35	0,00	-0,31	0,00	0,00	0,09
133	1,4653	102,3666667	0,00	-0,29	0,00	0,00	0,08
134	1,4613	102,65	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
135	1,4596	102,7666667	0,00	0,11	0,00	0,00	0,01
136	1,4575	102,9166667	0,00	0,26	0,00	0,00	0,07
137	1,4641	102,45	0,00	-0,21	0,00	0,00	0,04
138	1,4601	102,7333333	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01
139	1,4620	102,6	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
140	1,4599	102,75	0,00	0,09	0,00	0,00	0,01
141	1,4596	102,7666667	0,00	0,11	0,00	0,00	0,01
142	1,4608	102,6833333	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
143	1,4670	102,25	0,01	-0,41	0,00	0,00	0,17
144	1,4601	102,7333333	0,00	0,08	0,00	0,00	0,01
145	1,4637	102,4833333	0,00	-0,17	0,00	0,00	0,03
146	1,4596	102,7666667	0,00	0,11	0,00	0,00	0,01
147	1,4632	102,5166667	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,02
148	1,4587	102,8333333	0,00	0,18	0,00	0,00	0,03
149	1,4603	102,7166667	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
150	1,4615	102,6333333	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,00
151	1,4663	102,3	0,01	-0,36	0,00	0,00	0,13
152	1,4644	102,4333333	0,00	-0,22	0,00	0,00	0,05
153	1,4582	102,8666667	0,00	0,21	0,00	0,00	0,04
154	1,4596	102,7666667	0,00	0,11	0,00	0,00	0,01
155	1,4684	102,15	0,01	-0,51	0,00	0,00	0,26
156	1,4632	102,5166667	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,02
157	1,4625	102,5666667	0,00	-0,09	0,00	0,00	0,01
158	1,4627	102,55	0,00	-0,11	0,00	0,00	0,01
159	1,4665	102,2833333	0,01	-0,37	0,00	0,00	0,14
160	1,4565	102,9833333	0,00	0,33	0,00	0,00	0,11
161	1,4589	102,8166667	0,00	0,16	0,00	0,00	0,03

162	1,4549	103,1	-0,01	0,44	0,00	0,00	0,20
163	1,4596	102,7666667	0,00	0,11	0,00	0,00	0,01
164	1,4556	103,05	-0,01	0,39	0,00	0,00	0,15
165	1,4658	102,3333333	0,00	-0,32	0,00	0,00	0,10