

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Propuesta de Estandarización de los Procesos Administrativos del Taller
de Servicios y Optimización de los Procesos de Apoyo del Mantenimiento
Preventivo del Taller Matriz de PROAUTO C.A.**

Luis Eduardo Martínez Córdova

David Esteban Mera Valdivieso

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniería Industrial

Quito, julio de 2011

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Propuesta de Estandarización de los Procesos Administrativos del Taller
de Servicios y Optimización de los Procesos de Apoyo del Mantenimiento
Preventivo del Taller Matriz de PROAUTO C.A.**

Luis Eduardo Martínez Córdova

David Esteban Mera Valdivieso

Daniel Merchán, M.Sc.
Director de Tesis y
Miembro del Comité de Tesis

Ximena Córdova, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

Diego Gabela, MBA.
Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, M.Sc.
Decano del Colegio Politécnico

Quito, julio de 2011

© Derechos de autor
Luis Eduardo Martínez Córdova
David Esteban Mera Valdivieso
2011

DEDICATORIA

A nuestros padres, hermanas y abuelos, porque han sido un soporte incondicional en nuestras vidas.

A nuestros profesores, porque han sido los artífices de nuestra formación profesional.

RESUMEN

Este proyecto se inició como un requerimiento de General Motors Ecuador para el levantamiento de los procesos administrativos del taller de servicios de PROAUTO C.A. Luego del levantamiento de los procesos administrativos, se identificó el proceso crítico, siendo éste el Mantenimiento Preventivo del Taller Matriz. Posteriormente, por medio de una simulación se determinó que el Área de Lavado era el cuello de botella. Para su mejora se utilizaron algunas herramientas de ingeniería como las Metodologías Seis Sigma y 5's, además de la estandarización de los procesos de lavado y secado; y por último, la aplicación del Sistema PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir) para los vehículos. A continuación, se presentaron tres propuestas para la optimización del Área de Lavado; cada una con cinco escenarios. La mejor propuesta, debía atender la mayor cantidad de vehículos el mismo día, la misma que consideraría estandarizar el proceso, usar el Sistema PEPS y utilizar las máquinas Karcher para lavar y aspirar. De igual manera, el escenario elegido fue el que restringía la recepción de vehículos, debiendo recibirse máximo hasta las 11:30 am. Finalmente, se calculó el costo de implementación de la propuesta seleccionada y su repercusión en la satisfacción al cliente.

ABSTRACT

This project started as a requirement from General Motors Ecuador, with the purpose of understanding the administrative processes of PROAUTO C.A.'s job shop. Once all processes were understood and diagrammed, the critical process was identified, which was the "Preventive Maintenance of the Main Job Shop". Consequently, by the use of simulation, the bottleneck of the process was the "Washing Area". In order to improve this process, it was necessary the use of some engineering tools such as: Six Sigma, 5's, FIFO and the standardization of the processes of washing and drying. After all this analysis, three proposals were suggested to the company with the goal of optimizing the "Washing Area". Each of the proposals, were study within five different scenarios to observe the behavior of the process. The best proposal, takes into consideration the standardization of the process, the FIFO system and the use of the Karcher washing and vacuum cleaner machines. Same wise, the best scenario chosen, was the one that restrained the reception of vehicles until 11:30 am. Finally, the cost of the investment was calculated, same as the customer satisfaction.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES.....	2
1.1. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LAS EMPRESAS INVOLUCRADAS EN EL ESTUDIO.....	2
1.1.1. <i>General Motors</i>	2
1.1.2. <i>PROAUTO C.A.</i>	2
1.1.2.1. Historia	2
1.1.2.2. Misión.....	3
1.1.2.3. Visión	3
1.1.2.4. Valores.....	3
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. <i>Objetivo Final</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PROCESOS.....	5
2.2. SIMULACIÓN	7
2.2.1. <i>Muestreo</i>	12
2.2.2. <i>Aleatoriedad e Independencia de los datos</i>	13
2.2.2.1. Independencia.....	13
2.2.2.2. Aleatoriedad	14
2.2.3. <i>Distribución de los Datos</i>	14
2.2.3.1. Chi-Cuadrado	15
2.2.3.2. Kolgomorov-Smirnov	15
2.2.3.3. Anderson-Darling	15
2.2.4. <i>Prueba de Hipótesis de Igualdad de Medias con Varianzas Desconocidas</i>	15
2.2.5. <i>Diagrama de Caja</i>	16
2.2.6. <i>Número de Réplicas</i>	17
2.3. SEIS SIGMA	18
2.3.1. <i>Definir</i>	18
2.3.2. <i>Medir</i>	19
2.3.3. <i>Analizar</i>	19
2.3.4. <i>Implementar</i>	20
2.3.5. <i>Controlar</i>	20
2.3.6. <i>Pruebas de Normalidad</i>	21
2.3.7. <i>Pruebas de Hipótesis</i>	22
2.3.8. <i>Diagrama de Causa y Efecto</i>	22
2.4. METODOLOGÍA 5 ^º S.....	23

2.5.	GOOGLE SKETCHUP.....	27
3.	CAPÍTULO III: PROCESOS ADMINISTRATIVOS DEL TALLER DE SERVICIOS DE PROAUTO C.A.....	29
3.1.	REQUERIMIENTO DE LEVANTAMIENTO DE PROCESOS.....	29
3.1.1.	<i>Solicitud de General Motors</i>	29
3.1.2.	<i>Metodología para la Identificación del Proceso Crítico</i>	29
3.2.	LEVANTAMIENTO DE PROCESOS INICIALES.....	29
3.2.1.	<i>Taller Matriz</i>	29
3.2.1.1.	Mantenimiento Preventivo.....	29
3.2.1.1.1.	Mantenimiento con Cita.....	30
3.2.1.1.2.	Mantenimiento sin Cita.....	31
3.2.1.2.	Mecánica Especializada.....	31
3.2.1.3.	Garantías.....	32
3.2.2.	<i>Chevy Express Condado Shopping</i>	33
3.2.3.	<i>Camiones</i>	34
3.2.4.	<i>Colisiones</i>	35
3.3.	REUNIONES CON LA GERENCIA.....	36
3.4.	PROPUESTAS INICIALES DE MEJORA.....	37
3.5.	PROCESOS MODIFICADOS.....	38
3.5.1.	<i>Taller Matriz</i>	38
3.5.1.1.	Mantenimiento Preventivo.....	38
3.5.1.1.1.	Mantenimiento con cita.....	38
3.5.1.1.2.	Mantenimiento con cita MPP.....	39
3.5.1.1.3.	Mantenimiento sin cita.....	39
3.5.1.2.	Mecánica Especializada.....	40
3.5.1.2.1.	Mecánica Especializada con cita.....	40
3.5.1.2.2.	Mecánica Especializada sin cita.....	40
3.5.1.3.	Garantías.....	40
3.5.1.3.1.	Garantías con cita.....	40
3.5.1.3.2.	Garantías sin cita.....	41
3.5.2.	<i>Chevy Express Condado Shopping</i>	41
3.5.2.1.	<i>Chevy Express con cita</i>	41
3.5.2.2.	<i>Chevy Express con cita MPP</i>	41
3.5.2.3.	<i>Chevy Express sin cita</i>	41
3.5.3.	<i>Camiones</i>	42
3.5.3.1.	<i>Camiones con cita</i>	42
3.5.3.2.	<i>Camiones sin cita</i>	42
3.5.4.	<i>Colisiones</i>	43
3.5.4.1.	<i>Colisiones sin cita</i>	43
3.6.	CONCLUSIONES DE LOS PROCESOS ADMINISTRATIVOS DEL TALLER DE SERVICIOS DE PROAUTO C.A.	43

3.7.	ANÁLISIS DEL PROCESO CRÍTICO	44
4.	CAPÍTULO IV: SIMULACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL TALLER MATRIZ DE PROAUTO C.A.....	49
4.1.	TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	49
4.1.1.	<i>Tamaño de la Población.....</i>	49
4.1.2.	<i>Población de Éxito o Proporción Esperada.....</i>	52
4.1.3.	<i>Determinación de la precisión.....</i>	52
4.1.4.	<i>Nivel de Confianza.....</i>	52
4.1.5.	<i>Obtención de la muestra.....</i>	53
4.2.	TOMA DE TIEMPOS.....	53
4.3.	ANÁLISIS DE ALEATORIEDAD E INDEPENDENCIA DE LOS DATOS	55
4.4.	DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS	58
4.5.	PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE SIMULACIÓN	62
4.5.1.	<i>Delimitación de Entrada de Vehículos al Taller.....</i>	63
4.5.2.	<i>Porcentajes de Clientes Agendados y no Agendados.....</i>	63
4.5.3.	<i>Descripción de los Distintos Tipos de Mantenimiento.....</i>	63
4.5.4.	<i>División Porcentual de Tipos de Mantenimiento.....</i>	64
4.5.5.	<i>Porcentaje de Vehículos que ingresan a la Auditoría de Calidad.....</i>	66
4.5.6.	<i>Verificación del Modelo de Simulación.....</i>	66
4.5.7.	<i>Validación del Modelo de Simulación.....</i>	66
4.6.	DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE RÉPLICAS PARA EL MODELO DE SIMULACIÓN	76
4.7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	77
4.8.	OPORTUNIDADES DE MEJORA	80
5.	CAPÍTULO V: PROYECTO SEIS SIGMA PARA EL ÁREA DE LAVADO EN EL TALLER MATRIZ DE PROAUTO C.A.....	81
5.1.	FASE DEFINIR.....	81
5.2.	FASE MEDIR.....	82
5.2.1.	<i>Pruebas de Hipótesis de Igualdad de Medias con Varianza Desconocida.....</i>	85
5.3.	FASE ANALIZAR.....	88
5.3.1.	<i>Falta de Estandarización en el Proceso de Lavado y Secado.....</i>	89
5.3.2.	<i>Falta de Cumplimiento de PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir).....</i>	90
5.3.3.	<i>Falta de Organización y Limpieza.....</i>	91
5.4.	FASE MEJORAR.....	93
6.	CAPÍTULO VI: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA 5'S EN EL ÁREA DE LAVADO DEL TALLER MATRIZ DE PROAUTO C.A.	94
6.1.	SITUACIÓN INICIAL	94
6.1.1.	<i>Zona de Lavado.....</i>	94
6.1.2.	<i>Zona de Secado.....</i>	100

6.2.	METODOLOGÍA 5'S.....	105
6.2.1.	<i>Organizar (Seiri)</i>	106
6.2.2.	<i>Ordenar (Seiton)</i>	107
6.2.3.	<i>Limpiar (Seison)</i>	108
6.2.4.	<i>Estandarizar (Seiketsu)</i>	109
6.2.5.	<i>Mantener (Shitsuke)</i>	111
7.	CAPÍTULO VII: MODIFICACIÓN DEL LAYOUT Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE LAVADO Y SECADO EN EL TALLER MATRIZ DE PROAUTO C.A.	114
7.1.	SITUACIÓN ACTUAL.....	114
7.2.	SISTEMA PEPS (PRIMERO EN ENTRAR, PRIMERO EN SALIR).....	114
7.3.	ESTANDARIZACIÓN PROCESO DE LAVADO.....	122
7.4.	ESTANDARIZACIÓN PROCESO DE SECADO.....	123
8.	CAPÍTULO VIII: PROPUESTAS DE MEJORAS ADICIONALES PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL ÁREA DE LAVADO EN EL TALLER MATRIZ DE PROAUTO C.A.....	125
8.1.	ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PROAUTO C.A. DENTRO DE LOS CINCO ESCENARIOS.....	127
8.2.	ANÁLISIS DE LA PROPUESTA #1 PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PROAUTO C.A. DENTRO DE LOS CINCO ESCENARIOS.....	129
8.3.	ANÁLISIS DE LA PROPUESTA #2 PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PROAUTO C.A. DENTRO DE LOS CINCO ESCENARIOS.....	132
8.4.	ANÁLISIS DE LA PROPUESTA #3 PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE PROAUTO C.A. DENTRO DE LOS CINCO ESCENARIOS.....	135
8.5.	ANÁLISIS DE LA MEJOR PROPUESTA.....	140
8.6.	COMENTARIOS ADICIONALES SOBRE LA CAPACIDAD DEL PROCESO.....	145
9.	CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO PARA LA PROPUESTA EN EL ÁREA DE LAVADO DEL TALLER MATRIZ DE PROAUTO C.A.	147
9.1.	COSTOS.....	147
9.2.	BENEFICIOS.....	148
10.	CAPÍTULO X: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	159
10.1.	CONCLUSIONES.....	159
10.2.	RECOMENDACIONES.....	163

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 3-1: Análisis del proceso crítico dentro de PROAUTO C.A.....	44
Tabla 4-1: Provincias de clientes atendidos	50
Tabla 4-2: Vehículos vendidos por General Motors sin considerar camiones y buses.....	51
Tabla 4-3: Pruebas de corrida de las observaciones	57
Tabla 4-4: Distribuciones de los datos con el valor-p respectivo	60
Tabla 4-5: Porcentajes de clientes agendados desde enero hasta abril del 2011	63
Tabla 4-6: Tempario General del Plan de Mantenimiento PROAUTO C.A.....	64
Tabla 4-7: División porcentual por tipo de mantenimiento.....	65
Tabla 4-8: Ingreso de vehículos por asesor los lunes desde enero hasta abril del 2011	70
(Archivo PROAUTO C.A.).....	70
Tabla 4-9: Ingreso de vehículos por en el registro del Gerente de Servicios y el ingreso de vehículos por la simulación	71
Tabla 4-10: Porcentaje de vehículos atendidos en el registro DMS y el porcentaje de vehículos atendidos en la simulación.....	74
Tabla 4-11: Número de replicas.....	77
(Elaboración propia).....	77
Tabla 4-12: Resultados de la variable de decisión de la simulación.....	78
Tabla 4-13: Resultado de la simulación con 16 réplicas	78
Tabla 5-1: Tiempos reales de los procesos de lavado y secado comparados con la meta de los mismos.	82
Tabla 5-2: Tiempos de lavado, secado y tiempo muerto.....	83
(Elaboración propia).....	84
(Elaboración propia).....	84
Tabla 8-1: Distribución de la carga de trabajo a lo largo de la semana	126
(Elaboración propia).....	126
Tabla 8-2: Tabla resumen de porcentajes del proceso actual en los 5 escenarios	127
Tabla 8-3: Tabla resumen de tiempos del proceso actual en los 5 escenarios.....	128
Tabla 8-4: Tabla resumen de porcentajes de la propuesta #1 en los 5 escenarios.....	130
Tabla 8-5: Tabla resumen de tiempos de la propuesta #1 en los 5 escenarios	131
Tabla 8-6: Tabla resumen de porcentajes de la propuesta #2 en los 5 escenarios.....	134
Tabla 8-7: Tabla resumen de tiempos de la propuesta #2 en los 5 escenarios	134

Tabla 8-8: Tabla resumen de porcentajes de la propuesta #3 en los 5 escenarios.....	137
Tabla 8-9: Tabla resumen de tiempos de la propuesta #3 en los 5 escenarios	138
Tabla 8-10: Tabla resumen de todas las propuestas para comparar con el proceso actual en los 5 escenarios	139
Tabla 8-11: Comparación entre el proceso actual con la propuesta #2 en relación a cantidad de vehículos atendidos.....	143
Tabla 8-12: Comparación entre el proceso actual con la propuesta #2 en relación al tiempo en el área de lavado y al tiempo total que permanece un vehículo en PROAUTO C.A...	144
Tabla 9-1: Costos relacionados con la Propuesta #2.....	148
Tabla 9-2: Porcentaje de retención de clientes en el año 2008.....	152
Tabla 9-3: Retención de clientes durante el año 2011	153
Tabla 9-4: Facturación por mes en el año 2008.....	154
Tabla 9-5: Facturación por mes en el año 2008 sin Marzo y Junio	155
Tabla 9-6: Facturación por mes en el año 2011	156

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 3-1: Gráfica de barras de vehículos atendidos	45
Figura 3-2: Gráfica de pastel de vehículos atendidos	45
Figura 3-3: Gráfica de barras de Ingreso	46
Figura 3-4: Gráfica de pastel para Ingreso	47
Figura 3-5: Gráfica de pastel para Ganancias	47
Figura 4-1: Estudio de mercado de General Motors	50
Figura 4-2: Porcentajes de camiones y buses dentro de las ventas de General Motors	51
Figura 4-3: Ingreso de vehículos por mes	54
Figura 4-4: Ingreso de vehículos por semana y por mes	54
Figura 4-5: Diagrama de dispersión para tiempos de recepción	56
Figura 4-6: Distribución de los datos para tiempos de recepción	59
Figura 4-7: Prueba de normalidad para el número de vehículos ingresados en PROAUTO C.A.	67
Figura 4-8: Prueba de normalidad para el número de vehículos ingresados en la simulación.	68
Figura 4-9: Prueba de normalidad para el porcentaje de vehículos atendidos en PROAUTO C.A.	69
Figura 4-10: Prueba de normalidad para el porcentaje de vehículos atendidos en la simulación	70
Figura 4-11: Diagrama de caja y bigote para la comparación de medias de ingreso de vehículos	73
Figura 4-12: Diagrama de caja y bigote para la comparación de medias del porcentaje de vehículos atendidos	75
Figura 4-13: Utilización de los recursos	79
Figura 5-1: Observación inicial de los problemas encontrados en el área de lavado.	81
Figura 5-2: Gráfico de tiempos de lavado PROAUTO C.A., Super Wash y la meta de la gerencia	84
Figura 5-3: Gráfico de tiempos de secado PROAUTO C.A., Super Wash y la meta de la gerencia	84
Figura 5-4: Prueba de normalidad para los tiempos de lavado	86

Figura 5-5: Prueba de normalidad para los tiempos de secado	87
Figura 5-6: Diagrama de Causa y Efecto para el proceso de lavado-secado.....	88
Figura 6-1: Lugar de almacenamiento del Área de Lavado	106
Figura 6-2: Estantería Zona de Lavado	107
Figura 6-3: Anaquel para colgar trapos.....	108
Figura 6-4: Delimitación de artículos.....	108
Figura 6-5: Zona de Lavado libre de basura.....	109
Figura 6-6: Proceso de Lavado	110
Figura 6-7: Proceso de Secado.....	110
Figura 6-8: Avisos obligatorios dentro del área de trabajo	111
Figura 7-1: Distribución propuesta para el Área de Lavado de PROAUTO C.A	121
Figura 8-1: Hidrolavadora Karcher de alta presión agua fría - Eléctrica HD 9/18.....	132
Figura 8-2: Aspiradora Industrial seco- húmedo Karcher NT 68/2 ECO	133
Figura 8-3: Puente para lavado profesional Karcher CB 1/23 Basic	136
Figura 8-4: Aspiradora Industrial seco- húmedo Karcher NT 68/2 ECO	137
Figura 9-1: Estructuración entre asesores y técnicos en el año 2007 en la Matriz de PROAUTO C.A.	149
Figura 9-2: Estructuración entre asesores y técnicos en el año 2008 en la Matriz de PROAUTO C.A.	150
Figura 9-3: Resultados de la implementación durante el año 2008 en la Matriz de PROAUTO C.A.	151
Figura 9-4: Gráfico de tendencia lineal positiva de la retención de clientes en el año 2008	152
Figura 9-5: Gráfico de tendencia lineal positiva de la facturación por mes en el año 2008	154
Figura 9-6: Gráfico de tendencia lineal positiva de la facturación por mes en el año 2008 sin Marzo y Junio	155

LISTA DE FOTOGRAFÍA

	Pag.
Fotografía 5-1: Evidencia de falta de cumplimiento del FIFO en la lavadora	90
Fotografía 5-2: Evidencia de falta de cumplimiento del FIFO en la secadora	91
Fotografía 5-3: Evidencia de falta de limpieza	92
Fotografía 5-4: Evidencia de falta de organización	93
Fotografía 6-1: Zona de Lavado	95
Fotografía 6-2: Baldes de basura y pozo para sedimentos	96
Fotografía 6-3: Mezcla entre artículos de lavado y basura.....	97
Fotografía 6-4: Falta de ubicación para secar trapeadores	98
Fotografía 6-5: Balde de jabón y manguera en medio de la Zona de Lavado.....	99
Fotografía 6-6: Zona de Secado.....	100
Fotografía 6-7: Basurero.....	101
Fotografía 6-8: Aspiradora	102
Fotografía 6-9: Artículos de limpieza	103
Fotografía 6-10: Falta de orden en los artículos	104
Fotografía 6-11: Acumulación de basura	105
Fotografía 7-1: Pared que divide Zona de Máquinas y Zona Aceite Quemado	115
Fotografía 7-2: Pared de la Bodega de Aceite	116
Fotografía 7-3 Pared que divide la parte del Taller con la Zona de Secado.....	117
Fotografía 7-4: Bodega de Garantías	118
Fotografía 7-5: Paneles eléctricos	119
Fotografía 7-6: Generador eléctrico	120

Propuesta de Estandarización de los Procesos Administrativos del Taller de Servicios y Optimización de los Procesos de Apoyo del Mantenimiento Preventivo del Taller Matriz de PROAUTO C.A.

Introducción

El proyecto se inició por cuanto General Motors Ecuador solicitó se realice el levantamiento de los procesos administrativos del taller de servicios de PROAUTO C.A. Posterior al levantamiento de los procesos administrativos se identificó como el proceso crítico al Mantenimiento Preventivo del Taller Matriz ya que presentaba tener la mayor cantidad de vehículos atendidos, mayores ingresos y ganancias. Luego por medio de una simulación se determinó que el Área de Lavado era la segunda parte del proceso crítico que mayor tiempo tomaba luego del cuello de botella que era el trabajo de los Técnicos. No se consideró en el estudio la parte del trabajo de los Técnicos debido a que éste iba a ser el enfoque de otra tesis.

Para optimizar el Área de Lavado se usaron algunas herramientas de ingeniería como son las Metodologías Seis Sigma y 5's, además de la estandarización de los procesos de lavado y secado; y por último, la aplicación del Sistema PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir) para los vehículos. Se presentaron tres propuestas adicionales para la optimización del Área de Lavado, cada una de ellas con cinco escenarios. La mejor propuesta fue escogida basándose en la cantidad de vehículos que se atendía el mismo día, siendo esta la que consideraría estandarizar el proceso, usar el Sistema PEPS y utilizar la lavadora y aspiradora Karcher. Asimismo, el escenario escogido fue el que restringía la recepción de vehículos, siendo las 11H30 la hora máxima de recepción. Por último, se calculó el costo de implementación de la propuesta seleccionada y su repercusión en la satisfacción al cliente.

1. Capítulo I: Antecedentes Generales

1.1. Información General sobre las Empresas involucradas en el Estudio

En este capítulo se describirá de manera general las empresas que formaron parte del estudio.

1.1.1. General Motors

General Motors fue fundada en 1908, sus oficinas centrales se encuentran localizadas en Detroit, Estados Unidos. Tiene fábricas que se encargan de la elaboración de vehículos y camiones en 31 países. A parte de la elaboración de vehículos, también se encarga de la comercialización de los mismos bajo las siguientes marcas: Buick, Cadillac, Chevrolet, GMC, Daewoo, Holden, Isuzu, Jiefang, Opel, Vauxhall y Wuling. Emplea 209000 personas alrededor del mundo, motivo por el cual es considerada una de las empresas más grandes del planeta; además, realiza negocios en más de 120 países. Su presencia a nivel mundial es muy amplia, sin embargo, sus mayores mercados son China, Estados Unidos, Brasil, Reino Unido, Alemania, Canadá y Rusia. También, General Motors con su empresa subsidiaria On Star, es líder en seguridad vehicular y servicios de información. (General Motors)

Con respecto al Ecuador, General Motors inició sus operaciones en 1987. En la actualidad en el país se ensamblan y comercializan vehículos Chevrolet, que por su alta calidad han colocado a la empresa como líder del mercado automotriz nacional. Además, debido al gran porcentaje de aceptación de esta marca, General Motors Ecuador ha llegado a consolidarse como una de las empresas más grandes del país. (Chevrolet)

1.1.2. PROAUTO C.A.

1.1.2.1. Historia

PROAUTO C.A. es un concesionario autorizado de la marca Chevrolet. Esta compañía se encarga de la comercialización de vehículos, venta de accesorios y repuestos y, ofrece servicios de taller mecánico a vehículos livianos y pesados. La empresa comenzó sus operaciones en Quito en 1989. En sus inicios empezó importando productos General Motos Colmotores de Colombia, principalmente camiones, siendo así la primera empresa en el Ecuador en importar estos productos. Para Julio de 1993, PROAUTO C.A. se

convierte formalmente en un concesionario de la marca Chevrolet, ya que recibió la concesión de General Motors Ecuador. Es así que, desde ese momento la empresa podía comercializar toda la línea de vehículos Chevrolet en la provincia de Pichincha. En el 2006 abren una nueva sucursal en Cayambe y en el 2007 se abre otro local en el Centro Comercial Condado Shopping, con el fin de brindar un mejor servicio a sus clientes. (PROAUTO)

1.1.2.2. Misión

“Comercializar vehículos y prestar servicios de post-venta de calidad a nivel nacional, superando las expectativas de los clientes, alcanzando altos niveles de productividad, rentabilidad, con personal calificado y comprometido, contribuyendo al desarrollo del Ecuador.”

1.1.2.3. Visión

“Ser líder en la comercialización de vehículos y servicios de post-venta, gracias a la calidad de sus productos y servicios, a su gestión transparente, al profesionalismo de sus recursos humanos y a la lealtad de sus clientes.”

1.1.2.4. Valores

Los principales valores en los que PROAUTO C.A se fundamentan son: “Ética, orientación al cliente, orientación a resultados y calidad de trabajo.”

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Final

Plantear una propuesta que tenga como fin conseguir atender más vehículos en un mismo día, incrementado la satisfacción del cliente, mediante la optimización de los procesos administrativos de interés del Concesionario PROAUTO C.A, a través del uso de herramientas de ingeniería.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Levantar los procesos administrativos de interés en el taller de servicios de PROAUTO C.A. y seleccionar el crítico.
- Identificar el área que mayores problemas presenta dentro del proceso crítico.
- Proponer mecanismos de solución en el área identificada, mediante la aplicación de herramientas de ingeniería, con el fin de mejorar el flujo de vehículos dentro del proceso.

- Indicar las propuestas de optimización para el área de estudio.
- Seleccionar la mejor propuesta, su costo y su repercusión en cuanto a la satisfacción del cliente.

2. Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Representación Gráfica de Procesos

La Representación Gráfica de Procesos es la diagramación de los procesos de una manera clara y comprensible. Además, es útil para conocer el orden secuencial de las actividades. Una de las formas para representar gráficamente un proceso es mediante flujogramas. (Mejía García)

Flujograma

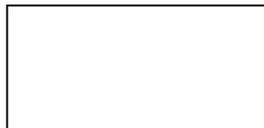
El Flujograma es un método que representa de manera gráfica la secuencia de actividades que se dan en un proceso, así como, su interacción entre ellas. También permite conocer los documentos que intervienen y las personas o departamentos involucrados. Para su diagramación, se usan símbolos con el fin de representar las etapas de los procesos, los mismos que son conectados entre ellos mediante flechas. Los símbolos utilizados son los propuestos por la ANSI (American National Standards Institute) de los Estados Unidos. (Mejía García)

Algunos de los símbolos más importantes se encuentran a continuación:

- Límites: Este símbolo se lo utiliza para representar el inicio y el fin del proceso.



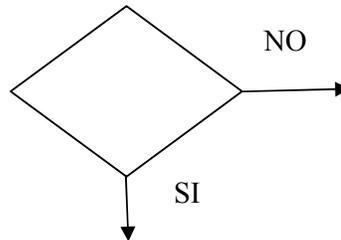
- Acción: Este símbolo se lo usa para representar una actividad, se coloca en su interior una descripción de la misma.



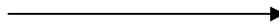
- Documento: Símbolo que se lo utiliza cuando se va a representar un documento que debe ser entregado durante el proceso.



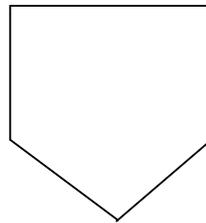
- Decisión: Este símbolo se lo utiliza cuando se va a tomar una decisión, expresada como una pregunta; la misma que se escribe dentro del rombo y dependiendo de la respuesta se elige la flecha a seguir.



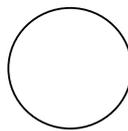
- Sentido del flujo: Este símbolo indica el sentido que debe seguir el proceso.



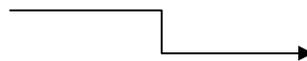
- Conector a otra página: Se lo usa para mostrar el enlace de una página a otra donde continúa el proceso.



- Conector en la misma página: Símbolo que se lo usa para mostrar el enlace de actividades entre personas o departamentos que se encuentran en una misma página.



- Transmisión: Sirve para mostrar la transmisión de datos por vía electrónica.



(Mejía García)

Los flujogramas son una herramienta importante para la Diagramación de Procesos, es así que, algunas de las ventajas de éstos se listarán a continuación:

- Facilita la ejecución de trabajos
- Describe los pasos del proceso
- No permite improvisaciones
- Permite visualizar todo el proceso
- Muestra las fortalezas y debilidades del proceso
- Ayuda a equilibrar las cargas laborales
- Crea un sentido de responsabilidad
- Indica los límites del proceso
- Muestra la diferencia existente entre lo que se debería hacer con lo que realmente se está haciendo
- Ayuda a incrementar la productividad y calidad.

(Mejía García)

Luego de que se ha indicado los símbolos más importantes y las ventajas de los flujogramas, es necesario conocer cómo se elabora uno. A pesar de que cada proceso es distinto, existen indicaciones simples que se pueden seguir al momento de la diagramación.

1. Utilizar únicamente los símbolos necesarios para simplificar el flujograma.
2. Se recomienda usar una sola hoja ya que así el proceso es más visible y se facilita su manejo.
3. El tamaño de los símbolos debe ser equivalente.
4. Se unen las acciones con flechas.
5. El texto dentro de los símbolos debe ser corto y concreto.
6. La presentación debe ser clara y no debe traer confusiones a los que la lean.

(Mejía García)

2.2.Simulación

La simulación es una manera de entender un proceso de manera visual. Para poder realizar una simulación, hay que considerar los diferentes componentes de un sistema. La entidad es el objeto de estudio en el sistema. Un atributo es una cierta propiedad de la entidad. Una actividad representa un periodo de tiempo de cierta duración. Por ejemplo, si el estudio se realiza en un banco, las entidades pueden ser los clientes del banco, el balance

de sus cuentas es el atributo y el tiempo que se demoran realizando un depósito puede ser la actividad. (Banks)

Los sistemas pueden caer en dos categorías, sistema discreto o sistema continuo. Un sistema discreto es aquel en el cual las variables cambian de forma discreta en el tiempo. En el ejemplo del banco, la variable “clientes” cambia cada vez que un cliente llega al banco y cada vez que un cliente sale del banco luego de ser atendido. Por lo contrario, un sistema continuo es aquel en el cual las variables cambian de forma continua en el tiempo. Un ejemplo es el flujo de agua en una tubería, en donde la variable cambia de forma continua en el tiempo. (Banks)

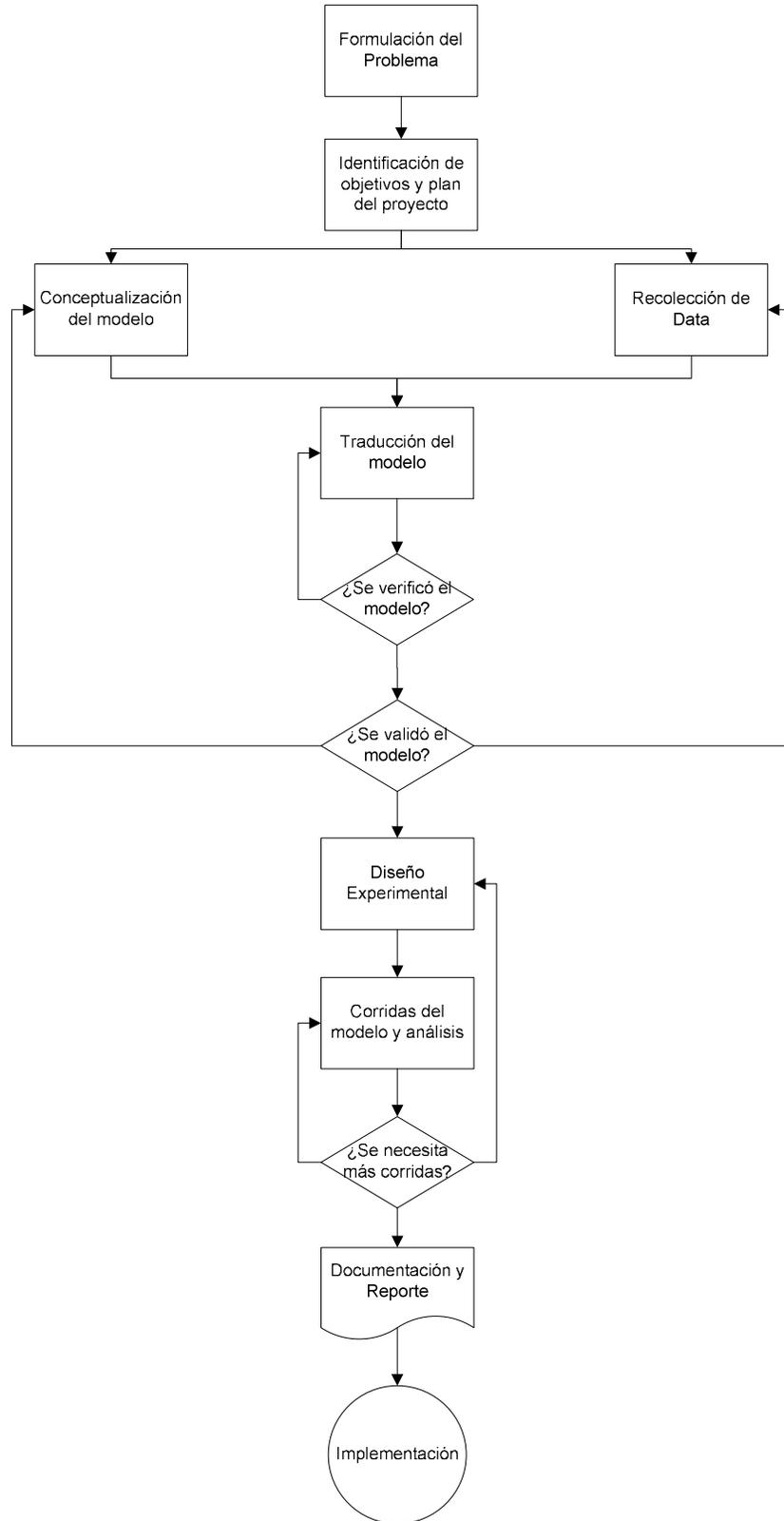
Los modelos de simulación son particularmente un tipo de modelo matemático. Los modelos de simulación pueden ser clasificados en estáticos o dinámicos, determinísticos o estocásticos y discretos o continuos. Un modelo de simulación estático, es el estudio de un sistema en un punto en el tiempo, mientras que un modelo dinámico es el estudio de un sistema a lo largo de un periodo de tiempo. Los modelos determinísticos son aquellos en los cuales las variables de entrada son conocidas y solo pueden dar un solo conjunto de resultados. Un ejemplo puede ser la llegada de pacientes a un consultorio ya que previamente se realizaron citas para organizar el tiempo del doctor. Por otro lado, un modelo estocástico es aquel en el cual las variables de entradas son desconocidas dando resultados aleatorios. Un ejemplo de este tipo de modelos es en un banco en donde la llegada de clientes es aleatoria y no se tiene control sobre ellos. (Banks)

El estudio a ser realizado en el proceso de mantenimiento preventivo, se asemeja a un modelo de simulación discreto, dinámico y estocástico. Por esta razón, el estudio se realizará de forma numérica y con ayuda de un programa de computación llamado Arena. Para poder realizar este estudio con satisfacción, se deben seguir ciertos pasos que ayudan a tener un orden en el estudio. Los pasos se resumirán a continuación:

- Formulación del problema. Todo estudio debe empezar por medio de la identificación y comprensión del problema a ser estudiado. (Banks)

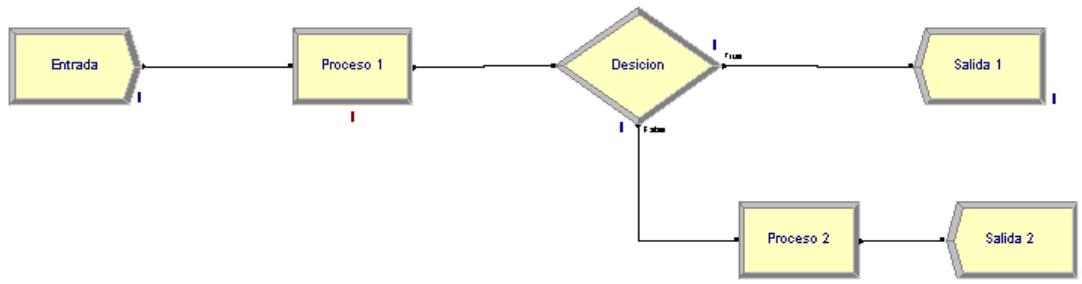
- Determinación de objetivos y un plan de acción. Para esto es necesario que los objetivos respondan las preguntas a ser contestadas por la simulación. En este punto, ya se debe saber si el uso de una simulación es necesaria para la solución del problema. Es importante esto ya que si la solución al problema se lo puede hacer de forma intuitiva, es un desperdicio de tiempo y recursos recurrir a la simulación. Si la simulación es necesaria, entonces se debe realizar el plan de acción en el cual se identifique las personas involucradas, el costo del estudio, el número de días necesarios para completar el trabajo y saber los resultados que se esperan al final de cada etapa. (Banks)
- Conceptualización del modelo. Esta conceptualización no va a ser igual para todos los modelos, pero se pueden seguir algunos parámetros. Lo primero que se debe hacer es extraer las características del problema, luego realizar asunciones necesarias para modificar el problema y finalmente elaborar un modelo hasta obtener resultados necesarios. (Banks)
- Recolección de información. Este paso es el más extenso en la elaboración de una simulación. La razón de ello, es que se debe acudir al proceso en estudio y tomar tiempos por repetidas ocasiones. La información obtenida en este paso servirá como entrada para la simulación en los programas computacionales. Por ejemplo, si se quiere estudiar el tamaño de la fila en espera de un banco, lo que se puede hacer es obtener una distribución de tiempos entre arribos y la distribución del tiempo de servicio. La distribución se la obtiene luego de varios datos obtenidos a lo largo de un cierto periodo de tiempo. (Banks)
- Traducción del modelo. Esto se refiere a ingresar la información obtenida anteriormente en un programa computacional como Arena, AutoMod, Extend, ProModel, entre otros. La selección del programa a ser usado varía dependiendo de qué tan amigable es para el usuario y es una elección personal. Realizar la simulación en computador, representa un gran ahorro de tiempo. (Banks)

- Verificación. En este punto lo que se pretende es entender si el programa computacional está devolviendo resultados razonables. Para este paso es muy importante el uso del sentido común para validar los resultados. (Banks)
- Validación. Lo que se hace en este punto es comparar los resultados obtenidos en la simulación con el proceso original, para entender las diferencias que se obtienen. Este proceso se repite hasta estar satisfecho con los resultados. (Banks)
- Uso de diseño de experimentos. Por medio de la simulación lo que siempre se obtiene es un escenario en donde el experimentador debe tomar sus propias decisiones con los resultados obtenidos. (Banks)
- Realización de corridas y análisis. Esto se realiza para estimar las mediciones de rendimiento del sistema siendo simulado. Luego de realizar una corrida, se debe determinar si se debe realizar más corridas para un análisis más completo del sistema. (Banks)
- Documentación y reporte. Luego de realizar la simulación con éxito, es importante documentar lo que se hizo para que si el analista desea realizar un nuevo estudio, pueda recordar lo que se realizó en estudios anteriores. También es importante ya que si otros analistas consideran relevante lo que se realizó en el estudio, puedan remitirse a él como ayuda. (Banks)
- Finalmente, se debe realizar la implementación de lo que se propuso en la simulación. En el caso de PROAUTO C.A., si la empresa considera necesario la implementación, queda bajo su responsabilidad.



(Banks)

El simulador de Arena, es una importante herramienta la cual nos permite representar la realidad de una manera visual basada en el lenguaje SIMAN. Éste software, lo ofrece la corporación “System Modeling Corporation”. El programa Arena tiene la capacidad de modelar sistemas discretos y continuos por medio de una simulación basada en objetos. Los modelos de simulación son construidos por medio de objetos gráficos llamados módulos los cuales se los conecta para representar el flujo de las entidades. Una vez corrida la simulación, el programa arroja los resultados obtenidos por medio de “templates” resumen. Por medio de estos resultados, el analista puede representar distintos escenarios y observar el comportamiento del proceso para poder tomar decisiones. La manera de ingresar los datos al software, es por medio del “Input Analyzer” el cual identifica la distribución de los datos para poder utilizar dichas distribuciones y parámetros como entradas en cada módulo.



2.2.1. Muestreo

Dentro de un análisis estadístico, la mejor forma de estudiar a una población es por medio de una muestra. Una población es un conjunto de todos los elementos de interés mientras que la muestra se refiere a una parte o porción de la población la cual se la selecciona para realizar el estudio. (Ochoa)

La Inferencia Estadística nos permite tomar decisiones u obtener conclusiones de una población basándonos en una muestra. La razón de esto, es que en muchos estudios es poco práctico medir la población completa ya que puede ser muy costoso o puede tomar mucho tiempo. (Montgomery y Runger)

Para identificar cuál es el tamaño de la muestra que se va a utilizar en el estudio, se utilizará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza

p = población de éxito o proporción esperada

q = 1- p

d = precisión (error máximo admisible referente a la proporción)

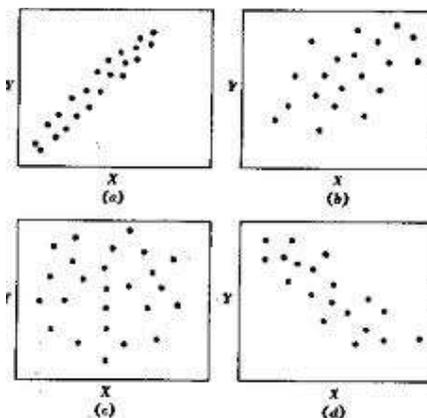
(Torres)

2.2.2. Aleatoriedad e Independencia de los datos

2.2.2.1. Independencia

La independencia de los datos sirve para asegurarse que no exista relación entre los datos tomados y el orden en que fueron tomados. En otras palabras, para saber si la toma de datos de un elemento no afecta ni tiene relación con otro.

Para probar la independencia de los datos, se utilizó diagramas de dispersión en donde se observó que no exista ningún patrón ni tendencia en los datos y confirmar la independencia de los mismos. En los diagramas de dispersión se identifica la relación potencial entre dos variables (Montgomery). Para esto, se puede obtener distintos patrones o tendencias de los datos:



Los diagramas presentados ilustran las diferentes relaciones entre las variables. En el diagrama (a), se observa una fuerte correlación positiva de las variables. En el diagrama (b), se tiene una correlación positiva débil. Por otro lado, en el diagrama (c), se observa que no existe ningún tipo de correlación entre las variables lo que quiere decir que existe independencia entre las variables de estudio. Finalmente, en el diagrama (d), se aprecia una correlación negativa entre las variables. Lo que se quiere obtener en los datos para el estudio, es un diagrama similar al (c). En los diagramas de dispersión se quiere probar la hipótesis nula, la cual es que los datos son independientes, mientras que la alternativa nos indica que son dependientes. (Open Course Ware Universidad de Sevilla)

2.2.2.2. Aleatoriedad

Las pruebas de aleatoriedad son útiles cuando se desea saber si el orden de las observaciones de la muestra fueron tomadas al azar. Para esto, se realizan pruebas de corrida en las cuales se tiene como hipótesis nula que los datos tomados son aleatorios, mientras que la alternativa es que no lo son. Para realizar esta prueba, se ordena los datos en el orden que fueron tomados, luego de esto, se obtiene la media de los datos. Una vez realizado esto, se analizan cuántos datos están por encima de la media y cuántos datos están por debajo para así concluir si los datos son aleatorios o no. (Walpole)

2.2.3. Distribución de los Datos

“La distribución de probabilidad relaciona el valor de la variable con la probabilidad que tiene este valor de ocurrir en la población”. (Montgomery) Cada set de datos sigue una cierta distribución de probabilidad. Las distribuciones pueden ser discretas o continuas. Las distribuciones discretas son los datos que toman valores enteros como 0, 1, 2 etc. Las distribuciones continuas son para valores que no necesariamente son discretos tal como 1.2, 3.23, 4.65, etc. (Montgomery). El tiempo es una variable continua ya que no necesariamente tienen valores enteros. Para la simulación de PROAUTO C.A., las distribuciones que se utilizarán son continuas ya que se realizará toma de tiempos. La manera de saber qué distribución siguen ciertos datos, se utiliza pruebas de bondad y ajuste como Chi-Cuadrado, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling.

2.2.3.1. Chi-Cuadrado

Chi-Cuadrado es una prueba de bondad y ajuste utilizada para una muestra de datos grande (mayor a 30) tanto para distribuciones discretas o continuas. La manera en que ésta prueba trabaja, es comparando el histograma del set de datos con los histogramas de las distintas distribuciones. La prueba arrojará como resultado que varias distribuciones se asemejan al set de datos, sin embargo, por medio del valor-p se puede observar a cuál de las distribuciones se asemeja más. Una vez que la prueba arroje los resultados, se deberá elegir la distribución con el valor-p mayor, el cual indicará que dicha distribución es la que explica de mejor manera los datos. (Banks)

2.2.3.2. Kolgomorov-Smirnov

Kolgomorov-Smirnov es una prueba de bondad y ajuste utilizada para una muestra de datos pequeña (menor a 30) para distribuciones continuas. La manera en que esta prueba trabaja, es comparando las diferencias entre la distribución empírica con la distribución real. Una vez que la prueba arroje los resultados, se deberá elegir la distribución con el valor-p mayor, el cual indicará que dicha distribución es la que explica de mejor manera los datos. (Banks)

2.2.3.3. Anderson-Darling

Anderson-Darling se asemeja mucho a la prueba de bondad y ajuste de Kolgomorov-Smirnov. Ésta es una prueba de bondad y ajuste utilizada para una muestra de datos pequeña (menor a 30) para distribuciones continuas. La manera en que esta prueba trabaja, es comparando las diferencias entre la distribución empírica con la distribución real. La diferencia con Kolgomorov-Smirnov, es que es más sensible a discrepancias entre las distribuciones. Una vez que la prueba arroje los resultados, se deberá elegir la distribución con el valor-p mayor, el cual indicará que dicha distribución es la que explica de mejor manera los datos. (Banks)

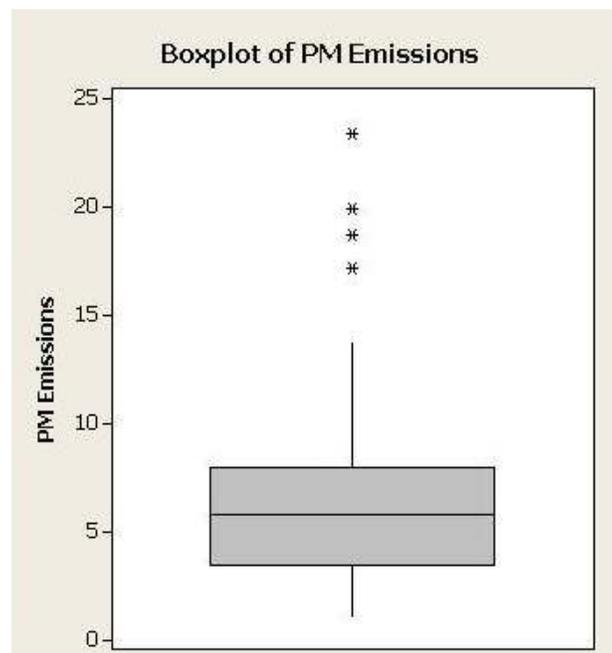
2.2.4. Prueba de Hipótesis de Igualdad de Medias con Varianzas Desconocidas

Para realizar la prueba de hipótesis de medias con varianzas desconocidas, se utilizó el 2 Sample-t, la cual es una herramienta que ofrece el Minitab con el objetivo de

comparar la similitud entre las medias de dos sets de datos. Esta herramienta permite identificar la igualdad o desigualdad de dos set de datos independientes. Esta prueba se basa en la distribución-t para muestras pequeñas. La prueba trabaja mejor para datos que siguen una distribución normal o parecida a ésta. Sin embargo, se la puede probar para datos que no siguen dicha distribución. A medida que el tamaño de muestra aumenta, las conclusiones de esta prueba serán más exactas. Al realizar esta prueba, se debe establecer un nivel de confianza que se desea utilizar en el estudio el cual dependerá del tipo de estudio que se esté realizando. Si se desea que los resultados sean más confiables, el nivel de confianza se lo establecerá cercano al 100% y viceversa. Finalmente, el valor-p que arroja la prueba deberá ser mayor al α establecido para asumir que las medias son estadísticamente iguales y aceptar la hipótesis nula. (Minitab)

2.2.5. Diagrama de Caja

El diagrama de caja es una representación gráfica en donde se puede apreciar algunas características importantes de los datos. Entre estas características se encuentra: la tendencia central, la variabilidad, rango, etc. Adicionalmente, en un diagrama de caja se puede apreciar los distintos cuartiles. El primer cuartil Q1, se encuentra en la parte inferior de la caja. El tercer cuartil Q3, se localiza en la parte superior de la caja. Por otro lado, el segundo cuartil Q2, es una línea que se traza dentro de la caja. Finalmente, las líneas en los extremos de las cajas representan los puntos atípicos. (Montgomey)



2.2.6. Número de Réplicas

El número de replicas es cuántas veces se correrá el modelo de simulación con el objetivo de representar de mejor manera la realidad. Para encontrar cuántas replicas se necesita en la simulación, se comienza definiendo un intervalo de confianza. Este intervalo de confianza normalmente es del 95% pero podría variar según el análisis que se esté realizando. Una vez definido el intervalo de confianza, se utilizará la mitad del mismo al cual se lo conoce como “Half-lenght” (H). El Half-lenght se lo expresa de la siguiente manera:

$$H = t_{\alpha/2, R-1} \frac{S}{\sqrt{R}} \leq \epsilon$$

donde:

H = Half-lenght

t = estadístico de la distribución t

R = número de réplicas

S = desviación estándar

ϵ = error aceptable

(Banks)

Para poder encontrar la desviación estándar, se debe correr la simulación al menos 2 veces. Lo ideal es correr alrededor de 10 réplicas iniciales para poder obtener la desviación estándar de dichas réplicas. A la fórmula de H, se la despeja para R en donde se obtiene:

$$R \geq \left(\frac{t_{\alpha/2, R-1} * S_0}{\epsilon} \right)^2$$

donde:

t = estadístico de la distribución t

R = número de réplicas

S_0 = desviación estándar

ϵ = error aceptable

(Banks)

El problema de esta ecuación, es que la variable R se encuentra dentro de la ecuación. Por lo tanto, se reemplaza $t_{\alpha/2, R-1}$ por $Z_{\alpha/2}$ para eliminar R.

$$R \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2} * S_0}{\epsilon} \right)^2$$

donde:

z = distribución z

R = número de réplicas

S_0 = desviación estándar

ϵ = error aceptable

(Banks)

Por medio de ésta ecuación, se puede obtener un R inicial con las réplicas iniciales que se corrieron. Se debe realizar un proceso iterativo aumentando cada vez una replicación, hasta que se cumpla la desigualdad. (Banks)

2.3. Seis Sigma

Seis Sigma es una metodología con base estadística con el objetivo de optimizar los procesos y dar solución a los problemas. La meta del Seis Sigma es poder reducir la variabilidad que existe en productos como en procesos para poder satisfacer a los clientes. El éxito del Seis Sigma se encuentra en el uso sistemático, encausado, liderado, evaluado y conducido de la metodología. Dentro de esta metodología, existen 5 pasos principales: Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar. (Rath y Strong's)

2.3.1. Definir

En la etapa Definir, las principales actividades son identificar las metas del proyecto, los entregables y los beneficios que se conseguirán para la organización luego del estudio. Es importante plantearse metas intermedias con el objetivo de ir las cumpliendo y que el proyecto no se atrase. Finalmente, se debe plantear y acotar el problema en donde se definen fronteras y el enfoque del mismo. Es importante definir bien el problema ya que al hacerlo, se obtiene el 50% de la solución. (Rath y Strong's)

Algunas de las herramientas a utilizarse en esta etapa son:

- Paretos
- Mapeo VSA
- Benchmarking
- 5W2H

- Cpk
- Muda (8 desperdicios)
(Ochoa)

2.3.2. Medir

En la etapa de Medir, lo que se pretende es medir el desempeño actual del proceso identificando las entradas del proceso así como el resultado (Y) del mismo. El objetivo es poder cuantificar el problema y conocer cómo se encuentra el proceso en la actualidad. Es importante medir cuál es la capacidad del proceso y tener una idea de que tan alejado está el proceso de las especificaciones. Se recomienda validar el sistema de medición por medio de la repetibilidad y reproducibilidad. Todo este análisis permite encontrar cuáles serían las causas potenciales del problema. (Rath y Strong's)

Algunas de las herramientas a utilizarse en esta etapa son:

- Hojas de verificación
- Repetibilidad y Reproducibilidad
- Diagramas de Control
- Diseño de experimentos
- Histogramas
- Diagramas de tallo y hoja
- Muestreo
(Ochoa)

2.3.3. Analizar

En la etapa de Analizar, se debe realizar un estudio de los datos obtenidos como de los datos históricos de la empresa. Es importante desarrollar una “lluvia de ideas” en donde se desee encontrar las posibles causas del problema definido. Se debe encontrar las variables de entrada (X) que en realidad afecten a la/las respuestas. El objetivo principal de esta etapa, es encontrar la o las causas raíz del problema. La causa raíz es el la principal causa por la cual se genera el problema y es la primera a la cual se la debe trabajar, eliminar o mejorar. (Rath y Strong's)

Algunas de las herramientas a utilizarse en esta etapa son:

- Diagramas Ishikawa

- 5W2H
- 5 Porqués
- Regresión
- Diseño de experimentos
(Ochoa)

2.3.4. Implementar

En la etapa de Implementar, se deberá optimizar el proceso por medio de la eliminación de la causas raíz o la mejora de la misma. Adicionalmente, se debe establecer un plan de acción para la implementación de las mejoras encontradas. Una vez implementadas las mejoras, se debe analizar la capacidad o desempeño del proceso mejorado y compararlo con el inicial. (Rath y Strong's)

Algunas de las herramientas a utilizarse en esta etapa son:

- Diseño de experimentos
- Plan de Acción
- Capacitación
- Layout
- Mapeo VSA
- SMED
- 5's
(Ochoa)

2.3.5. Controlar

En la etapa de Controlar, el objetivo es diseñar controles que permitan monitorear el proceso para que las mejoras implementadas se mantengan a lo largo del tiempo. Es importante documentar las mejoras para poder realizar un seguimiento del proceso. Se debe verificar que se cumplieron los objetivos y beneficios planteados en la etapa definir. Los controles a realizarse, deben ser lo más simples posibles pero que cumplan su objetivo de manera contundente. Lo que se quiere conseguir en esta etapa, es no incurrir en los mismos problemas para que se genere la situación inicial nuevamente. (Rath y Strong's)

Algunas de las herramientas a utilizarse en esta etapa son:

- Plan de control

- Diagramas de control
 - Cpk y Ppk
 - Auditorías
 - Control visual
- (Ochoa)

2.3.6. Pruebas de Normalidad

Las pruebas de normalidad son de utilidad al momento que se desea probar si un set de datos se asemeja a una distribución normal. La manera de probar dicho supuesto de normalidad, es por medio de los residuos de los datos. Para lograr esto, lo que se hace es obtener la media de los datos en cuestión y luego de esto, se calcula la distancia que existe entre cada dato con la media. Esta distancia se la conoce como los residuos. La manera en que los residuos se ajustan a una normal, es cuando la mayoría de éstos se encuentra cerca de la media calculada. Adicionalmente, unos pocos datos tienen una distancia mayor en relación a la media y muy pocos tienen una distancia relativamente grande con la media. (Araujo)

Todo este análisis se lo puede realizar en un software como Minitab, el cual calcula dichas distancias y arroja como resultado si se ajusta a una normal o no. La manera de tomar dicha decisión por parte del analista, es por medio del valor-p el cual debe ser mayor a 0.05 con un nivel de confianza del 95% el cual es el más utilizado. Por lo tanto, si los residuos obtienen un valor-p mayor a 0.05, se asume que los datos siguen una distribución normal. Puede existir el caso en el cual los residuos arrojen como resultado un valor-p menor a 0.05. En este caso, existen algunas técnicas para normalizar los datos tales como: obtener la raíz cuadrada de los datos, obtener el logaritmo de los datos, etc. El objetivo es tener valores más pequeños para que la distancia entre los residuos y la media sean menores y poder asumir normalidad. Es importante recalcar que al realizar dichas operaciones, se debe trabajar con los nuevos datos y estar en la capacidad de poder interpretarlos. (Araujo)

2.3.7. Pruebas de Hipótesis

Las pruebas de hipótesis se utilizan cuando se quiere aceptar o rechazar un supuesto sobre algún parámetro de una o más poblaciones. Esta herramienta es una de las más importantes dentro de la inferencia estadística. (Esquerdo)

Las pruebas de hipótesis pueden ser utilizadas para identificar si existen diferencias en las medias entre dos sets de datos. Muchas veces no se conoce la varianza de los datos, por lo cual, se debe trabajar con pruebas de hipótesis e intervalos de confianza basados en la distribución t. Para poder realizar esta hipótesis, las distribuciones de los sets de datos deben seguir una distribución normal. La primera hipótesis o hipótesis nula, indica que existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son iguales (H_0). Por otro lado, la hipótesis alternativa nos indica que no existe suficiente evidencia estadística para concluir que las medias son iguales (H_1). (Montgomery y Runger)

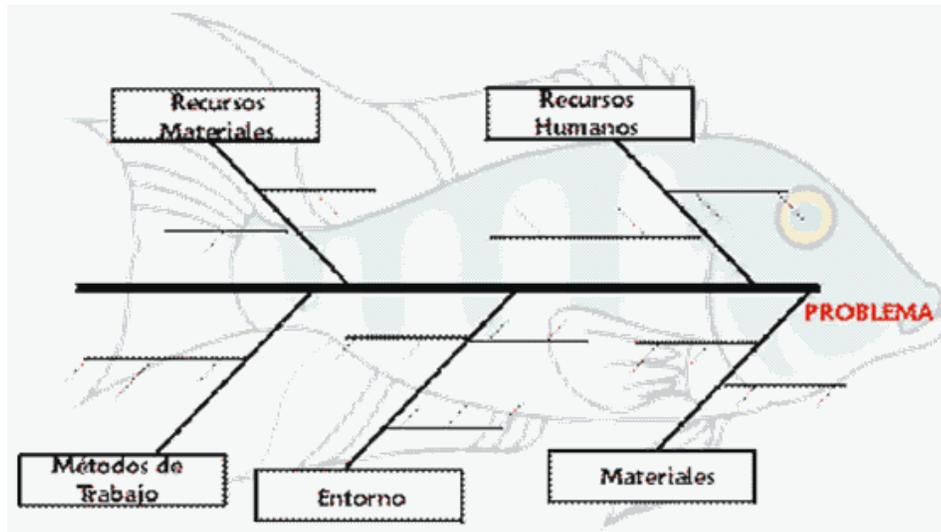
2.3.8. Diagrama de Causa y Efecto

El Diagrama de Causa y Efecto o también conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de Espina de Pescado, es un medio de recolectar la información sobre todas posibles causas de un problema principal de manera ordenada y categorizada. La mejor manera de obtener las posibles causas, es por medio de la conformación de grupos en los cuales participen analistas así como operarios. De esta manera, se abarca todas las posibles causas del problema. Luego de esto, se debe elegir cuál es la principal causa del problema siendo esta la causa raíz. Toda esta información es un input para los analistas para comenzar a trabajar desde la causa raíz. (Acuña)

Existe un procedimiento para la construcción de cualquiera de los diagramas mencionados anteriormente el cual es el siguiente:

1. Definir el problema que va a ser analizado.
2. Conformar un equipo para el análisis.
3. Trazar el rectángulo del efecto y la línea central.
4. Especificar cuáles son las categorías principales de las causas potenciales y conectarlas a la línea central.

5. Identificar las posibles causas y clasificarlas dentro de las categorías del paso anterior.
6. Clasificar las causas con el fin de encontrar las más relevantes al problema.
7. Iniciar una acción correctiva



(Hernández)

2.4. Metodología 5's

La Metodología de las 5's inició en Toyota en 1960. Los principales objetivos son: incrementar la productividad, mejorar la seguridad y las condiciones de trabajo. Entonces, lo que se busca es solamente tener lo necesario dentro del puesto de trabajo. Además, promueve a que exista la participación de todos los miembros de la empresa de una forma activa. De igual manera, contribuye a mejorar la seguridad del personal y de los equipos. (Sacristán)

Esta metodología lleva el nombre de 5's debido a que se fundamenta en cinco principios japoneses que comienzan todos con la letra s. Cada uno de estos principios serán explicados en seguida.

Organizar (Seiri)

Lo que se hace en la etapa Organizar es clasificar los artículos que sirven y los que no sirven. La clasificación de los artículos depende mucho del tipo de trabajo que se realiza; es decir, que en una oficina la clasificación va a ser distinta que en un taller. Se recomienda remover todo los artículos que no se usen frecuentemente en el puesto de

trabajo. Además, no se aconseja que se guarden artículos personales ya que estos lo único que ocasionan es quitar espacio a los artículos que son necesarios. Para conocer con certeza cuáles fueron los artículos que se clasificaron como innecesarios, se debe etiquetarlos. De igual manera, se puede usar otro tipo de etiqueta en aquellos artículos que se duda si van a servir en algún momento dentro del proceso. También, es aconsejable tener un lugar destinado para aquellos artículos que se los usa con poca frecuencia. Asimismo, aquellos artículos que son de uso frecuente se los debe ubicar al alcance de la mano del operario debido a que si no lo están, van a demorar la elaboración del trabajo. Por último, es necesario que exista una persona encargada de evaluar periódicamente la frecuencia de utilización de los artículos, esto se hace con el fin de tener solo lo necesario y desechar lo que ya no se utiliza. (Sacristán)

Ordenar (Seiton)

Para la etapa Ordenar lo que se debe hacer es designar una ubicación fija a los artículos que se seleccionaron en la etapa Organizar. Para la designación pueden ser útiles tableros que tengan dibujadas las siluetas de las herramientas, lo que ayudará bastante porque las herramientas van a tener una sola ubicación y cuando falte una se va a saber con seguridad cuál de ellas es. Igualmente, se deben delimitar los lugares para las máquinas, la manera de hacer esto es pintando un cuadrado amarillo en el lugar correcto donde estas deben ir. Cabe mencionar que también se deben delimitar con un cuadrado amarillo aquellos lugares destinados para la ubicación de implementos de limpieza, a pesar de que no sean primordiales en el proceso. La ubicación de los artículos principales, debe buscar que las operaciones se vuelvan eficientes. (Sacristán)

Otra manera para ordenar artículos es colocándolos en distintas estanterías debidamente etiquetadas. Esto significa, que dentro del puesto de trabajo se deben colocar estanterías en lugares que estén al alcance de los operarios. Asimismo, los artículos que son de uso frecuente deben estar colocados y etiquetados correctamente para permitirle al operario saber donde los puede encontrar. Sin embargo, se debe tener cuidado cuando se colocan estanterías, porque si no se las sabe utilizar de debida forma, pueden terminar como espacios disponibles para acumular desperdicios. (Sacristán)

Limpiar (Seison)

La etapa Limpiar se refiere no solo al hecho de tener el puesto de trabajo sin basura, sino también a precautelar posibles accidentes del operario dentro de su zona de trabajo. Además, trabajar en un lugar limpio y ordenado es una motivación adicional para el operario en su jornada de trabajo. Otro motivo importante por lo que es necesario tener limpio el puesto de trabajo, es para poder identificar potenciales problemas en las máquinas o en las mismas instalaciones. La tarea de limpiar sirve también para unir a las personas ya que todos trabajan por una meta en común. (Sacristán)

Es importante mencionar que esta etapa no sólo debe hacerse una vez cuando se esté implementado la metodología; sino que, debe volverse una cultura en la organización. Se recomienda limpiar el puesto de trabajo antes de comenzar la jornada y antes de concluirla. También se debe pensar en mecanismos que ayuden a prevenir que se produzca más basura. Por último, otra forma de asegurarse que la limpieza se llevará a cabo en una organización, es mediante la distribución de responsabilidades, esto significa que se va a delegar quién va hacer la limpieza y además cada qué tiempo se la va a realizar. (Sacristán)

Estandarizar (Seiketsu)

La etapa de Estandarizar se refiere a realizar normativas que deben seguirse para poder controlar que: Organizar, Ordenar y Limpiar se sigan llevando a cabo dentro de la organización. Se recomienda en esta etapa utilizar ayudas visuales como letreros que sirvan para recordar a los operarios que se debe tener un puesto de trabajo limpio y ordenado. Estas ayudas visuales deben ser lo más claras posibles, ya que lo que se quiere es que den un mensaje concreto. Asimismo, deben ser localizadas en lugares en donde sea fácil observarlas por todos los operarios que se encuentran en sus puestos de trabajo. (Sacristán)

De igual manera, dentro de esta etapa están los manuales y mapas de procesos. Los manuales sirven para indicar cómo se deben hacer las cosas, es decir son procedimientos a seguir. Igualmente, los mapas de proceso indican las actividades que se deben realizar en un puesto de trabajo y por quién deben ser hechas. (Sacristán)

Una manera efectiva de mantener y estimular el interés en la metodología, es realizar una competencia entre departamentos. Esto es útil debido a que involucra a todas las personas de la organización. Otra forma de impulsar la metodología, es incentivando a

aquellos operarios que están llevando la metodología correctamente en sus puestos de trabajo. Esto servirá para que se motiven más y se conviertan en ejemplo para el resto. (Sacristán)

Mantener (Shitsuke)

La última etapa de la metodología tiene que ver con Mantener. En esta lo que se debe enfocar todos los esfuerzos es en realizar un monitoreo constante. Esto significa, que se debe conocer cada cierto tiempo cómo están las condiciones de trabajo, si los estándares se están cumpliendo, cómo se está llevando el trabajo en equipo y qué tan frecuentes son las capacitaciones a los operarios. Estas son algunas de las preguntas que se deberían hacer en esta etapa, si los resultados son óptimos, lo que se debe hacer es conservar el logro alcanzado mediante una continua capacitación y promoviendo la disciplina. (Sacristán)

Finalmente, la etapa mantener lo que busca es que esta metodología pase de ser un simple proyecto a corto plazo y se convierta en una cultura dentro de la organización. Para que esto se llegue a dar, es necesario que las 4's anteriores hayan sido implementadas de la mejor manera. Por último, la idea de toda esta metodología es que los operarios cuiden su puesto de trabajo como si fuera su propia casa. (Sacristán)

Ventajas de la Metodología de las 5's

La Metodología de las 5's como ya se explicó anteriormente es muy eficaz si se la llega a implementar correctamente. Las siguientes son algunas de las ventajas que se lograrían con su aplicación:

1. Incentiva el trabajo en equipo. Esto se lo consigue, involucrando a los trabajadores que son los que más conocen sobre el puesto de trabajo, logrando que exista un compromiso por parte de ellos y haciendo que la mejora continua sea un objetivo de todos.
2. Se incrementa la productividad. Esto se logra a medida que se va manteniendo y mejorando gradualmente la metodología. El incremento de la productividad se genera debido a que hay menos productos con defectos, existen menos paras en las máquinas, se reduce la cantidad de accidentes de trabajo, mejora el control de inventarios, se minimizan los movimientos y disminuye el tiempo para cambiar las herramientas.
3. Se consigue un mejor lugar de trabajo, logrado por medio del orden y limpieza. Con esto, se logra mayor espacio, satisfacción por el lugar en donde se trabaja, mejora la

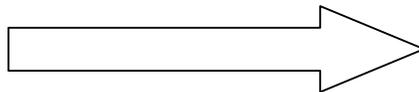
imagen hacia los clientes, incrementa la cooperación entre empleados, aumenta el compromiso en las tareas que se deben llevar a cabo y se conoce de mejor manera el puesto de trabajo. (Sacristán)

Estas son las tres principales ventajas que se consiguen con la implementación de la metodología de las 5's. Sin embargo, cabe mencionar que para llegar a alcanzarlas es necesario un proceso largo por lo que se debe tener paciencia y mucha constancia.

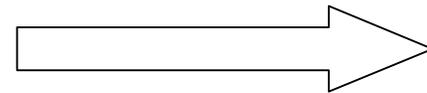
2.5. Google SketchUp

El Google SketchUp es un programa que sirve para diseñar y modelar en 3D, estructuras arquitectónicas. Además, sirve para crear videos, los mismos que son elaborados a partir de escenas que se van tomando directamente de las distintas vistas. Fue desarrollado inicialmente por la empresa @LastSoftware en agosto del 2000 como una herramienta para el diseño de edificios en 3D. Debido a su rápida acogida en el mercado, el 14 de marzo del 2006 Google adquiere la empresa desarrolladora y por ende los derechos del SketchUp. Como principal característica es que este programa fue diseñado para que pueda ser usado de forma sencilla por cualquier persona. Es decir, no se necesita ser arquitecto o diseñador profesional para poder utilizarlo. Asimismo, tiene una alta calidad de imagen y permite descargar objetos que ya han sido elaborados anteriormente. (Google)

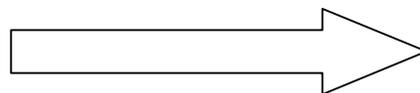
Algunas de las principales herramientas se muestran a continuación:



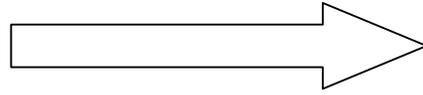
Orbit Tool: Herramienta que sirve para ver alrededor, por encima y por abajo del objeto en 3D.



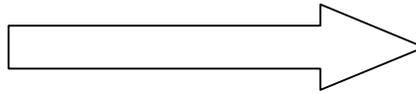
Zoom Tool: Herramienta que sirve para acercarse o alejarse del objeto en 3D.



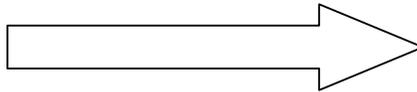
Pan Tool: Herramienta que sirve para mover el objeto en 3D de un lado al otro, de arriba hacia abajo pero sin girarla.



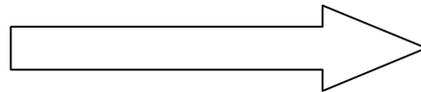
Line Tool: Herramienta que sirve para dibujar cualquier tipo de figura.



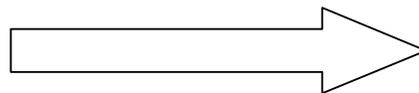
Push/Pull Tool: Herramienta que sirve para convertir la figura dibujada en una en 3D.



Walk Tool: Herramienta que sirve para moverse hacia adelante o atrás dentro de un modelo.



Look Around Tool: Herramienta que sirve para mirar alrededor del modelo desde una posición estacionaria.



Position Camera Tool: Herramienta que sirve para observar desde diferentes perspectivas algunos lugares del modelo.

(Google)

3. Capítulo III: Procesos Administrativos del Taller de Servicios de PROAUTO C.A.

3.1.Requerimiento de Levantamiento de Procesos

3.1.1. Solicitud de General Motors

General Motors solicitó al Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad San Francisco de Quito, enviar a dos de sus estudiantes para que levanten los procesos administrativos del taller de servicios del concesionario PROAUTO C.A. Esta petición la hizo ya que, PROAUTO C.A. no tiene documentados sus procesos administrativos y pretende que éstos sirvan como manual para entregarles a sus nuevos empleados; de modo que así, conozcan cuáles son las actividades a su cargo. Luis Eduardo Martínez y David Mera son los estudiantes a quienes se les encargó el levantamiento de procesos, como también la identificación del proceso crítico y el planteamiento de mejoras para el mismo. (Todos los procesos se encuentran anexados en el CD)

3.1.2. Metodología para la Identificación del Proceso Crítico

Los procesos administrativos del taller de servicios de PROAUTO C.A. constan de: Taller Matriz (Mantenimiento Preventivo, Mecánica Especializada y Garantías), Chevy Express, Camiones y Colisiones. Entre éstos se va a determinar cuál es el más importante para la empresa; es decir, cuál es el que mayor cantidad de vehículos recibe y cuánto ingreso y ganancia le representa al negocio. Para el proceso crítico que se encuentre, se realizará un mayor análisis con la ayuda de herramientas de ingeniería, el que será el enfoque para la tesis.

3.2.Levantamiento de procesos iniciales

3.2.1. Taller Matriz

3.2.1.1. Mantenimiento Preventivo

Los mantenimientos preventivos son los que se realizan a los vehículos luego de un determinado recorrido. En PROAUTO C.A. los mantenimientos preventivos comienzan desde los 5.000 Km y terminan en los 100.000 Km. En la actualidad, la mayor cantidad de vehículos que ingresan a realizarse los trabajos de mantenimiento preventivo, llegan sin una cita previa.

3.2.1.1.1. Mantenimiento con Cita

El proceso de mantenimiento preventivo con cita, comienza cuando el cliente llama al Call Center para reservar un turno de atención. Luego de que esto ocurre, desde el Call Center se envía al Jefe de Taller y a la Bodega la información referente al tipo de mantenimiento que el cliente solicitó. Una vez recibida la información, el Jefe de Taller se encarga de coordinar las bahías de trabajo con el propósito de que cuando el cliente llegue, su vehículo pase directamente a ser atendido. De igual manera, la información llega a la Bodega en donde se encargan de seleccionar y tener listos los repuestos que van a ser usados de acuerdo al tipo de mantenimiento y de vehículo.

Cuando el cliente con cita previa llega al Taller solicitando mantenimiento para su vehículo, es recibido por un Asesor. Éste se encarga de hacerle la entrevista consultiva y preparar la Orden de Servicio en la que se ingresan todos los requerimientos que el cliente pide para su vehículo. Posteriormente, revisa que el vehículo no presente rayones y luego lo lleva a la bahía de trabajo destinada para los clientes con cita. Luego, el Técnico se encarga de retirar los repuesto de la Bodega y comienza a trabajar en el vehículo basándose en lo que consta en la Orden de Servicio.

Una vez terminados los trabajos, el Técnico realiza lo que se conoce como Verificación de 18 Puntos que se encuentra en la Hoja de Inspección Vehicular; este es un documento de la empresa que sirve para ventas consultivas. Las ventas consultivas están dirigidas a componentes del vehículo que se desgastan con el uso y que no están consideradas en ningún tipo de mantenimiento, como por ejemplo las plumas, luces, llantas, etc. Si el Técnico encuentra una oportunidad de venta consultiva, debe comunicarle al Asesor que recibió el vehículo para que éste a su vez se comunique con el cliente y le pregunte si desea que se le realice el trabajo. Es imprescindible tener la autorización del cliente para que el Técnico realice el trabajo de 18 Puntos.

Luego de que el Técnico hizo el trabajo de la Orden de Servicio y si el cliente autorizó lo concerniente a los 18 Puntos, le entrega el vehículo al Probador. La función del Probador es determinar si el vehículo está funcionando correctamente, si encuentra algún problema le regresa el vehículo al Técnico para que lo solucione. En cambio; si el Probador no encontró ningún problema en el vehículo, lo envía a la Lavadora para que lo laven interna y externamente. Después, regresa el vehículo donde el Probador, el mismo que verifica que no exista disconformidad con el trabajo realizado por el Técnico y que el vehículo se encuentre correctamente lavado. Si el Probador encuentra alguna incorrección

técnica como por ejemplo que la luz de la cajuela esta quemada, debe enviar el vehículo al Técnico para que la cambie. Lo mismo sucede si el vehículo está sucio por dentro o por fuera, el Probador debe regresar el vehículo a la zona de lavado para que se vuelva a lavar. En definitiva, el Probador es quien da el visto bueno sobre todo el trabajo realizado en el vehículo.

Luego de que el vehículo está listo, el Asesor llama al cliente para comunicarle que los trabajos solicitados se han cumplido y el vehículo puede ser retirado. Posteriormente, el cliente se acerca a PROAUTO C.A. a retirar su vehículo. El Asesor le atiende, le entrega la Orden de Liquidación y le direcciona a la caja donde debe cancelar por los trabajos realizados. Después de que el cliente paga en la caja, el Asesor le entrega al cliente las llaves de su vehículo y lo despide cordialmente. Como última actividad el Call Center, luego de tres días realiza una llamada al cliente para conocer el estado de su vehículo y si ha tenido alguna novedad. Para mayor detalle se puede apreciar el Flujograma completo en el Anexo 1.

3.2.1.1.2. Mantenimiento sin Cita

El mantenimiento preventivo sin cita es muy similar al con cita; sin embargo, se encuentran pequeños detalles que los diferencian. El primero de ellos es que los clientes no llaman al Call Center a reservar una cita, sino que se acercan directamente a dejar sus vehículos. Si por algún motivo no logran llegar temprano es decir, apenas se abre el taller, les toca esperar su turno. Además, no tienen una bahía de trabajo disponible así como tienen los clientes con cita. Otro aspecto en el que se diferencian tiene que ver con la Bodega, en este caso cuando el Técnico se acerca a la Bodega recién ese momento el bodeguero va a compilar lo que necesita el Técnico para el mantenimiento de ese vehículo; en cambio, cuando el vehículo se acerca con cita previa, los repuestos están listos. Para mayor detalle se puede apreciar el Flujograma completo en el Anexo 2.

3.2.1.2. *Mecánica Especializada*

La Mecánica Especializada se refiere a todo trabajo que se hace en el vehículo cuando éste tiene algún problema específico. A pesar de que este es otro tipo de servicio que PROAUTO C.A ofrece, las actividades que se encuentran involucradas son bastante similares al mantenimiento preventivo sin cita, especialmente desde que el Técnico realiza la Verificación de los 18 Puntos y en adelante. No obstante, tiene algunas diferencias, la primera de ellas está relacionada con la recepción del vehículo. Puede darse el caso, por ejemplo que el vehículo presente un ruido extraño; para lo que, es necesario que el

Probador salga con el cliente y realice un recorrido con el vehículo, y así pueda identificar con certeza de donde proviene el ruido y en qué circunstancias. Asimismo, luego de que el vehículo ya ha sido ingresado se le realiza un diagnóstico para comunicarle posteriormente al cliente sobre el problema de su vehículo y el costo aproximado de reparación. Para comenzar a trabajar en el vehículo es necesario que el cliente lo autorice; caso contrario, se le devuelve y se le cobrará por el tiempo que el Técnico estuvo revisándolo.

Una vez que los trabajos son autorizados por el cliente, el Técnico se acerca a Bodega a solicitar los repuestos que necesita. Puede presentarse el problema de que los repuestos solicitados no se encuentren en la Bodega de PROAUTO C.A., entonces necesita seguir un procedimiento para la obtención de éstos que se detalla en el flujograma del Anexo 3. En caso de existir los repuestos en la Bodega, el Técnico los retira y comienza a trabajar en el vehículo; de ahí en adelante el proceso es idéntico al del mantenimiento preventivo sin cita.

3.2.1.3. Garantías

El proceso administrativo de Garantías se aplica a todo vehículo Chevrolet que cumpla con tres requisitos que son: máximo dos años de haber sido comprado, recorrido máximo de 50.000 Km y tener todos los mantenimientos preventivos requeridos. Si el vehículo cumple con todos estos requisitos se lo puede considerar con Garantía; caso contrario, se le comunica al cliente que no goza de este beneficio. Entonces él debe manifestar que aunque no este con Garantía, desea que se le realicen los trabajos, en cuyo caso, el proceso cambia al de Mecánica Especializada.

El proceso de Garantías inicia cuando los vehículos arriban sin cita previa y son recibidos por el Asesor de Garantías, quien se encarga de abrir una Orden de Garantías y hace la entrevista consultiva. Si el vehículo ingresa al taller por tener un ruido extraño, el Probador realiza una prueba de ruta con el cliente para identificar con claridad de donde proviene el ruido. Luego de que esto sucede el vehículo pasa donde el Técnico que realiza el diagnóstico y presenta su informe al Asesor de Garantías.

Cuando el Asesor de Garantías ya conoce cuál es el diagnóstico del vehículo tiene que pedir autorización a diferentes instancias dependiendo del costo que la reparación represente. Es así que, si el costo de la reparación es mayor a \$350 y menor a \$450, es necesario pedir la autorización al Analista de Garantías de PROAUTO C.A. para poder realizar los trabajos. Si el costo de reparación es mayor a \$450 es necesario pedir autorización del Analista de Garantías de General Motor. Asimismo, si el vehículo ingresó

por un problema de apariencia o ITP (Información Técnica de Producto) se necesita la autorización del Ingeniero de Servicios de General Motors. Por último, si el costo de la reparación es inferior a los \$350, el mismo Asesor de Garantías lo puede aprobar. Si luego del análisis, el vehículo no entra en garantía, el Asesor de Garantías se comunica con el cliente para informarle que su garantía no fue aprobada y si desea que se le hagan los trabajos él asumiría con todos los gastos.

Una vez que se cuenta con la autorización para la elaboración de los trabajos, el Técnico se acerca a la Bodega a solicitar los repuestos. Desde este punto hasta cuando el Asesor de Garantías se comunica con el cliente para informarle que su vehículo está listo, el proceso es igual al de Mecánica Especializada. La parte que cambia es que en lugar de entregarle al cliente la Orden de Liquidación se le entrega la Orden de Garantía para que presente en la Caja, ya que es ahí donde se le entrega la Autorización de Salida. Después, el Asesor de Garantías le entrega el vehículo al cliente y archiva todos los documentos que sirven como constancia de los trabajos que se le realizaron. Finalmente, todos estos documentos se entregan al Analista de Garantías. Después de tres días el Call Center llama al cliente para conocer el estado de su vehículo. Para mayor detalle se puede apreciar el Flujograma completo en el Anexo 4.

3.2.2. Chevy Express Condado Shopping

El Chevy Express del Condado Shopping maneja el mismo concepto que el Taller Matriz, respecto al Mantenimiento Preventivo con Cita; pero es importante considerar que dentro de este proceso no se cuenta con un Probador. Por esta razón, algunas de las actividades que realiza el Probador, para el proceso del Chevy Express, son hechas por el Jefe de Taller o el Asesor.

El proceso se inicia cuando el cliente llama al Call Center para reservar una cita. El día de la cita el Asesor en la mañana revisa el software DMS, el mismo que sirve para conocer los vehículos que han agendado para ese día. Luego el proceso en general es similar al del Mantenimiento Preventivo. Al no haber Probador como se mencionó anteriormente, es el Jefe de Taller quien se encarga de verificar que el vehículo, una vez realizado el trabajo, funcione correctamente; en caso de encontrar algún problema, le entrega al Técnico para que lo solucione. De la misma manera, la verificación del correcto lavado del vehículo que debe ser hecha por el Probador, en este caso la hace el Asesor. La actividad que el Asesor no realiza en Chevy Express, es la verificación de si existe o no disconformidad con el trabajo realizado por el Técnico. Esto significa que no revisa si

alguna de las luces dentro del vehículo esté quemada o si sirve correctamente la calefacción y aire acondicionado, entre otros. Para mayor entendimiento del proceso se puede apreciar el Flujograma completo en el Anexo 5.

3.2.3. Camiones

El proceso para camiones difiere de los ya mencionados anteriormente; ya que, hay menos instancias involucradas dentro de éste. Comienza cuando el cliente llega al taller y es recibido por el Guardia, quien se encarga de direccionarle al estacionamiento y avisarle al Jefe de Taller. Paso seguido, el Jefe de Taller prepara la Orden de Trabajo y realiza la entrevista consultiva. Asimismo, se encarga de verificar si existe bahía de trabajo disponible, si no la hay, envía el camión al estacionamiento hasta que se desocupe alguna bahía de trabajo.

Cuando la bahía esté disponible el Técnico se encargará de llevar el camión a ésta. Posteriormente, realiza un diagnóstico para saber en qué circunstancias entró el camión al taller y cualquier novedad le informa al Jefe de Taller. Con toda la información sobre el diagnóstico y el costo aproximado, el Jefe de Taller se comunica con el cliente y le pide autorización para hacer los trabajos que correspondan. Si el cliente acepta, el Técnico se acerca a Bodega a solicitar los repuestos que necesitan; si estos repuestos no existen en la Bodega del Taller de camiones, se sigue un procedimiento para la obtención de los mismo como se detalla dentro del flujograma del Anexo 6.

Asumiendo que la Bodega entregó los repuestos que el Técnico necesitaba, éste comienza a realizar el trabajo en el camión. A continuación, él mismo se encarga de realizar la Verificación de los 18 Puntos e informarle al Jefe de Taller, quien se comunicará con el cliente para pedirle su autorización, en caso necesario. Paso seguido, si el cliente no requiere nada adicional a los 18 Puntos, el Jefe de Taller se encarga de verificar que el trabajo hecho por el Técnico sea el adecuado. Si encuentra alguna disconformidad en el trabajo realizado, se regresa el camión al Técnico para que solucione el problema. Después, se lleva el camión para que sea lavado interna y externamente. Luego de esto el Jefe de Taller se encarga de verificar que el camión este bien lavado y que no exista disconformidad con el trabajo que el Técnico realizó. Finalmente, la entrega del camión al cliente es similar que en los anteriores, la única diferencia está en que al Jefe de Taller es a quien le toca hacer las funciones de cajero.

3.2.4. Colisiones

El proceso de Colisiones es el más complejo de todos debido a que en éste se involucran muchas instancias. Como punto de partida del proceso está el Guardia cuya función es saludar al cliente y direccionarlo a la zona del taller. Si el cliente después de haber retirado su vehículo reparado de la colisión, regresa al taller a presentar su queja de que no se le ha hecho un trabajo correcto, es el Asesor quien debe identificar si se trata de un retorno externo (cuando el vehículo es reingresado al Taller con el mismo problema con el cual ingresó inicialmente). Si es que el Asesor considera que es un retorno externo, el siguiente paso es entregarle el vehículo al Jefe de Taller para que realice un diagnóstico y determine la veracidad de la queja. Una vez que se llega a determinar que en efecto es un retorno externo, se tiene que dar prioridad a la atención a ese vehículo. En cambio, si no es un retorno externo, lo que se debe hacer es informar al cliente y averiguar si desea que se le arregle su vehículo, en este taller.

La otra razón por la que el cliente acude al taller, es cuando su vehículo ha sufrido una colisión. Para este otro tipo de escenario el Asesor recibe al cliente, prepara la Hoja de Trabajo y realiza la entrevista consultiva. Luego de esto, coloca el vehículo en algún espacio disponible y determina cuales serian los repuestos necesarios anotándolos en la Solicitud de Cotización de Repuestos. A continuación, envía esta solicitud a Bodega para que ahí se encarguen de hacer la cotización de los repuestos. Cuando ésta está realizada, el siguiente paso es la cotización de la mano de obra, realizada por el Asesor. En seguida, el Asesor consolida las dos cotizaciones, si el cliente tiene seguro, la información referente a la cotización se la envía a la Aseguradora para su análisis. La Aseguradora recibe la cotización y envía a un inspector para que valide los repuestos y trabajos a realizarse en el vehículo. Luego hay que esperar que la Aseguradora autorice, cabe mencionar que siempre se autorizan los trabajos ya que se negocia entre PROAUTO C.A y la Aseguradora hasta llegar a un acuerdo. Acto seguido, el Coordinador de Taller con la autorización de la Aseguradora, coordina la realización de los trabajos y el tiempo estimado para hacerlos.

En cambio, si el cliente no está asegurado, el Asesor le informa el costo aproximado de los trabajos y solicita su autorización. Si el cliente no desea que su vehículo sea atendido en el Taller, puede acercarse a retirarlo. Pero, si es que desea que le realicen la reparación, autoriza al Asesor y este posteriormente le informa al Coordinador de Taller para que se encargue de autorizar la ejecución de los trabajos y coordinar la fecha de entrega.

Todos los vehículos antes de entrar a cualquiera de las zonas de trabajo pasan a ser lavados y limpiados para reducir la contaminación y eventualmente, algún riesgo de accidente para los Técnicos. Luego, el Coordinador del Taller envía el vehículo a la zona de trabajo que corresponda. Las zonas que hay dentro del taller son: Enderezado, Alistamiento, Chapistería, Pintura y Armado. Una vez que al vehículo se le realizan los trabajos que le corresponden en cualquiera de las zonas, el Jefe de Taller se encarga de supervisar que éstos estén bien hechos y a la vez se informa al cliente sobre el proceso de la reparación. Es importante mencionar que dado a que se trabaja con vehículos que han sufrido alguna colisión, casi siempre a medida que se va reparando van apareciendo nuevos repuestos por cambiar. Razón por la cual, para poder reemplazar las piezas dañadas, el taller debe pedir autorización a la Aseguradora, en el caso de que el vehículo esté asegurado, caso contrario se solicita la aprobación directamente al cliente.

El siguiente paso es el envío de la liquidación a la Aseguradora por parte del Asesor, ésta se encarga de calcular el deducible del monto final que el cliente debe pagar. Mientras esto sucede el Jefe de Taller realiza una prueba de ruta a aquellos vehículos que han sufrido daños mecánicos o han tenido reparaciones complejas. Si es que éste encuentra algún problema, envía el vehículo a la zona que corresponda. A continuación, el vehículo pasa a ser lavado interna y externamente para que luego el Coordinador del Taller le avise al Asesor que el vehículo está listo para ser entregado. Después, el Asesor le comunica al cliente que su vehículo está listo, imprime la Orden de Liquidación del Deducible y le solicita al cliente que firme. Después, el cliente se acerca a la Caja a pagar el valor correspondiente y finalmente, el Asesor le entrega las llaves de su vehículo, si el cliente desea se realiza una prueba de ruta. Para mayor detalle se puede apreciar el Flujograma completo en el Anexo 7.

3.3. Reuniones con la Gerencia

Con la Gerencia se realizaron tres reuniones durante el levantamiento de los procesos administrativos del Taller de Serviciocios de PROAUTO C.A., las mismas que estuvieron divididas de la siguiente manera: la primera, fue sobre los procesos del Taller Matriz y el proceso del Chevy Express; la segunda, se trató sobre los procesos de Camiones y la última, fue sobre el proceso de Colisión. Los temas que se trataron en dichas reuniones fueron conocer el estado actual de los procesos y proponer mejoras en los mismos. Cabe mencionar que todas las propuestas que se dieron fueron sin ninguna base estadística, sino que, fueron hechas fundamentadas en la observación del comportamiento

actual del proceso. Además, se tomaron en cuenta sugerencias dadas por Juan Carlos Salazar, Gerente de Distrito de Servicio de General Motors y Cristian Sosa, Gerente de Servicios de PROAUTO C.A.; quienes conocen de mejor manera los procesos administrativos del taller.

3.4. Propuestas Iniciales de Mejora

Algunas de las propuestas que se consideraron para la elaboración del los flujogramas finales se mencionarán a continuación:

- Quitar algunas de las actividades realizadas por el Asesor para suplirlas con la implementación de una nueva instancia que llevaría el nombre de Balcón de Servicios. Éste se encargaría de verificar que se haya realizado la Inspección de los Requerimientos del Cliente; además, serviría como un soporte para el Asesor.
- Hacer la Verificación de los 18 Puntos antes de que el Técnico elabore su trabajo. Se consideró esta alternativa; ya que, si el cliente acepta que se le haga alguno de los trabajos que se incluyen en este documento, el Técnico solo tendría que acercarse una sola vez a la Bodega para solicitar los repuestos que necesita tanto para el trabajo solicitado, así como para lo referente a los 18 Puntos.
- Incluir dos actividades para el Asesor, las mismas que son la Validación y Verificación. La Validación se refiere a que el Asesor se asegure de que todos los costos de mano de obra como de repuestos estén reportados en la Orden de Liquidación. La Verificación, en cambio es que el Asesor constate que todos los trabajos de la Hoja de Inspección Vehicular se hayan llevado a cabo.
- Realizar una auto-inspección del trabajo ejecutado tanto por el Técnico como por quienes lavan los vehículos, para evitar que hayan retornos internos y peor aún retornos externos.
- El Asesor, después de tres días, llame al cliente para conocer el estado de su vehículo; considerando que el cliente, va a tener mayor seguridad al comunicarse con el Asesor que con el Call Center. La seguridad con el Asesor se debe a que él fue quien conoció el trabajo que debía realizarse en su vehículo. Además, colaborará con la imagen del concesionario ya que esto demuestra preocupación por los clientes.
- Llamar al cliente para recordarle que su vehículo está próximo a un mantenimiento; esto debe realizarlo el Call Center, basado en el historial de mantenimientos del

vehículo. Este tipo de sistema es conocido como MPP (Mantenimiento Preventivo Programado).

- Incluir en las actividades del Call Center el llamar al los clientes recordándoles su cita con un día de antelación; con el objetivo de confirmar la reservación y evitar el uso innecesario de recursos en la preparación de repuestos y bahías para clientes que no van a llegar.

Se espera que con todas las recomendaciones antes mencionadas, los procesos sean más eficientes y ayuden al taller a organizar mejor la carga de trabajo.

3.5. Procesos modificados

Todos los procesos modificados se basan en los originales, por lo que la mayoría de ellos son adaptaciones o reformas de los iniciales.

3.5.1. Taller Matriz

3.5.1.1. Mantenimiento Preventivo

El Mantenimiento Preventivo, que originalmente era con cita y sin cita, luego de las modificaciones pasó a dividirse en tres procesos semejantes. Es así que del inicial se mantienen los procesos de Mantenimiento Preventivo con cita y sin cita, con sus reformas correspondientes; y, el nuevo proceso es el del Mantenimiento Preventivo con cita MPP (Mantenimiento Preventivo Programado), como ya se explicó anteriormente, es cuando el Call Center llama al cliente recordándole que su vehículo está próximo a un nuevo mantenimiento con el fin de agendar una cita.

3.5.1.1.1. Mantenimiento con cita

El Mantenimiento con cita en general es similar al original, solo se incluyeron algunos detalles que se listarán a continuación:

- Mayor detalle en las actividades que el Call Center realiza al momento de comunicarse con el cliente.
- Incluir en el proceso al Guardia, quien se encargará de saludar cordialmente al cliente y direccionarlo al área de agendados.
- El Técnico hace la Verificación de los 18 Puntos antes de realizar los trabajos en el vehículo.
- Técnico y lavadores deben hacer una auto-inspección de su trabajo.
- Verificación y Validación como actividades que el Asesor debe cumplir.
- Actividades del Balcón de Servicios dentro del proceso.

- El Asesor realiza la “entrega perfecta” según lo establecido por General Motors y llama luego de tres días al cliente.

Si se desea ver el proceso completo remitirse al Anexo 8.

3.5.1.1.2. Mantenimiento con cita MPP

Este proceso es casi igual al del Mantenimiento con cita, es decir la mayoría de actividades son similares. Las diferencias radican, por una parte en que en el Mantenimiento con cita MPP el Call Center realiza la llamada al cliente, mientras que en el Mantenimiento con cita el cliente es quien llama al Call Center; por otra parte, cuando el cliente no desee programar una cita éste tiene la apertura para agendar otra cuando tenga tiempo disponible. Si se desea ver el proceso completo remitirse al Anexo 9.

3.5.1.1.3. Mantenimiento sin cita

El Mantenimiento sin cita en general es parecido a los dos anteriores, lo que lo hace diferente son las actividades relacionadas al retorno externo y a la no intervención del Call Center.

Las actividades que se incluyen dentro de este proceso son:

- El Asesor analiza si en realidad se trata de un retorno externo, confirmándolo en la respectiva Orden de Servicio e informando al Jefe de Taller.
- El Jefe de Taller reorganiza la carga de trabajo y le da prioridad al supuesto retorno externo.
- El Técnico realiza el diagnóstico del vehículo.
- El Jefe Técnico, supervisa al Técnico mientras éste realiza el diagnóstico.
- El Líder de Calidad y el Gerente de Servicios están a la expectativa por saber si en realidad es un retorno externo para su debido registro.
- Tanto el Jefe Técnico como el Jefe de Taller analizan el informe del Técnico para verificar si es un retorno externo.
- El Gerente de Servicios recibe el informe sobre el diagnóstico y aprueba el retorno externo solicitando la prioridad en los trabajos; de no aprobar se comunica con el cliente para informarle.
- Si es que es un retorno externo, el Jefe de Taller se comunica con el Técnico para darle prioridad a dicho vehículo.
- El Técnico arregla el problema del vehículo que ingresó como retorno externo.
- El Jefe Técnico supervisa el trabajo del Técnico.

- El Líder de Calidad hace un seguimiento sobre la reparación del vehículo.

El proceso se lo puede observar de una forma clara y completa en el Anexo 10.

3.5.1.2. Mecánica Especializada

El proceso de Mecánica Especializada se lo hacía sólo sin cita, pero luego de las reuniones con la gerencia se conoció que se estaba comenzando a realizar este tipo de trabajo previa cita.

3.5.1.2.1. Mecánica Especializada con cita

El proceso es bastante similar al de Mantenimiento Preventivo con cita; sin embargo existen diferencias. La primera de ellas es que en Mecánica Especializada, el vehículo generalmente ingresa por algún problema específico; razón por la que, es necesario realizar una prueba de ruta. La segunda diferencia está en el diagnóstico que se debe realizar al vehículo. Además, debido a que son distintos trabajos mecánicos, el Asesor siempre debe pedir autorización del cliente. Por otra parte el Asesor puede aprovechar la ocasión para ofrecer la Verificación de los 18 Puntos. El proceso se lo puede apreciar de una forma clara en el Anexo 11.

3.5.1.2.2. Mecánica Especializada sin cita

El proceso de Mecánica Especializada sin cita es similar al de Mantenimiento Preventivo sin cita ya que también se incluyen los retornos externos, por lo que de igual manera intervienen el Jefe de Taller, Jefe Técnico, Gerente de Servicios y Líder de Calidad. De la misma manera este proceso, se basa en el original de Mecánica Especializada. El proceso completo se lo puede observar en el Anexo 12.

3.5.1.3. Garantías

El proceso de Garantías que inicialmente era solo uno, luego de las reuniones con la gerencia se determinó que para abarcar todas las posibilidades era preferible diagramar dos en los que conste la Garantía con cita y sin cita respectivamente.

3.5.1.3.1. Garantías con cita

El proceso es igual al original; pero se aumenta la intervención del Guardia, el Call Center y el Balcón de Servicios. Además, se incluyeron las actividades sugeridas en las reuniones con la Gerencia. Es decir, se colocó la auto-inspección que deben realizar el Técnico y los encargados de lavar el vehículo. También, se incluyó la parte en la que el Asesor hace la Validación, Verificación y llama por seguimiento al cliente luego de tres días. El proceso completo se encuentra en el Anexo 13 para una mejor comprensión.

3.5.1.3.2. Garantías sin cita

El proceso de Garantías sin cita, es muy similar en la parte de retorno externo, al proceso de Mecánica Especializada sin cita. El resto en cambio es igual al proceso de Garantías con cita, pero sin la intervención del Call Center, ya que, los clientes solo se acercan al taller por el servicio. En el Anexo 14 se presenta el flujograma completo.

3.5.2. Chevy Express Condado Shopping

El proceso de Chevy Express que originalmente era uno, luego de las reuniones con la gerencia se aumentó en dos procesos más. Este proceso al igual que el Mantenimiento Preventivo, se lo puede hacer con cita, con cita MPP y sin cita.

3.5.2.1. *Chevy Express con cita*

Este proceso tiene mucha similitud al Chevy Express original. Sin embargo, lo que se aumento fue:

- Mayor detalle en las actividades del Call Center.
- La Bodega consigue los repuestos necesarios para el mantenimiento antes de que el cliente llegue al taller.
- El Técnico realiza la Verificación de los 18 Puntos mientras el Asesor está preparando la Hoja de Trabajo.
- El Asesor realiza la Validación y Verificación.

En el Anexo 15 se presenta el flujograma completo para un mejor entendimiento del proceso.

3.5.2.2. *Chevy Express con cita MPP*

El proceso de Chevy Express con cita MPP es similar al con cita, la única diferencia es que en el proceso con cita MPP el Call Center llama al cliente a recordarle que su vehículo esta próximo a un mantenimiento. De ahí en adelante, el proceso no varía con el Chevy Express con cita. Es decir, se incluye todo lo que en la reunión con la gerencia se acordó, lo que no se consideró fue un Balcón de Servicios, porque no existe espacio suficiente para éste. El proceso se encuentra detallado en el Anexo 16.

3.5.2.3. *Chevy Express sin cita*

Este proceso se diferencia de los otros dos de Chevy Express en cuanto a la consideración de retornos externos. El encargado en analizar si en realidad es un retorno externo, es el Jefe de Talle, quien debe organizar la carga de trabajo del taller, dar prioridad y supervisar el trabajo del Técnico en el vehículo que entró como retorno

externo. En cambio, si no es un retorno externo se le comunica esta situación al cliente y se le consulta si desea que se le hagan los trabajos correspondientes. En general este proceso es similar al Chevy Express con cita, pero sin el Call Center. El proceso se encuentra detallado en el flujograma del Anexo 17.

3.5.3. Camiones

El proceso de Camiones, inicialmente era solo sin cita; pero se consideró la importancia de agregar Camiones con cita, especialmente para trabajos de mantenimiento preventivo. Sin embargo los Camiones sin cita pueden acudir por problemas mecánicos específicos así como para trabajos de tipo preventivo.

3.5.3.1. Camiones con cita

El Proceso de camiones con cita difiere mucho del original ya que en este se eliminó la mayor cantidad de actividades que el Jefe de Taller realizaba. Se incluyó dentro del proceso a un Asesor para que se encargue en general de recibir y entregar el camión al cliente. Además se agregó una Caja para que los clientes paguen en ella y no lo hagan al Jefe de Taller. Asimismo, se aumentó un Probador para que verifique que los trabajos hechos por el Técnico sean los adecuados. Esta adaptación va a ayudar al taller a reducir la cantidad de retornos externos ya que en la actualidad, solo tienen al Jefe de Taller cumpliendo estas funciones. Por último, se incluyó un Balcón de Servicios para que sirva de soporte al Asesor el momento de recibir un cliente. El proceso completo se encuentra en el Anexo 18 para una mejor comprensión.

3.5.3.2. Camiones sin cita

El Proceso de Camiones sin cita es totalmente diferente al de Camiones con cita. Esto se debe a que dentro de este proceso se pueden encontrar tres tipos de situaciones. La primera de ellas es cuando existe retorno externo. Para realizar este proceso se incluyeron al Jefe de Sucursal y al Líder de Calidad. Las funciones del Jefe de Sucursal son determinar si en realidad se trata de un retorno externo y supervisar los trabajos del Técnico. En cambio la función del Líder de Calidad es dar seguimiento a los camiones que entraron como retorno externo.

La segunda situación, es cuando el camión ingresa al taller para un Mantenimiento Preventivo, ésta es muy similar al proceso de Camiones con cita. La última situación es cuando el camión ingresa por un trabajo de Mecánica Especializada. Se incluyó también la condición de que ningún camión puede pasar a la bahía de trabajo si es que el taller no

tiene todos los repuestos, mano de obra, equipos y herramientas listas para su uso. Finalmente, se aumentó un Asesor, un Probador, una Caja y un Balcón de Servicios. El proceso se lo puede apreciar de una forma clara y completa en el Anexo 19.

3.5.4. Colisiones

El proceso de colisiones no varió mucho del original ya que se consideró una sola situación debido a que los vehículos que concurren al taller no demandan reservar una cita; puesto que, las colisiones se producen en situaciones fortuitas.

3.5.4.1. Colisiones sin cita

El proceso de Colisiones sin cita es similar al original en la mayoría de aspectos. Sin embargo, se consideraron algunos detalles mencionados en las reuniones con la Gerencia. Se incluyó un Probador para que se encargue de hacer las pruebas de ruta a los vehículos que ingresan al taller por daños mecánicos debido a la colisión o por daños complejos. De igual manera, el Balcón de Servicios fue incluido para que sirva como un soporte para el Asesor. Por último, se agregó la auto-inspección del trabajo realizado luego de cada zona de trabajo. Si se desea observar el proceso completo remitirse al Anexo 20.

3.6. Conclusiones de los Procesos Administrativos del Taller de Servicios de PROAUTO C.A.

Luego de la diagramación de los Procesos Administrativos del Taller de Servicios de PROAUTO C.A., se concluye lo siguiente:

- Al tener el Asesor una sobre carga de trabajo que repercutía en la atención al cliente, se solucionó con la implementación del Balcón de Servicios que daría soporte al Asesor.
- Ni los Técnicos ni los encargados de lavar los vehículos hacían una auto-inspección de sus trabajos. Se agregó a las actividades tanto de Técnicos como de Lavadores, la de auto-inspección a su trabajo.
- En los procesos originales, no se tomaban en cuenta a los vehículos que ingresaban como retorno externo. En los procesos finales ya se considera esta situación para que quienes están involucrados en ella, conozcan las actividades que están bajo su responsabilidad.
- En los procesos originales, el Técnico tenía que dirigirse varias veces a la Bodega para retirar los repuestos que requería. Para evitar esta situación, optimizando el

tiempo, se consideró adelantar la Verificación de los 18 Puntos antes de los trabajos.

- Los flujogramas originales, tenían cierta complejidad para su comprensión, puesto que, las indicaciones inherentes a las actividades estaban en otra hoja. Para mejorar la comprensión de los flujogramas, se elaboraron de manera más didáctica. Es decir, se colocó dentro de cada hoja un recuadro en el que se anotan las indicaciones relacionadas a cada actividad.

Para los procesos modificados, se tomaron todas las sugerencias mencionadas en las reuniones con la Gerencia. El objetivo es que su implementación ayude a disminuir o repartir la carga de trabajo en todas las instancias involucradas.

3.7. Análisis del Proceso Crítico

El propósito básico de la tesis es determinar el proceso crítico de la empresa. Para lograrlo, se analizó la cantidad de vehículos que ingresan, el dinero que genera y el porcentaje de utilidad de cada uno de los seis procesos principales (Mantenimiento Preventivo, Mecánica Especializada, Garantía, Chevy Express, Camiones y Colisiones). Además, para este análisis se consideraron los cuatro primeros meses del año 2011. La Tabla 3-1 a continuación detalla todo lo mencionado.

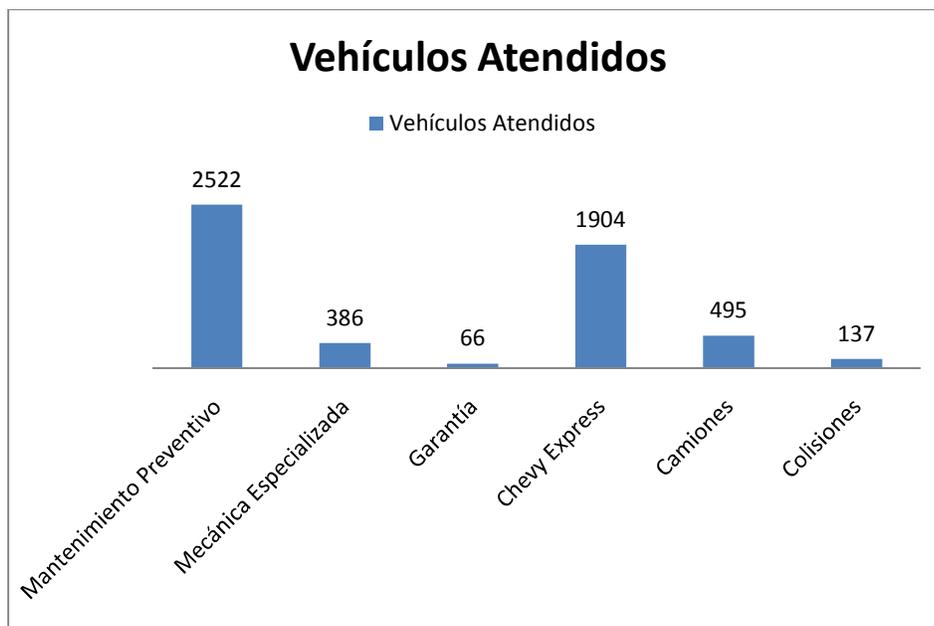
Tabla 3-1: Análisis del proceso crítico dentro de PROAUTO C.A.

Proceso	Vehículos Atendidos	Ingreso (\$)
Mantenimiento Preventivo	2522	\$ 369.360,70
Mecánica Especializada	386	\$ 160.908,16
Garantía	66	\$ 8.050,91
Chevy Express	1904	\$ 163.432,35
Camiones	495	\$ 221.076,35
Colisiones	137	\$ 176.909,27

(Elaboración propia)

Con la información obtenida se analizaron tres aspectos, el primero determinar cuál es el proceso que atiende más vehículos, el segundo cuál es el proceso que genera más ingresos y finalmente, el que genera más ganancia. Este análisis se presenta gráficamente con barras y pasteles.

El proceso que mayor cantidad de vehículos atiende se muestra en las siguientes gráficas.

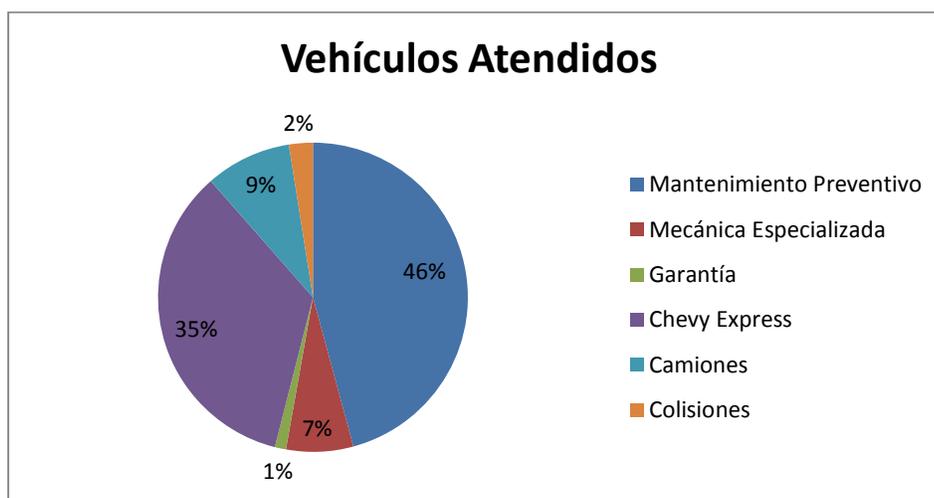


(Elaboración propia)

Figura 3-1: Gráfica de barras de vehículos atendidos

Como se puede apreciar en la Figura 3-1 el proceso que más vehículos atiende es el de Mantenimiento Preventivo con 2.522 vehículos. Luego le sigue con gran diferencia el Chevy Express con 1.904 vehículos.

A continuación, se presenta una gráfica en donde se aprecia la misma información en porcentajes.

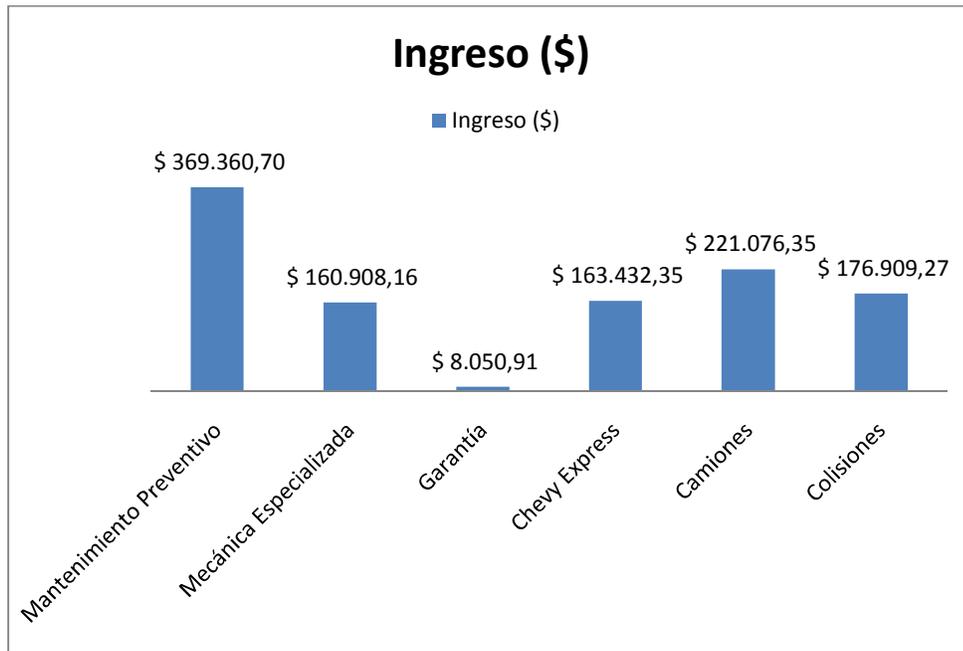


(Elaboración propia)

Figura 3-2: Gráfica de pastel de vehículos atendidos

En la Figura 3-2 se puede comprobar que el proceso de Mantenimiento Preventivo es el que mayor cantidad de vehículos atiende con el 46%.

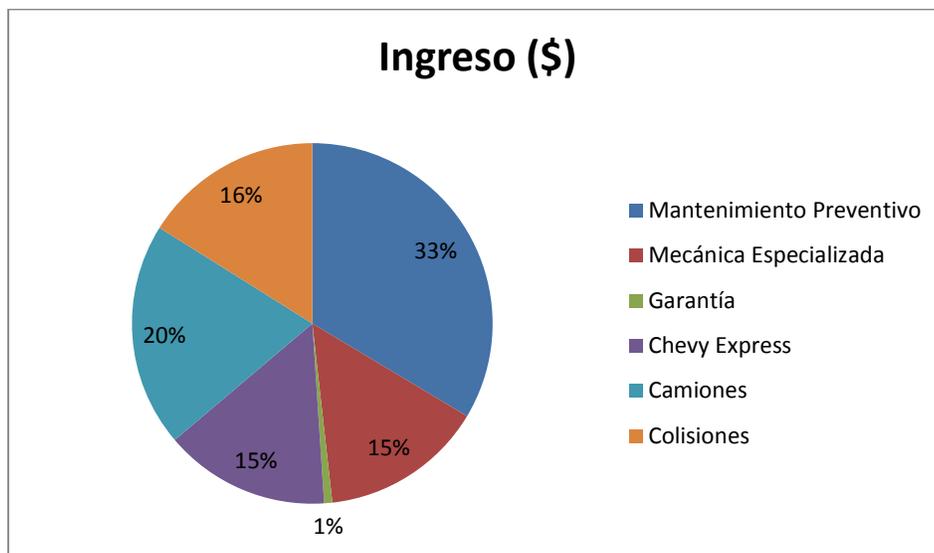
Los gráficos que a continuación se presentan, determinan cuál de los procesos es el que mayor ingreso le representa a la empresa.



(Elaboración propia)

Figura 3-3: Gráfica de barras de Ingreso

La Figura 3-3 muestra claramente que el Mantenimiento Preventivo le generó a la empresa \$369.360,70 en el periodo Enero-Abril del 2011, superando ampliamente a los otros procesos. Además, esta misma información en porcentajes, se presenta con un gráfico de pastel.

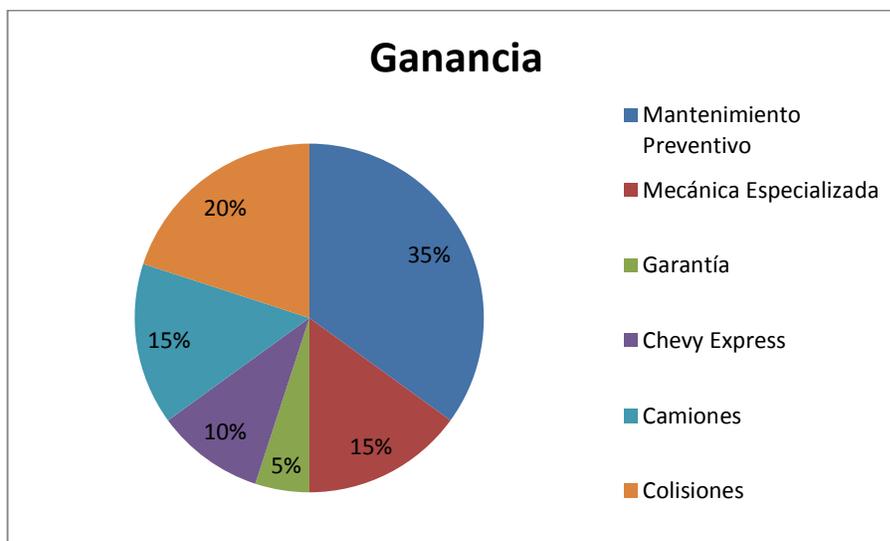


(Elaboración propia)

Figura 3-4: Gráfica de pastel para Ingreso

En la Figura 3-4 se aprecia que los ingresos generados por el Mantenimiento Preventivo representan el 33% de todos los ingresos de PROAUTO C.A.

Por último se indica en un gráfico de pastel el porcentaje de ganancias de cada proceso.



(Elaboración propia)

Figura 3-5: Gráfica de pastel para Ganancias

En la figura 3-5 se puede evidenciar que el Mantenimiento Preventivo es el que mayor ganancia le representa a la empresa. Esta información fue proporcionada por el Ingeniero Cristian Sosa, Gerente de Servicios de PROAUTO C.A, quien en base a su

experiencia supo manifestar aproximadamente los porcentajes de ganancias para cada proceso. (Sosa)

En conclusión, se puede afirmar con seguridad que el proceso crítico para la empresa es el Mantenimiento Preventivo del Taller Matriz ya que como se mostró anteriormente es el proceso que mayor cantidad de vehículos atiende y el que mayor ingreso y ganancia le representa a la empresa. En consecuencia, la tesis se enfocará a mejorar dicho proceso con la ayuda de herramientas de ingeniería.

4. Capítulo IV: Simulación del Mantenimiento Preventivo del Taller Matriz de PROAUTO C.A.

4.1. Tamaño de la Muestra

En el concesionario Matriz de PROAUTO C.A., se debe calcular el número representativo de vehículos para el estudio con el objetivo de tomar decisiones y conclusiones de todos los vehículos que ingresarán en un futuro en el concesionario. Para obtener una muestra significativa, se utilizará la fórmula presentada en el Marco Teórico sección 2.2.1. (Torres):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza

p = población de éxito o proporción esperada

q = 1- p

d = precisión (error máximo admisible referente a la proporción)

4.1.1. Tamaño de la Población

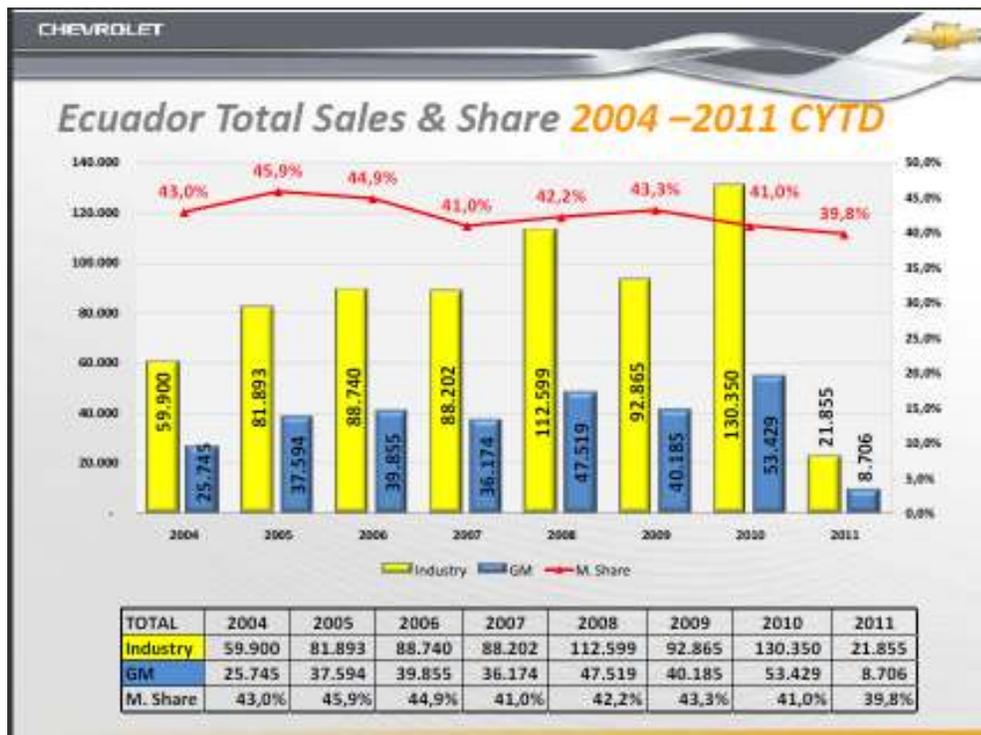
Para el caso de estudio, se tomará a la población como finita. Para calcular esta población finita, se comenzó averiguando la cantidad de kilómetros que un vehículo recorre en un año. Un vehículo recorre en promedio en un año alrededor de 20,000 km (Arevalo). Con esta información, se pudo estimar que los clientes potenciales de PROAUTO C.A. serían todos aquellos clientes que han obtenido un vehículo Chevrolet en los últimos 5 años ya que se asume que han recorrido de 0 km hasta 100,000 km. Todos estos clientes podrían acudir al concesionario para un mantenimiento desde 5,000 km hasta 100,000 km. Se considera las ventas de vehículos Chevrolet a nivel nacional porque es posible que un vehículo de otra provincia realice mantenimientos en PROAUTO C.A. y en la historia ya lo han hecho. Para tener una idea de esto, a continuación se presenta la siguiente tabla en donde se observa las provincias de las cuales acudieron los clientes sólo en el 2011:

Tabla 4-1: Provincias de clientes atendidos

Provincias
Pichincha
Bolivar
Chimborazo
Esmeraldas
Galapagos
Guayas
Imbabura
Manabi
Morona Santiago
Santo Domingo de los Tshachilas
Tungurahua
Sucumbios

(Elaboración propia)

Para determinar la cantidad de vehículos que pertenecen a esta población en los últimos 5 años, se acudió a un estudio de mercado realizado por General Motors en donde se observa la cantidad de vehículos vendidos por la empresa en estos años:

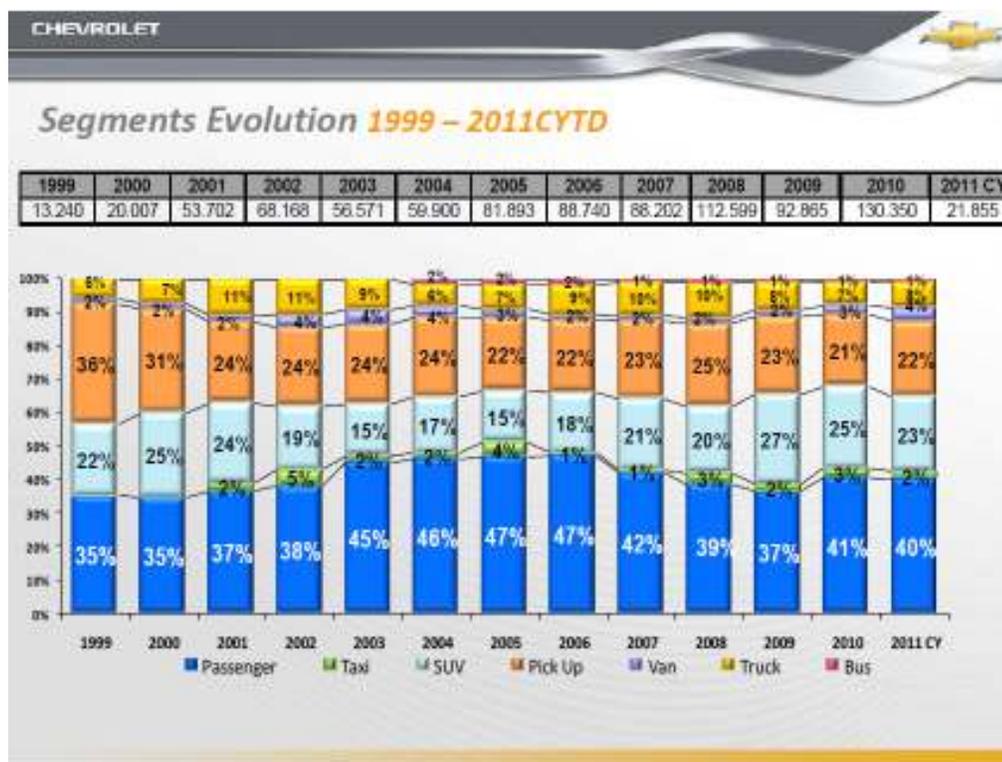


(Archivo General Motors Ecuador)

Figura 4-1: Estudio de mercado de General Motors

Al observar la Figura 4-1, se puede observar todos los vehículos vendidos por General Motors desde el 2006 hasta el 2010 los cuales serán parte de los clientes potenciales. Es

importante identificar que dentro de todos los vehículos vendidos, existen buses y camiones los cuales hay que descartarlos porque no acuden a la Matriz. La tabla que se presenta a continuación nos permitirá identificar qué porcentajes de estos vehículos son camiones y buses.



(Archivo General Motors Ecuador)

Figura 4-2: Porcentajes de camiones y buses dentro de las ventas de General Motors

En la Figura 4-2 se puede observar con claridad los porcentajes de vehículos vendidos por tipo de vehículo.

Por medio de la Tabla 4-2, se identificará el número de vehículos que en realidad son clientes potenciales de la Matriz de PROAUTO C.A. restando los porcentajes de los camiones y buses vendidos.

Tabla 4-2: Vehículos vendidos por General Motors sin considerar camiones y buses

	Ventas Totales	% de camiones y buses	Cientes potenciales
2006	39855	10	35869,5
2007	36174	11	32194,86
2008	47519	11	42291,91
2009	40185	9	36568,35
2010	53429	7	49688,97
		Suma	196614

(Elaboración propia)

Luego de restar los camiones y buses vendidos, se pudo identificar la población de la muestra. Se tiene que 196,614 vehículos que circulan en el país desde el 2006 hasta el 2010 son los clientes potenciales de PROAUTO C.A.

4.1.2. Población de Éxito o Proporción Esperada

La población de éxito o proporción esperada son todos los clientes dentro de la población que se espera que acudan al concesionario Matriz de PROAUTO C.A. Para tener una idea de cuántos de los 196,614 clientes que pueden acudir al concesionario, se consideró todos los clientes que en realidad realizaron mantenimientos en el concesionario desde el 2006 hasta el 2010. Para esto se utilizó un registro de los clientes ingresados en el concesionario proporcionado por el Área de Sistemas de PROAUTO C.A. La cantidad de clientes que han visitado el concesionario en los últimos 5 años es de 11664.

Por lo tanto, la proporción esperada es:

$$p = \frac{11664}{196614} = 0.06 = 6\%$$

A partir del cálculo de p, se puede obtener q de la siguiente manera:

$$q = 1 - 0.06 = 0.94 = 94\%$$

4.1.3. Determinación de la precisión

Para la determinación de la precisión, depende mucho de cuánto error se quiere permitir a la proporción esperada. La literatura sugiere que se otorgue un 5% de error a la proporción. Considerando esto en el caso de estudio, significaría que la proporción en realidad puede estar entre 1% y el 11% de la población. Luego de conversar con el Gerente de Servicios de PROAUTO C.A., Ingeniero Cristian Sosa, cree que sería aceptable ese porcentaje. Del mismo modo, se consultó con el Ing. Daniel Merchán y se determinó que este error en la proporción es aceptable. Al asumir este error, quiere decir que la fórmula inicia con un error del 5% en la obtención del número de la muestra. Adicionalmente, al considerar la venta de autos a nivel nacional y estimar la proporción esperada, es bastante incierto cuántos vehículos en realidad ingresarán al concesionario y por ello es razonable considerar que puede oscilar entre 1% y 11%.

4.1.4. Nivel de Confianza

El nivel de confianza inició con un 95% ya que esto es lo que recomienda la literatura. Una vez ingresados todos los valores en la fórmula, se obtuvo una muestra de 87

observaciones. Sin embargo, la literatura indica que una muestra de 30 observaciones es suficiente para inferir los resultados obtenidos de la muestra en una población. Por lo tanto, el tener una muestra de 87 observaciones representaría bastante bien a la población, no obstante, el realizar 87 observaciones de todas las actividades dentro del proceso preventivo tomaría demasiado tiempo y no contribuirían de gran manera en los resultados finales. Por esta razón, se escogió un nivel de confianza del 90%. Con este nivel de confianza, se obtiene un tamaño de muestra de 61 observaciones. Este tamaño de muestra es el doble del recomendado por la literatura lo cual asegura que se realizará una inferencia correcta. Adicionalmente, el tiempo destinado a realizar estas observaciones está de acuerdo con el tiempo destinado para la elaboración de la tesis ya que se tomarán 61 observaciones de cada actividad. Finalmente, la manera de saber si el tamaño de la muestra fue elegido correctamente, es cuando se corra la simulación y los resultados sean coherentes con la realidad. En caso de que los resultados no lo sean, es allí cuando se deberá aumentar la muestra hasta que la simulación llegue a representar la realidad.

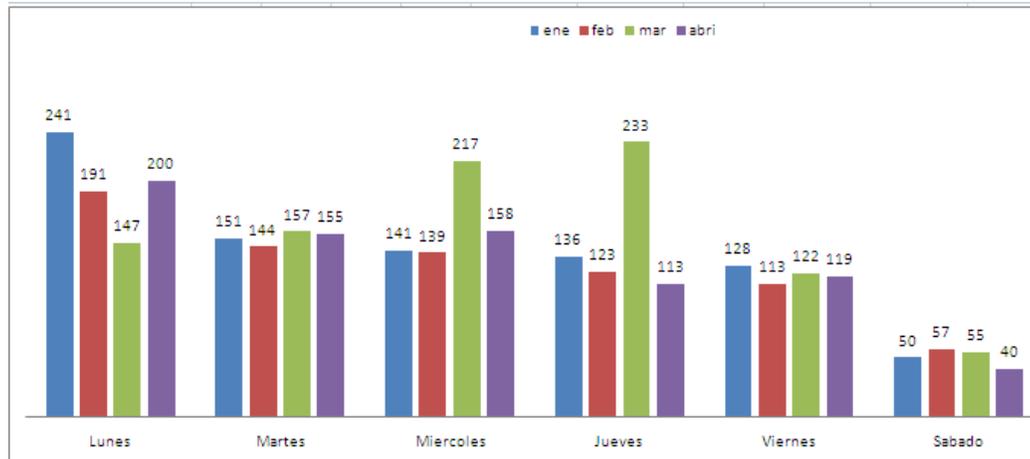
4.1.5. Obtención de la muestra

Luego de identificar todos los parámetros a considerar dentro de la fórmula de la muestra, se obtiene el tamaño de muestra de la siguiente manera:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} = \frac{196614 * 1.65^2 * 0.06 * 0.94}{0.05^2 * (196614 - 1) + 1.65^2 * 0.06 * 0.94} = 61$$

4.2. Toma de Tiempos

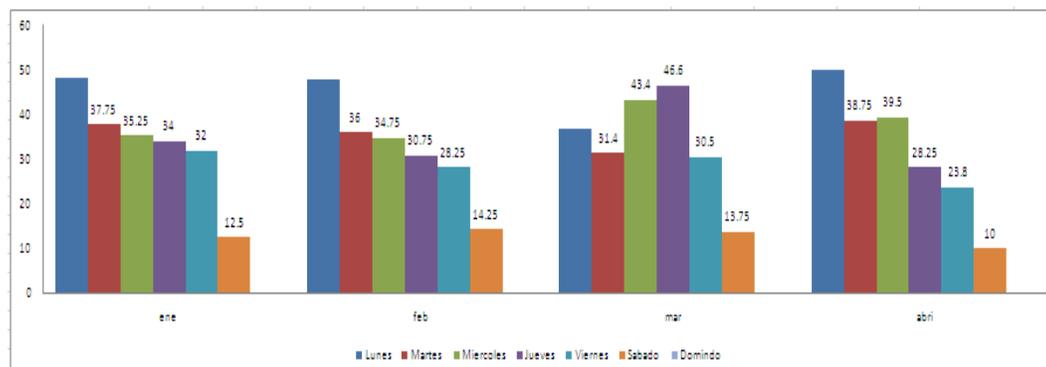
Antes de realizar la toma de datos, se identificó qué día es el más crítico para PROAUTO C.A. durante la semana. Por medio del análisis del registro del ingreso de autos por día, se identificó que el día lunes es el día de mayor flujo dentro del concesionario. Por esta razón, se tomaron los tiempos de todas las actividades dentro del proceso los días lunes de cada mes. La razón de ello, es para analizar cómo se comporta el concesionario cuando tienen la mayor demanda de clientes. Está claro que los días que no se tiene tantos ingresos, el flujo de los vehículos dentro del concesionario será más ágil.



(Archivo PROAUTO C.A.)

Figura 4-3: Ingreso de vehículos por mes

En la Figura 4-3, se puede observar el ingreso de vehículos al concesionario Matriz de PROAUTO C.A. desde el mes de enero hasta el mes de abril. Claramente se puede ver que los días lunes tienden a ser los días de mayor flujo a comparación de los otros días. En los días miércoles y jueves del mes de marzo, se observa que existe un gran número de vehículos ingresados. Al analizar este tema, se concluye que por motivos del feriado de Carnaval el lunes 7 y martes 8 de marzo, los clientes acudieron en gran cantidad al concesionario los días miércoles 2 y jueves 3 de marzo con el propósito de tener los vehículos en buen estado para los viajes. El día viernes 4 de marzo no es afectado porque el cliente no quiere arriesgarse a que su vehículo permanezca en el concesionario más de un día o porque el cliente realizó su viaje el día viernes. Este comportamiento atípico no se lo debe considerar ya que no es un comportamiento normal del concesionario.



(Archivo PROAUTO C.A.)

Figura 4-4: Ingreso de vehículos por semana y por mes

En la Figura 4-4, se puede observar y comparar el ingreso por vehículos por semana dentro de los 4 meses de estudio. Se identifica al día lunes como el día de mayor flujo en

tres de los 4 meses. De igual manera, en el mes de marzo se observa un despunte de los días miércoles y jueves por motivos del feriado de Carnaval detallados en la Figura 4-3.

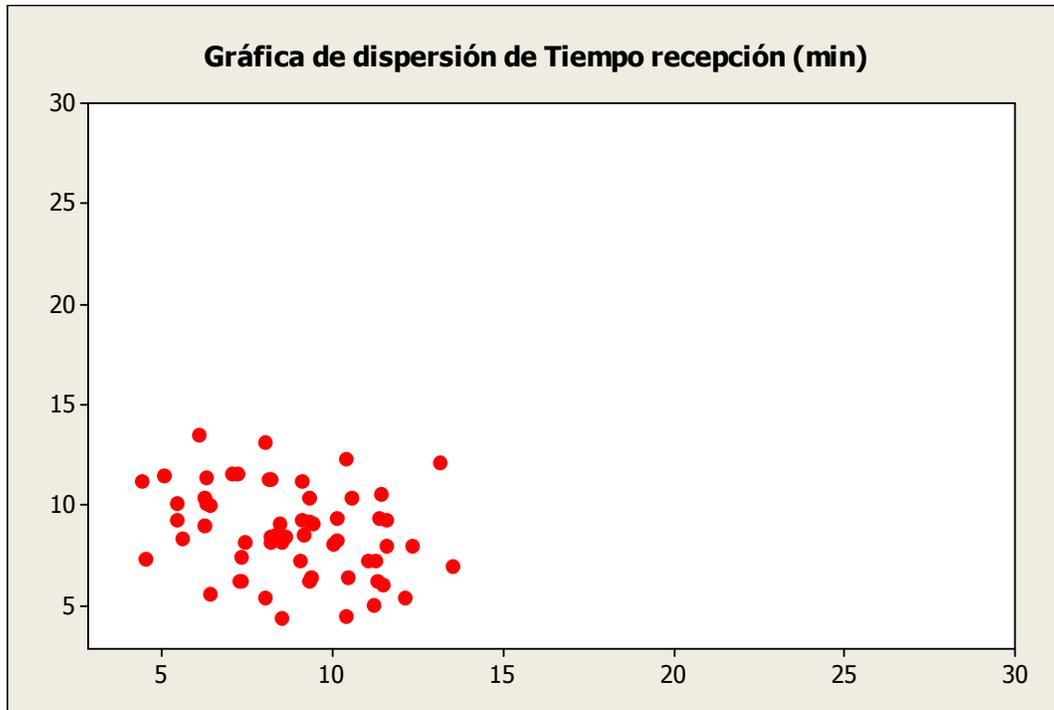
Para los tiempos de los mantenimientos, existe un registro de todos los técnicos en el cual se presentan los tiempos que les tomó realizar cada uno de los mantenimientos. El procedimiento realizado fue el siguiente:

- Primero, se obtuvo el registro de tiempos de mantenimientos por kilometraje y por técnico utilizado desde el mes de enero hasta el mes de abril.
- Para poder simular de mejor manera el mantenimiento, tomamos aleatoriamente 12 tiempos de cada técnico por cada mantenimiento. Por ejemplo, para el mantenimiento de 5,000 km, se tomó el registro de tiempos de un técnico y se escogió aleatoriamente 3 tiempos de 5,000 km por mes. Al realizar el estudio por 4 meses, se obtuvo un total de 12 tiempos por técnico y por mantenimiento.
- A continuación, se agrupó los tiempos de todos los técnicos por mantenimiento de forma aleatoria y se utilizó los 61 primeros datos.
- Finalmente, se validó los tiempos a usarse en la simulación con el Jefe de Taller de PROAUTO C.A., el señor Rubén Arévalo, el mismo que dio el visto bueno de los tiempos. Todo este proceso se realizó ya que la toma de estos tiempos esta fuera del alcance de la tesis ya que Daniela Ramírez y Daniela Carrera son responsables de la toma de estos tiempos.

4.3. Análisis de Aleatoriedad e Independencia de los Datos

Una vez obtenidas 61 observaciones de cada actividad dentro del proceso de mantenimiento preventivo, es necesario realizar la prueba de independencia y aleatoriedad de todos los datos. La razón de realizar estas pruebas, es para asegurarse que no exista relación entre los datos tomados. En otras palabras, para saber si la toma de datos de un vehículo no afecta ni tiene relación con otro. Una vez comprobado que se cumplan estas condiciones, se puede utilizar los datos en la simulación para poder representar de manera certera la realidad.

Para probar la independencia de los datos, se utilizó diagramas de dispersión en donde se observó que no exista ningún patrón ni tendencia en los datos y confirmar la independencia de los mismos. Todos los diagramas de dispersión se encuentran en el Anexo 21.



(Elaboración propia)

Figura 4-5: Diagrama de dispersión para tiempos de recepción

En la Figura 4-5, se presenta un ejemplo de la manera en que se identificó la independencia de los datos. En éste caso, se puede observar que los datos no tienen ninguna tendencia ni relación entre sí por lo que se asume independencia de los mismos.

Para la verificación de aleatoriedad de los datos, se realizó pruebas de corrida de cada conjunto de datos. Las pruebas de corrida identifican la media de los datos para luego analizar cuántos valores están por encima de la media y cuántos están por debajo. Con esta información se obtiene un valor-p relacionado, el cual debe ser mayor a 0.05 para asumir aleatoriedad de los datos. Todas las pruebas de corrida se encuentran en el Anexo 22.

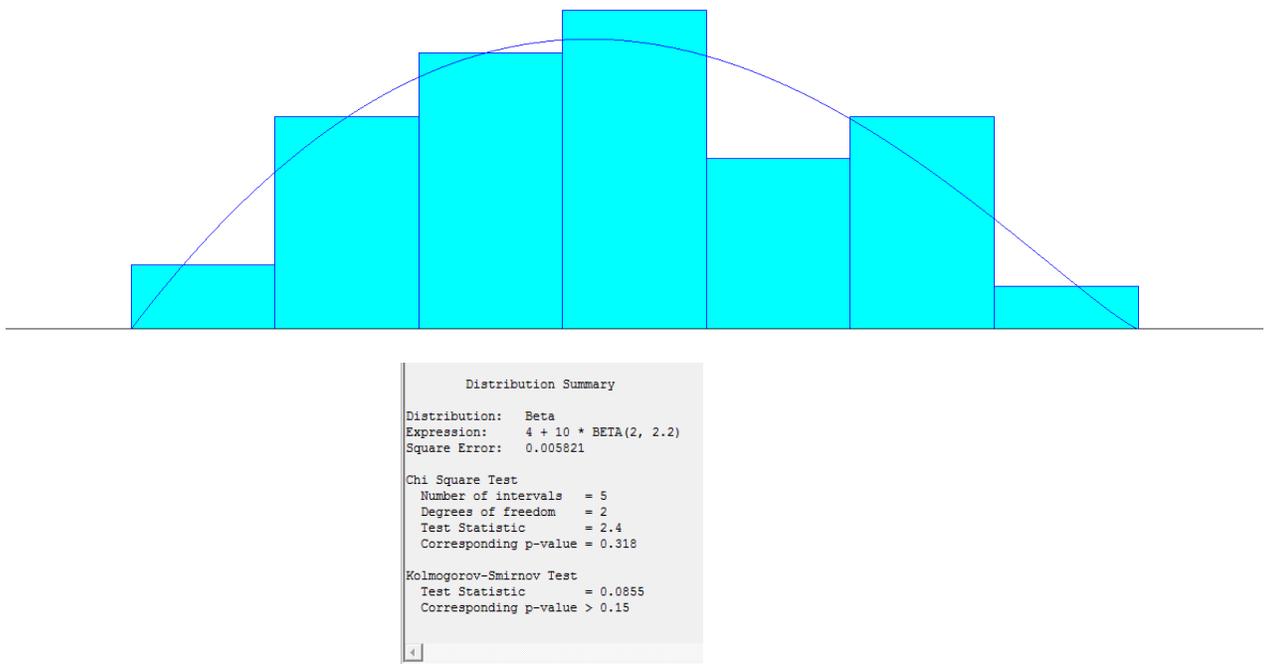
Tabla 4-3: Pruebas de corrida de las observaciones

Pruebas de corrida	Valor p
Tiempos entre arribos	0,774
Tiempos de recepción	0,505
Tiempos de 18 Puntos	0,658
Tiempos de Bodega	0,392
Tiempos de 5000 km	0,081
Tiempos de 10000 km	0,697
Tiempos de 15000 km	0,355
Tiempos de 20000 km	0,169
Tiempos de 25000 km	0,264
Tiempos de 30000 km	0,505
Tiempos de 35000 km	0,687
Tiempos de 40000 km	0,454
Tiempos de 45000 km	0,081
Tiempos de 50000 km	0,307
Tiempos de 55000 km	0,583
Tiempos de 60000 km	0,202
Tiempos de 65000 km	0,403
Tiempos de 70000 km	0,059
Tiempos de 75000 km	0,081
Tiempos de 80000 km	0,712
Tiempos de 85000 km	0,684
Tiempos de 90000 km	0,482
Tiempos de 95000 km	0,311
Tiempos de 100000 km	0,628
Tiempos de Calidad	0,912
Tiempos de Lavado	0,899
Tiempos de Caja	0,271
Tiempo de Entrega	0,071

(Elaboración propia)

4.4.Distribución de los Datos

Al tener datos independientes y aleatorios, se puede analizar qué tipo de distribución éstos siguen. La razón de ello, es que al momento de diseñar la simulación, uno de los inputs de información es la distribución de los datos. Para obtener las distribuciones, se ingresó los datos en el Input Analyzer de Arena el cual arroja como resultado a qué distribución los datos se aproximan. Para saber que tan bien estos datos se ajustan a la distribución, se observan las pruebas de bondad y ajuste Chi-Cuadrado y Kolgomorov-Smirnov que también arroja el software. Estas pruebas dan como resultado un valor-p, el cual debe ser mayor a 0.05 o muy cercano a este para tener un 95% de confianza. Éste nivel de confianza se considera que es suficiente para asumir que los datos siguen dicha distribución. No se considera un nivel de confianza mayor ya que al tomar los datos, siempre existe un nivel de error humano por distintas variables que no se puede controlar. En caso de que la toma de datos sea automatizada, entonces allí se podría considerar un nivel de confianza mayor. Sin embargo, si se considera un nivel de confianza menor, se corre el riesgo que los datos no se ajusten muy bien a la distribución causando así, discrepancias entre la simulación y la realidad. En caso de que el valor-p se aproxime a 0.05, pero esté por debajo del mismo, se analizará otra prueba de bondad y ajuste llamada Anderson Darling para tener una tercera prueba y verificar el ajuste. Cabe recalcar que el valor-p no tiene que ser exactamente mayor a 0.05 pero si cercano al mismo. Para mayor información de las distribuciones, referirse al Anexo 23.



(Resultado software ARENA)

Figura 4-6: Distribución de los datos para tiempos de recepción

En la Figura 4-6, se puede observar la distribución de los tiempos de recepción. Se puede observar tanto de forma gráfica como numérica. Para certificar que los datos siguen una distribución Beta, se observa que el valor-p de las pruebas de bondad y ajuste sea mayor a 0.05.

Tabla 4-4: Distribuciones de los datos con el valor-p respectivo

Actividades	Distribución	Chi-Cuadrado	Kolgomorov-Smirnov	Anderson-Darling
Entre arribos	Weib(8.65, 1.38)	0,0441	>0,15	0,25
Recepción	4+10*Beta(2, 2.2)	0,318	>0,15	
18 puntos	3+Weib(4.68, 2.15)	0,646	>0,15	
Bodega	Tria(2, 4.91, 6.87)	0,105	>0,15	
5000	0.32+0.19*Beta(2.07, 2.35)	0,467	>0,15	
10000	1.39+1.05*Beta(1.4, 2.05)	0,13	>0,15	
15000	0.55+2.11*Beta(1.1, 1.35)	0,75	>0,15	
20000	Tria(2, 3.37, 4.55)	0,668	>0,15	
25000	0.66 + Weib(0.47, 2.63)	0,492	>0,15	
30000	2.17 + Weib(1.35, 2.51)	0,278	>0,15	
35000	0.7+1.44*Beta(1.28, 1.84)	0,408	>0,15	
40000	1.46 + Weib(2.12, 2.87)	0,542	>0,15	
45000	0.7+1.55*Beta(1.69, 2.08)	0,571	>0,15	
50000	1+2*Beta(1.13, 1.35)	0,123	>0,15	
55000	Tria(0.64, 1.18, 2.49)	0,743	>0,15	
60000	1+6*Beta(1.97, 1.49)	0,447	>0,15	
65000	0.44 + Logn(0.825, 0.603)	0,0687	>0,15	
70000	Norm(1.82, 0.48)	0,0457	>0,15	0,079
75000	0.46+2.54*Beta(1.14, 1.43)	0,0564	>0,15	
80000	1.12+3.61*Beta(2.25, 2.23)	0,0911	>0,15	
85000	0.43+2.33*Beta(1.32, 1.89)	0,513	>0,15	
90000	2 + Weib(0.954, 1.67)	0,178	>0,15	
95000	0.73 + Gamm(0.0822, 4.71)	0,245	>0,15	
100000	2.13 + Erla(0.376, 4)	0,442	>0,15	
Calidad	4+3.82*Beta(1.1, 1.22)	0,589	>0,15	
Lavadora	Norm(70.9, 19.9)	0,471	>0,15	
Caja	2+2.61*Beta(1.07, 1.78)	0,0491	>0,15	
Entrega	2+0.651*Beta(1.69, 1.86)	0,75	>0,15	

(Elaboración propia)

Al momento de realizar una simulación, es trascendental verificar con qué clase de datos se está trabajando. Para el caso del proyecto, todos los datos con los cuales se está trabajando son tiempos. El tiempo tiene una restricción importante la cual es que no puede ser negativo. Por lo tanto, es necesario verificar si se debe realizar truncamiento a las distribuciones obtenidas. El truncamiento se lo realizará al momento que la distribución tenga posibilidad de generar valores negativos. Las distribuciones obtenidas fueron las siguientes: Weibull, Beta, Triangular, Lognormal, Normal, Gamma, Earlang.

- Weibull:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta}{\alpha^\beta} x^{\beta-1} e^{-(x/\alpha)^\beta}, & x \geq 0 \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

(Banks)

Por medio de esta función, se observa que los valores que se obtendrán serán mayores a cero, por lo cual, no necesita truncamiento.

- Beta:

$$f(x) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} x^{a-1}(1-x)^{b-1} \text{ para } 0 < x < 1$$

(Montgomery y Runger)

Por medio de esta función, se observa que los valores que se obtendrán serán mayores a cero, por lo cual, no necesita truncamiento.

- Triangular:

Dentro de una función triangular, se observa el punto menor de la distribución. Para todos los casos, el punto más bajo de la distribución triangular debe ser mayor a cero. En los datos obtenidos que siguen una distribución triangular, se observa que su punto menor es positivo.

- Lognormal:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \text{ para } x > 0$$

(Montgomery y Runger)

Por medio de esta función, se observa que los valores que se obtendrán serán mayores a cero, por lo cual, no necesita truncamiento.

- Normal:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \text{ para } -\infty < x < \infty$$

(Montgomery y Runger)

Se observa que se puede obtener valores negativos por medio de una distribución normal. En algunos casos, es necesario realizar el truncamiento de la distribución para tiempos, pero en otros, se puede observar la media y la desviación estándar del set de datos para concluir si es o no necesario. Al observar la media y la desviación estándar, se puede calcular 3σ a cada lado de la media y observar si se llega a los

valores negativos. Con 3σ , se asegura que al menos el 99.73% de los datos serán positivos. En los casos de distribuciones normales obtenidos, el cálculo de 3σ se encuentra en la parte positiva de la distribución.

- Gamma:

$$f(x) = \frac{\lambda^r x^{r-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(r)} \text{ para } x > 0$$

(Montgomery y Runger)

Por medio de esta función, se observa que los valores que se obtendrán serán mayores a cero, por lo cual, no necesita truncamiento.

- Erlang:

$$f(x) = \frac{\lambda^r x^{r-1} e^{-\lambda x}}{(r-1)!} \text{ para } x > 0$$

(Montgomery y Runger)

Por medio de esta función, se observa que los valores que se obtendrán serán mayores a cero, por lo cual, no necesita truncamiento.

4.5. Planteamiento del Modelo de Simulación

Una vez obtenidas las distribuciones de los datos, se plantea el modelo de simulación en el programa Arena. Para poder plantar el modelo, se debe primero tomar en cuenta las distribuciones de los datos así como cualquier condición característica del proceso. Dentro del proceso de mantenimiento preventivo del taller matriz de PROAUTO C.A., se debe considerar la limitación de entrada de vehículos al mismo, porcentajes de clientes agendados y no agendados, división porcentual de tipos de mantenimientos, y porcentaje de vehículos que ingresan a la auditoría de calidad.

Al realizar un modelo de simulación, es importante identificar las variables, parámetros, medidas de desempeño y límites de la simulación. Las variables del modelo son todas aquellas que el analista puede modificar como: la cantidad de técnicos del concesionario, la hora máxima de ingreso de vehículos, la cantidad máxima de ingreso de vehículos y los tiempos de servicios del área de lavado y secado. Dentro de los parámetros, está el tiempo entre arribos de los clientes y el tiempo de servicio de los técnicos. La variable de desempeño para el modelo es la cantidad de vehículos atendidos en un mismo

día. El inicio de la simulación será cuando el concesionario inicia su jornada laboral a las 7H30 y finalizará a las 17H30.

4.5.1. Delimitación de Entrada de Vehículos al Taller

Es importante identificar que el ingreso de vehículos al concesionario no es de forma constante durante todo el día. Esto quiere decir que desde las 7:30 am hasta alrededor de las 2:00 pm, se reciben vehículos en forma constante. Una vez pasados las 2:00 pm, se reciben vehículos de forma esporádica pero siempre y cuando el cliente esté dispuesto a recibir su vehículo al siguiente día. Es por esta razón, que durante la tarde es muy escasa la concurrencia de vehículos ya que los clientes no desean quedarse dos días sin transporte. Por esta razón, se debe poner una decisión al inicio de la simulación en donde se identifique la hora de ingreso del vehículo y si esta hora de ingreso es mayor a las 2:00 pm, el vehículo no ingresa al concesionario.

4.5.2. Porcentajes de Clientes Agendados y no Agendados

En la actualidad, el porcentaje de vehículos agendados es muy bajo. La razón de esto, es por falta de cultura en la personas de realizar el agendamiento ya que es más fácil acudir al concesionario cuando se tiene tiempo y no a una hora predeterminada. Para identificar cuál es el porcentaje de clientes agendados, se acudió a los registros de la empresa en donde se obtuvo los siguientes datos a nivel general de PROAUTO C.A.:

Tabla 4-5: Porcentajes de clientes agendados desde enero hasta abril del 2011

	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Cliente sin cita	1203	1141	1266	1141
Cliente con cita	40	65	76	89
% Clientes con cita	3.3%	5.7%	6.0%	7.8%
Promedio	5.7%			

(Elaboración propia)

4.5.3. Descripción de los Distintos Tipos de Mantenimiento

Los clientes ingresan al concesionario para realizar distintos tipos de mantenimiento dependiendo del kilometraje de sus vehículos. Cada mantenimiento esta previamente establecido por General Motors en donde se especifican las actividades a realizarse. Por esta razón, se puede asumir que los trabajos de los distintos kilometrajes se lo realizan de manera similar en cada vehículo. A continuación se presenta las actividades a realizarse en cada tipo de mantenimiento.

Tabla 4-6: Tempario General del Plan de Mantenimiento PROAUTO C.A.

Tempario General del Plan de Mantenimiento Preventivo de PROAUTO C.A.																				
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Alinear ruedas		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1
Balancear y rotar ruedas		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1
Cambiar filtro combustible			1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Cambiar líquido frenos						1						1						1		
Cambiar aceite caja manual				1				1				1				1				1
Cambiar aceite diferencial delantero				1				1				1				1				1
Cambiar aceite diferencial posterior				1				1				1				1				1
Cambiar aceite transfer								1								1				
Cambiar aceite y filtro motor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cambiar banda de accesorios													1							
Cambiar banda distribución y templador													1							
Cambiar bujías de encendido			1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Cambiar filtro aire		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1
Cambiar líquido de dirección hidráulica																				
Revisar líquido embrague				1				1				1				1				1
Cambiar refrigerante													1							
Cambiar termostato													1							
Cambiar filtro ventilación						1						1							1	
Limpia cuerpo aceleración IAC/MAF (usar limpiador)						1						1							1	
Limpia inyector con ultrasonido													1							
Limpia y lubrica mecanismos puertas y ventanas	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Limpia, revisa y regula frenos	1		1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Limpia sistemas de inyección			1				1								1					1
Reajusta suspensión		1		1		1		1		1		1		1		1		1		1
Revisa A/A por carga y posibles fugas														1						

(Archivo General Motors Ecuador)

Cada uno de los distintos mantenimientos, están compuestos por distintas actividades. El tiempo que tomará el realizar dichos mantenimientos, se asumirá que es similar para todos los modelos de vehículos. Se asume de dicha manera, ya que los tiempos considerados para la simulación se obtuvieron aleatoriamente entre todos los modelos de vehículos. Adicionalmente, el analizar por modelo de vehículo, se encuentra fuera del alcance de la tesis.

4.5.4. División Porcentual de Tipos de Mantenimiento

Al momento que un cliente ingresa al concesionario para un mantenimiento, no se conoce para cuál de ellos ingresa. Es decir, que un cliente puede ingresar por un mantenimiento de 5000km, uno de 25000 km, uno de 85000 km o cualquiera de ellos. Por esta razón, es necesario predecir de alguna manera los mantenimientos a realizarse por los distintos clientes. Para poder simular esto, se utilizó los registros de ingreso de clientes desde el mes de enero hasta el mes de abril del 2011. En estos registros especifican todos los clientes que ingresaron al concesionario con su respectivo kilometraje. El problema es que no se registra exactamente la razón del ingreso ya que no se aclara a qué tipo de mantenimiento ingresó el cliente. De modo que, se le entrevistó al Jefe de Taller de

PROAUTO C.A., para preguntarle cómo se podría asumir el mantenimiento por el cual el cliente ingresó al taller basándonos en el kilometraje. Luego de años de experiencia, el Jefe de Taller consideró agrupar por rangos a los kilometrajes de tal manera que los vehículos que se encuentren dentro del rango, se asuma que ingresó al taller por el mantenimiento respectivo al rango. Por ejemplo, uno de los rangos que se consideró fue de 7,501 km hasta 12,500 km. Dado este rango, el Jefe de Taller asume que es más probable que los vehículos hayan ingresado por un mantenimiento de 10,000 km que uno de 5,000 km o uno de 15,000 km. A continuación se resumen todos los rangos considerados:

Tabla 4-7: División porcentual por tipo de mantenimiento

Rango del Kilometraje	Número de Clientes dentro del Rango	Posible Mantenimiento	Porcentaje
0 - 7,500 km	324	5000 km	12,85
7,501 - 12,500 km	359	10000 km	14,23
12,501 - 17,500 km	255	15000 km	10,11
17,501 - 22,500 km	256	20000 km	10,15
22,501 - 27,500 km	160	25000 km	6,34
27,501 - 32,500 km	148	30000 km	5,87
32,501 - 37,500 km	127	35000 km	5,04
37,501 - 42,500 km	130	40000 km	5,15
42,501 - 47,500 km	119	45000 km	4,72
47,501 - 52,500 km	114	50000 km	4,52
52,501 - 57,500 km	63	55000 km	2,50
57,501 - 62,500 km	60	60000 km	2,38
62,501 - 67,500 km	54	65000 km	2,14
67,501 - 72,500 km	43	70000 km	1,70
72,501 - 77,500 km	42	75000 km	1,67
77,501 - 82,500 km	32	80000 km	1,27
82,501 - 87,500 km	25	85000 km	0,99
87,501 - 92,500 km	23	90000 km	0,91
92,501 - 97,500 km	23	95000 km	0,91
97,501 - en adelante	165	100000 km	6,54
Total	2522		

(Elaboración propia)

Todos estos porcentajes fueron asumidos en la simulación con el objetivo de que cada cliente que ingrese al concesionario en la simulación, se encuentre dentro de algún mantenimiento basado en porcentajes históricos.

4.5.5. Porcentaje de Vehículos que ingresan a la Auditoría de Calidad

La auditoría de calidad no se la puede realizar a todos los vehículos que ingresan al concesionario ya que no existe suficiente cantidad de tiempo ni de recursos. Por esta razón, General Motors ha establecido como un estándar, el cual es realizar la auditoría al menos al 60% de los vehículos que ingresan al concesionario. Dado este valor, se verificó con el Líder de Calidad, el señor Miguel Montenegro, para saber si se está cumpliendo o no con este porcentaje. Con los registros que él tenía, se verificó que todos los meses a partir de enero hasta abril, se cumplió con el 60% de los vehículos. Por lo tanto, se tuvo que incluir una actividad dentro de la simulación en donde se represente la ejecución de la auditoría al 60% de los vehículos ingresados.

4.5.6. Verificación del Modelo de Simulación

Una vez consideradas todas las condiciones presentadas anteriormente, se elaboró el modelo de simulación en el software Arena. La verificación del modelo es simplemente obtener que el modelo se ejecute en el software sin ningún error. Luego de ciertos ajustes, se logró que el modelo no tenga ningún error ni problema. Para ver la simulación, referirse al CD del proyecto.

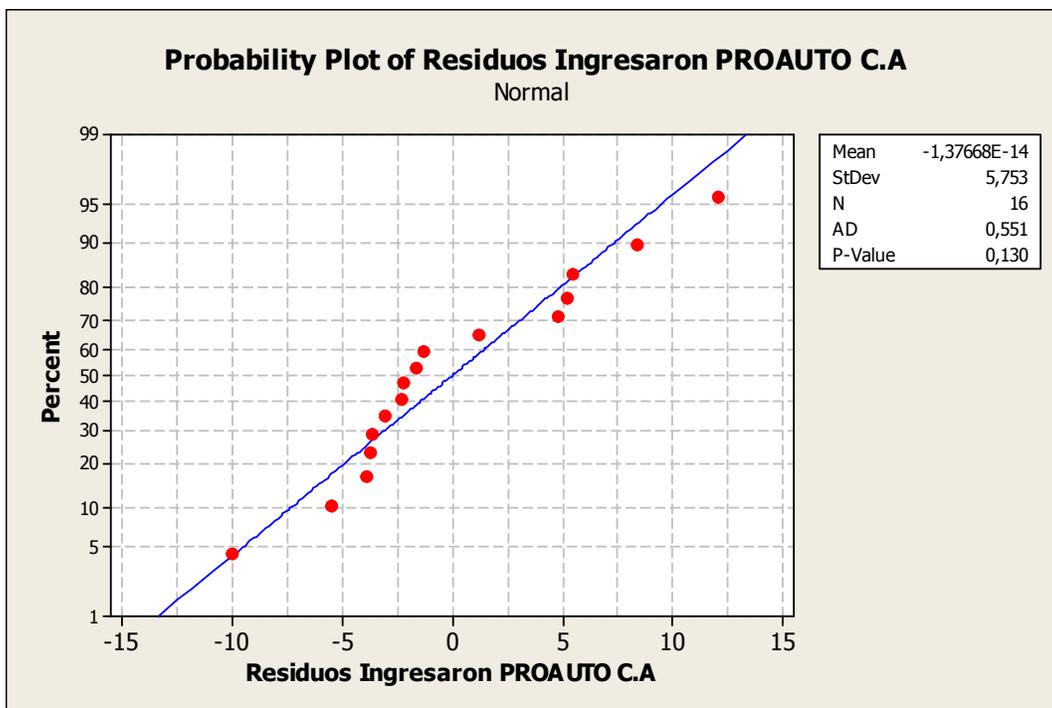
4.5.7. Validación del Modelo de Simulación

El modelo de simulación puede no tener ningún problema al momento de ejecutarlo en el software, pero lo más importante es validar si el modelo está o no representando la realidad. Para confirmar esto, se deben fijar algunos parámetros de interés que se observarán en la simulación para ver si se cumplen. En el caso del concesionario Matriz de PROAUTO C.A., la simulación intentará representar un día lunes de trabajo normal específicamente. Para lograr esto, se correrá la simulación desde la 7:30 am hasta las 17:30 pm, teniendo como resultado un día de trabajo normal. La manera en que se validó la simulación, es por medio del número de vehículos que ingresan al concesionario y también con el porcentaje de vehículos que son atendidos el mismo día.

La manera en que se validarán los resultados de la simulación con la realidad, es por medio de una prueba de hipótesis de las medias en el software Minitab. La comparación de medias nos ayuda a identificar si los resultados obtenidos se asemejan a la realidad para así poder aceptarlos. En el caso de ingresos de vehículos, se realizará una

prueba de hipótesis de las medias de los valores del registro del Gerente de Servicios con los datos de la simulación. De igual manera, en el caso de vehículos atendidos el mismo día, se realizará una prueba de hipótesis de las medias de los valores en el registro DMS con los valores de la simulación. El número de réplicas que se utilizarán momentáneamente para la comparación, serán 16 ya que se tiene un registro de 16 lunes.

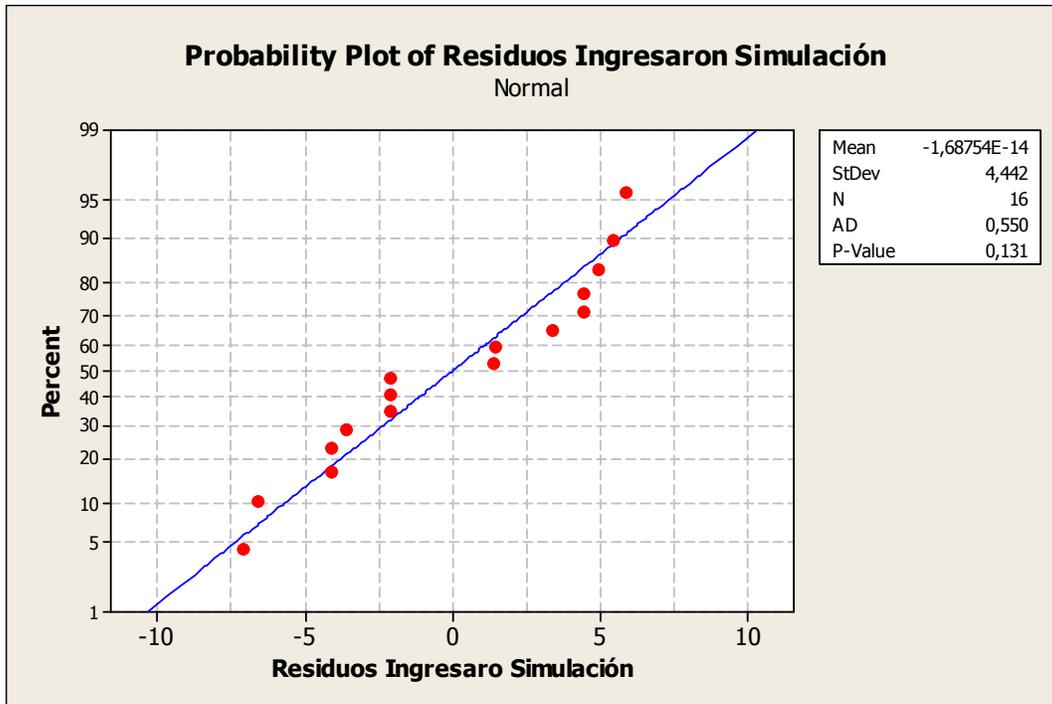
Para obtener estos resultados, se realizará “Two-sample t” de la opción de Minitab. Esta herramienta permite identificar la igualdad o desigualdad de dos set de datos independientes. Para el análisis, no se asumirá igualdad de varianzas para aumentar el grado de incertidumbre y porque no se la conoce. Adicionalmente, esta herramienta trabaja mejor con datos que siguen una distribución normal. Es importante recalcar que no es estrictamente necesario probar la normalidad, pero para tener mayor confianza en los resultados, se probará normalidad de los mismos. (Montgomery y Runger) Los resultados obtenidos fueron los siguientes:



(Resultado software MINITAB)

Figura 4-7: Prueba de normalidad para el número de vehículos ingresados en PROAUTO C.A.

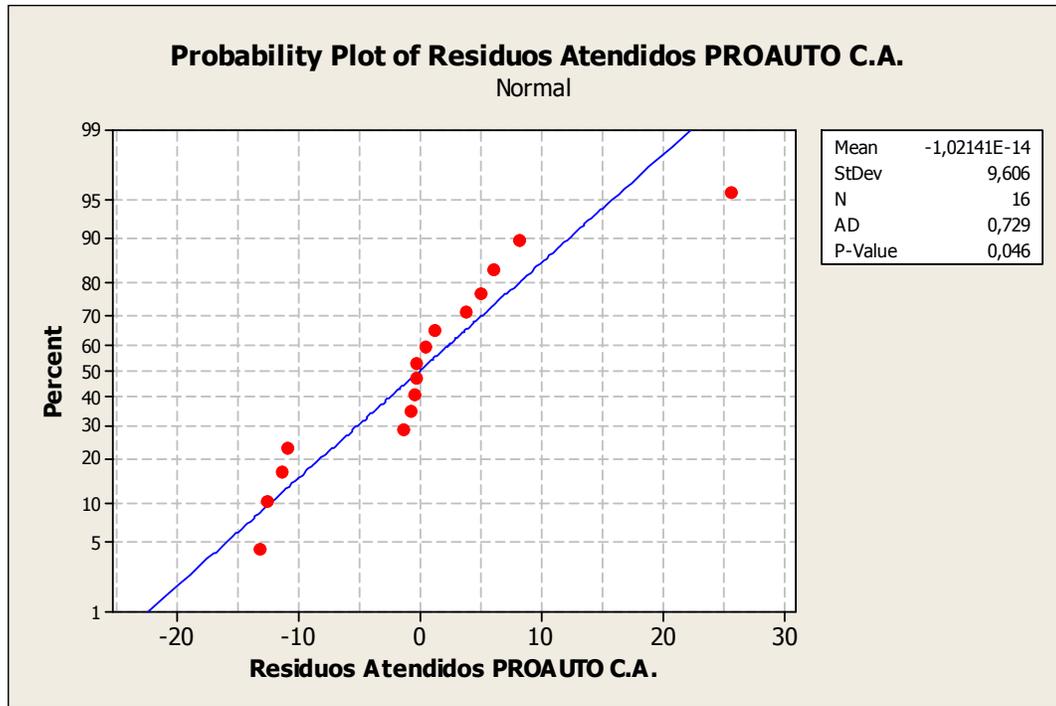
Al observar la figura 4-7, se obtiene un valor-p de 0.130. El nivel de confianza es del 95%. Este nivel de confianza es suficiente para la asunción de normalidad.



(Resultado software MINITAB)

Figura 4-8: Prueba de normalidad para el número de vehículos ingresados en la simulación.

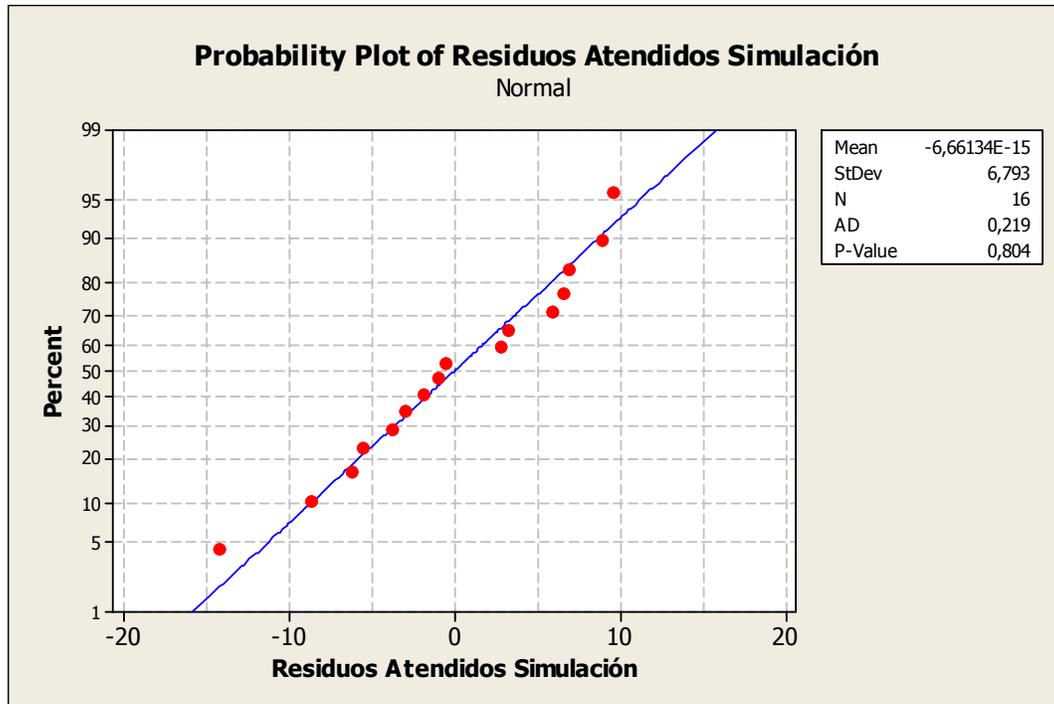
Al observar la figura 4-8, se obtiene un valor-p de 0.131. El nivel de confianza es del 95%. Este nivel de confianza es suficiente para esta prueba y se asume normalidad de los datos.



(Resultado software MINITAB)

Figura 4-9: Prueba de normalidad para el porcentaje de vehículos atendidos en PROAUTO C.A.

Al observar la figura 4-9, se obtiene un valor-p de 0.046. El nivel de confianza es del 95%. Este nivel de confianza es suficiente para esta prueba ya que como menciona Montgomery, desviaciones moderadas de normalidad no afectan al análisis.



(Resultado software MINITAB)

Figura 4-10: Prueba de normalidad para el porcentaje de vehículos atendidos en la simulación

Al observar la figura 4-10, se obtiene un valor-p de 0.804. El nivel de confianza es del 95%. Este nivel de confianza es suficiente para esta prueba y se concluye normalidad de los datos.

Tabla 4-8: Ingreso de vehículos por asesor los lunes desde enero hasta abril del 2011

FECHA	MES	DIA	MORENO HERRERA CARLOS AUGUSTO	NARANJO RUSSO JOSE LUIS	PASTAZ RUANO JUAN ANTONIO	PREVENTIVA
03-Jan-2011	ene	Lunes	14	15	17	46
10-Jan-2011	ene	Lunes	19	17	17	53
17-Jan-2011	ene	Lunes	16	16	12	44
24-Jan-2011	ene	Lunes	16	18	11	45
31-Jan-2011	ene	Lunes	29	24	0	53
07-Feb-2011	feb	Lunes	23	24	0	47
14-Feb-2011	feb	Lunes	25	29	0	54
21-Feb-2011	feb	Lunes	15	16	14	45
28-Feb-2011	feb	Lunes	15	17	13	45
07-Mar-2011	mar	Lunes	0	0	0	0
14-Mar-2011	mar	Lunes	20	19	22	61
21-Mar-2011	mar	Lunes	12	14	13	39
28-Mar-2011	mar	Lunes	16	15	16	47
04-Apr-2011	abri	Lunes	13	15	19	47
11-Apr-2011	abri	Lunes	17	14	13	44
18-Apr-2011	abri	Lunes	19	19	20	58
25-Apr-2011	abri	Lunes	16	24	11	51
Promedio						49

(Archivo PROAUTO C.A.)

La prueba de hipótesis es la siguiente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 4-9: Ingreso de vehículos por en el registro del Gerente de Servicios y el ingreso de vehículos por la simulación

Vehículos ingresados en el registro del Gerente de Servicios	Vehículos ingresados en la simulación
46	51
53	40
44	49
45	53
53	54
47	47
54	43
45	48
45	55
61	47
39	53
47	50
47	49
44	49
58	57
51	60

(Elaboración propia)

Los resultados obtenidos del Minitab son los siguientes:

Two-sample T for Ingreso de vehículos real vs Ingreso de vehículos simulado

	N	Mean	StDev	SE Mean
Ingreso real	16	48,69	5,79	1,4
Ingreso simulado	16	50,31	5,04	1,3

Difference = mu (Ingreso de vehículos real) - mu (Ingreso de vehículos simulado)

Estimate for difference: -1,62500

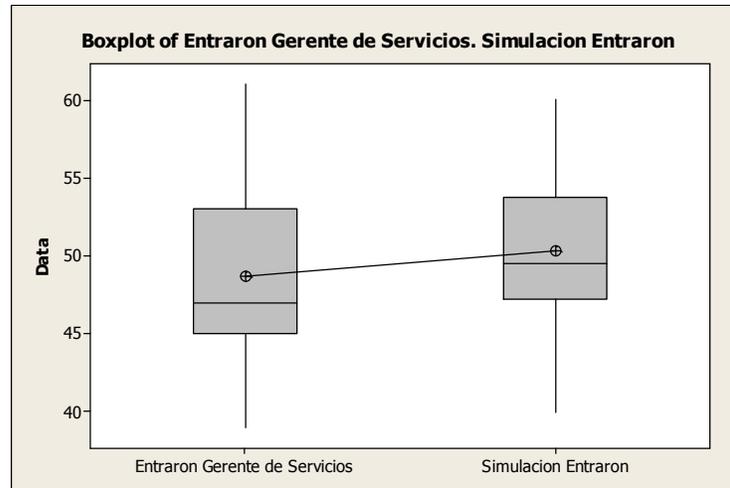
95% CI for difference: (-5,55215, 2,30215)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -0,85 **P-Value = 0,404** DF = 29

Para decidir si las medias de los datos son estadísticamente iguales, se asume un nivel de confianza del 95% con un nivel de significancia del 5%. El nivel de significancia se lo puede relacionar con el hecho de rechazar una hipótesis nula cuando ésta es en realidad es verdadera. Razón por la cual, a medida que se incrementa el nivel de significancia, la probabilidad de rechazar una hipótesis nula cuando es verdadera aumenta. A este tipo de rechazo de hipótesis se lo conoce como error tipo I, representado por α . Por otro lado, cuando se acepta una hipótesis nula cuando es falsa, es conocido como error tipo II y está representado por β . Al asignar un nivel de significancia mayor, se estaría otorgando una mayor probabilidad que ocurra el error tipo I. Por ejemplo, con un $\alpha = 0.1$, se estaría arriesgando a rechazar que las medias son iguales cuando en realidad lo son. Por otro lado, no se otorga un α menor, ya que siempre existirá un error inherente, y para el caso de estudio, no se necesita ser tan radical en el nivel de significancia ya que no afectará en mayor grado al análisis.

El error tipo II es bastante importante para este caso de estudio. Esto es ya que, el aceptar la hipótesis nula cuando es falsa, implicaría decir que la simulación está representando la realidad cuando no lo está. En el caso de estudio, para reducir el error tipo II, es recomendable aumentar el tamaño de la muestra. No es posible calcular β , ya que no se conoce la varianza y por ende, no se puede utilizar la Curva de Operación Característica. Es importante recalcar que tal vez una muestra de 16 es pequeña, sin embargo, todo el estudio está basado en los 4 primeros meses del año 2011 y para poder representar el comportamiento de dicho periodo, sólo se puede trabajar con los 16 lunes correspondientes.

Para el caso de vehículos que ingresan al concesionario, no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, las medias son iguales. La manera de concluir este resultado, es observando que en el rango del nivel de confianza incluya el cero. Otra manera de concluir, es observando que el valor-p sea mayor a 0.05 ya que se está trabajando con un nivel de confianza del 95%.



(Resultado software MINITAB)

Figura 4-11: Diagrama de caja y bigote para la comparación de medias de ingreso de vehículos

Por medio de la Figura 4-11, se observa de manera gráfica que las medias de los vehículos que ingresaron en el registro con la simulación están bastante cerca.

En el caso de los vehículos atendidos en un mismo día, se realizará una prueba de hipótesis de las medias de los porcentajes del registro del DMS con los porcentajes de la simulación. El número de réplicas que se utilizarán momentáneamente para la comparación, serán 16 ya que se tiene un registro de 16 lunes.

La prueba de hipótesis es la siguiente:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

$$\alpha = 0.05$$

Tabla 4-10: Porcentaje de vehículos atendidos en el registro DMS y el porcentaje de vehículos atendidos en la simulación

Porcentaje de vehículos atendidos en DMS	Porcentaje de vehículos atendidos en la Simulación
55,0	60,8
53,3	47,5
62,5	59,2
58,3	50,9
54,5	55,6
61,1	48,9
43,9	37,2
60,5	50,0
43,2	41,8
45,1	59,6
56,0	58,5
43,3	56,0
56,3	44,9
82,6	51,0
55,8	42,1
57,9	46,7

(Elaboración propia)

Los resultados obtenidos del Minitab son los siguientes:

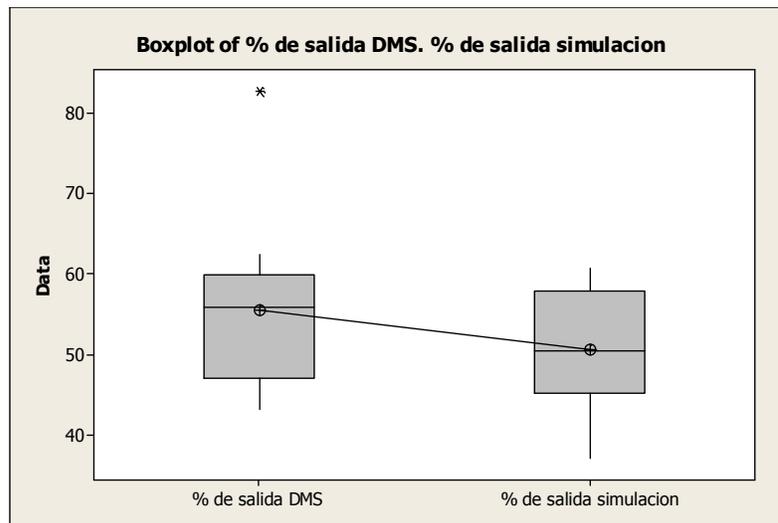
Two-sample T for Porcentaje de salida DMS vs Porcentaje de salida simulación

	N	Mean	StDev	SE Mean
Porcentaje de salida DMS	16	55,59	9,67	2,4
Porcentaje de salida simulación	16	50,67	7,13	1,8

Difference = mu (Porcentaje de salida DMS) - mu (Porcentaje de salida simulación)
 Estimate for difference: 4,92550
 95% CI for difference: (-1,23773, 11,08873)
 T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1,64 P-Value = 0,113 DF = 27

Para el caso del porcentaje de vehículos atendidos, no existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, las medias son iguales. La manera de concluir este resultado, es observando que en el rango del nivel de confianza incluya el

cero. Otra manera de concluir, es observando que el valor-p sea mayor a 0.05 ya que se está trabajando con un nivel de confianza del 95%.



(Resultado software MINITAB)

Figura 4-12: Diagrama de caja y bigote para la comparación de medias del porcentaje de vehículos atendidos

Por medio de la Figura 4-12, se observa de manera gráfica que las medias del porcentaje de vehículos atendidos en el registro DMS con la simulación están bastante cerca.

Luego de todo este análisis, se concluye que sí se puede trabajar con los datos obtenidos en la simulación ya que representan a la realidad bastante bien con un nivel de confianza del 95%. En conclusión, se tiene que el ingreso promedio por vehículo en los días lunes es de 50 vehículos y se les brinda el servicio el mismo día a un promedio de 51% de ellos. Esto nos permite concluir que tan solo se está atendiendo en el mismo día, la mitad de los vehículos que ingresan al concesionario los días lunes. Por lo tanto, se debe identificar las razones por la cuales no se está atendiendo a más vehículos por medio de la observación de cuellos de botella en la simulación. El objetivo de la empresa es recibir la mayor cantidad de vehículos pero también intentar atender el 100% de ellos el mismo día. Esto es ya que el cliente no desea quedarse 2 días sin transporte. La meta del estudio es identificar los cuellos de botella, optimizarlos y consecuentemente aumentar la satisfacción del cliente en un futuro.

4.6. Determinación del Número de Réplicas para el Modelo de Simulación

Cada una de las replicas que se correrán en la simulación, representarán un día lunes de trabajo normal de mantenimientos preventivos en el Taller Matriz de PROAUTO C.A. Para cerciorarse que el número de réplicas representará de la mejor manera la realidad, se debe obtener estadísticamente ésta cantidad de réplicas. Por lo tanto, según el libro "Discrete-Event System Simulation", se debe considerar la mitad del intervalo de confianza (Half-lenght) que se utilizará con un nivel de confianza del 95%. Este nivel de confianza otorga una seguridad de que el número de réplicas a utilizarse representarán la realidad en un 95%, el cual es un porcentaje adecuado para este tipo de análisis.

Para iniciar el análisis, se debe correr un número de réplicas iniciales de tal manera que se pueda obtener la desviación estándar de dichas réplicas. La literatura recomienda iniciar con 10 réplicas o más. Para el caso de estudio, la variable de decisión es la cantidad de vehículos atendidos por día en el concesionario. Por esta razón, en estas 10 replicaciones iniciales, se observará el número de vehículos que se atendieron y así poder obtener la desviación estándar de los mismos.

Por medio de la simulación, se obtuvo que se tiene una media de 25 vehículos atendidos en 10 réplicas con un Half-lenght de 3.50. Una vez obtenidos estos valores, se procede a utilizar la fórmula detallada en el Marco Teórico sección 2.2.5 la cual es la siguiente:

$$H = t_{\alpha/2, R-1} \frac{S}{\sqrt{R}}$$

$$3.50 = 2.262 * \frac{S}{\sqrt{10}}$$

$$S = 4,90$$

Una vez obtenida la desviación estándar de 10 réplicas, se debe obtener el número de réplicas necesarias para la simulación. El error se asumirá de 3 vehículos ya que es aceptable para este tipo de estudio. Para lograr esto, se utiliza la siguiente fórmula.

$$R \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2} * S_0}{\epsilon} \right)^2$$

$$R \geq \left(\frac{1.96 * 4.90}{3} \right)^2$$

$$R \geq 10$$

Una vez obtenido este valor, se debe realizar un proceso iterativo en donde se obtiene el número de réplicas óptimas. Para esto, se utilizará la siguiente desigualdad:

$$R \geq \left(\frac{t_{\alpha/2, R-1} * S_0}{\epsilon} \right)^2$$

Los resultados que se presentan en la siguiente Tabla 4-11, inician la comparación con 10 replicas y se incrementarán hasta que se cumpla la desigualdad:

Tabla 4-11: Número de replicas

Réplicas	Réplicas Simulación
10 ≥	13.65
11 ≥	13.24
12 ≥	12.92
13 ≥	12.66

(Elaboración propia)

Por medio de la tabla 4-11, se observa que el número de réplicas necesarias para la simulación es de 13 o más. Dado que en la sección 4.5.7 se realizó un análisis con 16 réplicas, estas serán suficientes para asegurarse que la simulación está representando la realidad.

4.7. Análisis de Resultados

Luego de correr la simulación se obtuvieron los siguientes resultados:

En la siguiente tabla se presentan el número de vehículos que ingresaron al sistema y cuántos de ellos fueron atendidos el mismo día:

Tabla 4-12: Resultados de la variable de decisión de la simulación

# de Réplicas	Vehículos que entraron en la Simulación	Vehículos que salieron en la Simulación
1	51	31
2	40	19
3	49	29
4	53	27
5	54	30
6	47	23
7	43	16
8	48	24
9	55	23
10	47	28
11	53	31
12	50	28
13	49	22
14	49	25
15	57	24
16	60	28
Promedio	50,31	25,50
Atención promedio en un día lunes	51%	

(Elaboración propia)

Por medio de la tabla 4-12, se observa que existe un problema evidente dentro del proceso ya que sólo la mitad de los vehículos que ingresan al concesionario los días lunes salen el mismo día

En la tabla 4-13 se presentan las actividades que generan valor, las que no generan valor, entre otras conclusiones:

Tabla 4-13: Resultado de la simulación con 16 réplicas

Tiempo	Promedio (horas)	Mínimo (horas)	Máximo (horas)
<i>AV</i>	1.51	1.18	1.92
<i>NVA</i>	0.09	0.05	0.12
<i>Tiempo de Espera</i>	0.93	0.39	1.66
<i>Tiempo en Lavadora</i>	0.87	0.54	1.17
<i>Tiempo Total</i>	3.42	2.26	4.83

(Elaboración propia)

En la Tabla 4-13 se concluyen los resultados obtenidos luego de correr 16 replicas de la simulación. Se observa que en promedio, el tiempo que toma realizar actividades que

agregan valor al proceso (VA Time) es de *1.51 horas*. Dentro de estas actividades, se tiene la recepción del vehículo, la realización de los trabajos de mantenimiento, el pago en caja y la entrega del vehículo. En las actividades que no agregan valor (NVA Time), en promedio se tiene *0.09 horas*. Dentro de estas actividades, se tiene retirar repuestos de la bodega y la auditoría de calidad. Para poder diferenciar el tiempo de la lavadora, se le otorgó la categoría de "Other Time" ya que se observa que ésta actividad es uno de los principales cuellos de botella. El tiempo de lavadora tiene un promedio de *0.87 horas*. El tiempo de espera (Wait Time) es de *0.93 horas* en las cuales no se le realiza ninguna actividad al vehículo. Finalmente, el tiempo promedio total en que un vehículo se encuentra en el Taller Matriz por un mantenimiento preventivo es de *3.42 horas*. Para mayor detalle, remitirse al anexo 24.

En la siguiente figura se presentará la utilización de los recursos en los mantenimientos preventivos:

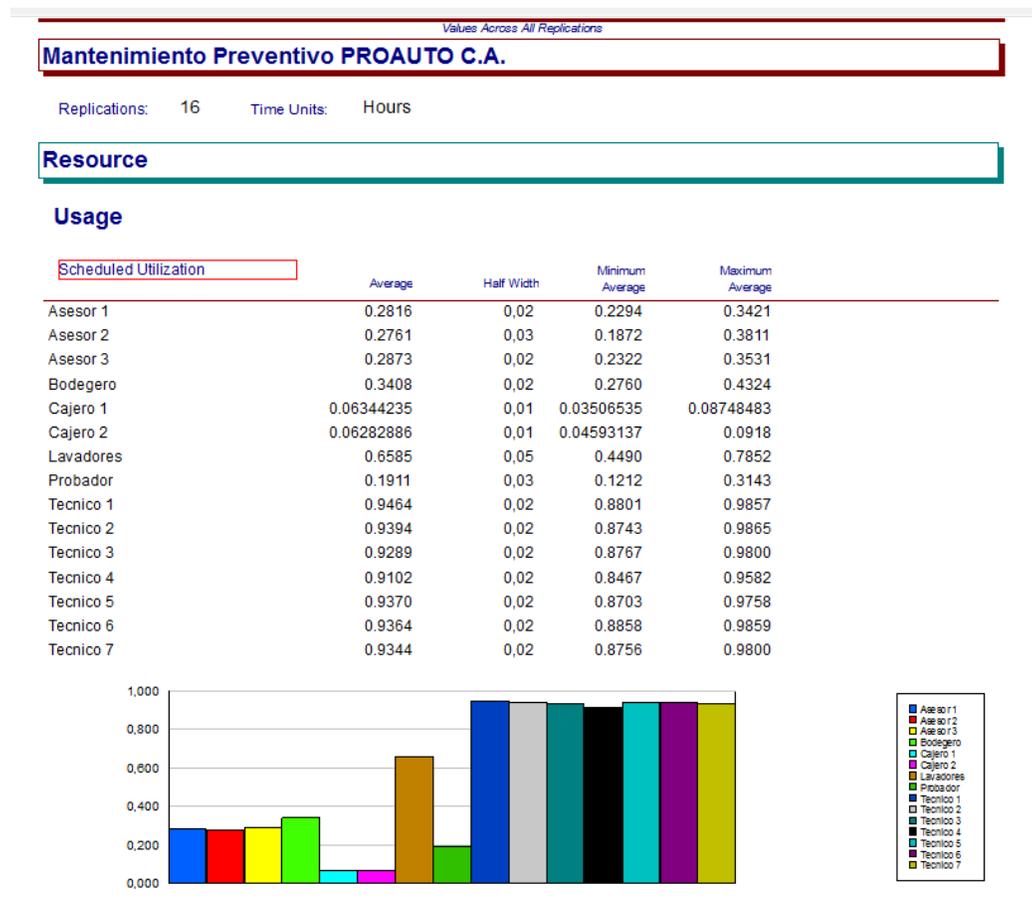


Figura 4-13: Utilización de los recursos

En la figura 4-13, se observa principalmente que existe una muy alta utilización de los técnicos en los días lunes. En cuanto a los lavadores, existe una utilización media la cual indica que existe la posibilidad de trabajar más tiempo del que lo están haciendo. Finalmente, se observa que tanto asesores, bodeguero y cajeros, tienen una utilización bastante baja en este proceso.

4.8. Oportunidades de Mejora

Luego de obtener los resultados de la simulación, el objetivo es analizar en qué parte del proceso se encuentra el cuello de botella el cual debe ser optimizado para que el flujo total de los vehículos mejore y se puedan atender a más vehículos en un mismo día. En este caso, se encontraron 2 principales actividades que eran las que mayor tiempo tomaban dentro del proceso. La primera de ellas se encuentra en el trabajo de los técnicos ya que el tiempo de las actividades de mantenimiento causan una demora significativa dentro del proceso. Es importante recalcar que el alcance de la tesis no se enfoca en los técnicos ya que en la tesis de Daniela Ramírez y Daniela Carrera deberán optimizar dichas actividades para mejorar el flujo del proceso. Es por esta razón, que no se analizará a profundidad el trabajo de los técnicos pero es importante recalcar que allí existe una oportunidad de mejora ya que es el cuello de botella del proceso. Por lo tanto, la siguiente actividad que mayor tiempo toma en el proceso se encuentra en la lavadora. La gerencia de PROAUTO C.A. tiene como estándar que un vehículo debe demorarse en la lavadora aproximadamente 20 minutos. Con los resultados de la simulación, se observa que en promedio, un vehículo se lo lava por 0.87 horas el cual es cerca de 53 minutos sin considerar los vehículos con tiempos atípicos, los cuales permanecían sin atención durante un periodo de tiempo altamente prolongado. Se tomó esta decisión para no incluir los vehículos que por descuido permanecían en el área de lavado sin atención, con el fin de no alterar el análisis. Es decir, al incluir estos tiempos causaría que la media aumentara a un valor que no representaría el comportamiento normal del proceso. Adicionalmente, existe una gran diferencia entre el tiempo estipulado por la gerencia y lo que en realidad ocurre en el concesionario. Es por esta razón, que se analizará de manera más detallada la lavadora con el objetivo de optimizarla y así mejorar el flujo de vehículos dentro del concesionario obteniendo una mayor cantidad de vehículos atendidos los días lunes.

5. Capítulo V: Proyecto Seis Sigma para el Área de Lavado en el Taller Matriz de PROAUTO C.A.

Un proyecto Seis Sigma es una metodología que se la utiliza cuando se quiere encontrar las principales razones o causas de cualquier problema para poder solucionarlo. En el caso de la lavadora, lo que se quiere descubrir es la o las causas por la cuales este proceso se encuentra totalmente fuera de especificaciones. Como se presentó en el Marco Teórico, esta metodología se divide en 5 etapas que se las debe cumplir en orden cronológico. Es importante resaltar que por motivos del alcance de la tesis, no se podrán cumplir con todas las etapas ya que no se implementará el proyecto. Por lo tanto, las etapas a realizarse son: Definir, Medir, Analizar e Implementar o mejorar.

5.1. Fase Definir

Dentro de la etapa definir, lo que se busca es presentar cuál es el problema que existe en la lavadora y quiénes son los responsables del proyecto. Toda esta información se la consolidó y es la siguiente:

ETAPA DEFINIR

Integrantes del Proyecto

David Mera	Consultor	Green Belt
Luis Eduardo Martínez	Consultor	Green Belt
Cristian Sosa	Gerente de Servicios	Dueño del Proceso

Descripción y Acotamiento del Problema

Tiempo de lavado y secado para el proceso de mantenimiento preventivo por encima del estándar establecido por el concesionario matriz PROAUTO C.A. provocando una demora en la entrega del vehículo al cliente.

¿Cuál es el problema?	Tiempo de lavado y secado por encima del establecido
¿Dónde esta el problema?	En el área de lavado y secado del coconesionario Matriz PROAUTO C.A.
¿Cuándo sucede el problema?	Principalmente desde las 14 horas hasta las 17:30 horas
¿Cómo ocurre el problema?	Falta de estandarización del proceso de lavado y secado
¿A quién le ocurre el problema?	A los asesores, los cuales son clientes internos, y a los clientes externos
¿A qué le ocurre el problema?	A los vehículos que ingresan al concesionario

Indicador Actual: *Tiempo promedio de lavado y secado 71 min*

Hipotesis Inicial: *Existe la posibilidad de reducir el tiempo promedio de lavado y secado por medio de una estandarización de los procesos.*

Objetivo Primordia: *Reducir el tiempo de lavado a 10 min
Reducir el tiempo de secado a 10 min*

(Elaboración propia)

Figura 5-1: Observación inicial de los problemas encontrados en el área de lavado.

En la figura 5-1 se presenta cuáles serán los integrantes que realizarán el proyecto Seis Sigma. Adicionalmente, se acota de manera concisa, que el problema principal de la lavadora se encuentra en el tiempo excesivo que éste toma. Finalmente, se presenta que el

tiempo promedio que actualmente lleva lavar un vehículo es de 71 minutos cuando las especificaciones indican que éste debería ser 20 minutos. Este promedio se lo obtuvo al considerar todos los tiempos muertos incluyendo a los vehículos con tiempos atípicos. Esto se lo realizó para tener una perspectiva más completa del comportamiento del área de lavado.

El área de lavado se divide principalmente en dos procesos, el proceso de lavado y el proceso de secado. Es importante analizar cada proceso por separado para tener una mejor idea del tiempo que toma cada uno de ellos individualmente. Los tiempos iniciales que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla 5-1: Tiempos reales de los procesos de lavado y secado comparados con la meta de los mismos.

	Actual	Meta
Lavado	33 min aprox.	10 min
Secado	38 min aprox.	10 min

(Elaboración propia)

5.2. Fase Medir

Al existir una falta total de estandarización dentro del proceso, causó que la toma de tiempos sea muy complicada. La razón de ello, es que los empleados lavaban y secaban los vehículos de forma aleatoria lo que provocaba un completo desorden. Dentro de este desorden, el problema radicaba en que mientras se realizaba la toma de tiempo de un cierto empleado en un vehículo, en cualquier momento éste empleado se cansaba o simplemente decidía cambiar de vehículo dejando al vehículo inicial con el proceso incompleto. Este comportamiento se visualizaba constantemente dentro del lavado como en el secado. Por esta razón, se decidió dividir la toma de tiempos en tres instancias distintas. La primera consta del tiempo en el cual el vehículo en realidad se estuvo lavando. La segunda consta del tiempo en que el vehículo en realidad se estuvo secando. Finalmente, el tercer tiempo se lo nombró como "Tiempo Muerto". Este tiempo se consideró cuando a cierto vehículo se le estaba realizando cualquier actividad, tanto de lavado como de secado, y por algún motivo se lo dejó con el proceso incompleto. De esta manera, el Tiempo Muerto iniciaba cuando el empleado dejó el proceso incompleto hasta cuando el mismo empleado o cualquier otro, regresaba para continuar con el proceso. Para tener el tiempo completo en el cuál un vehículo se encontró dentro del área de lavado, se sumó el Tiempo Muerto al tiempo de lavado y al proceso de secado de manera equitativa ya que esto se daba en los

dos procesos. En la siguiente tabla se resumen todos los tiempos que se tomaron dentro del área de lavado:

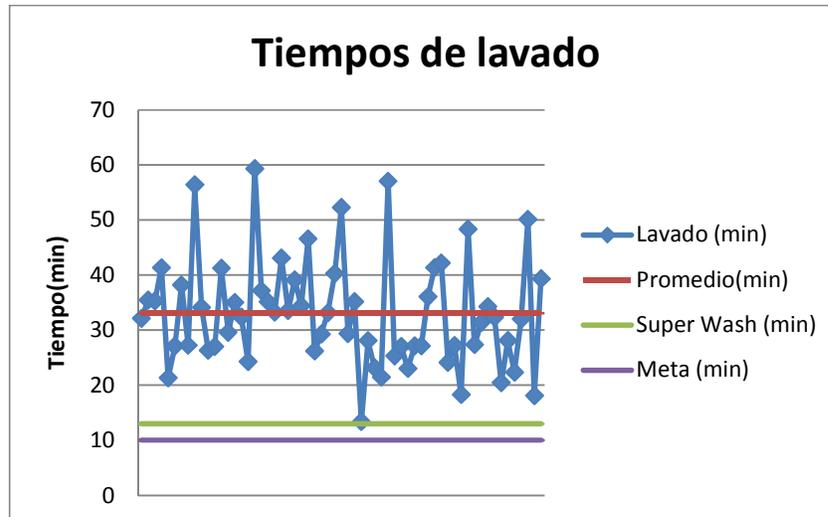
Tabla 5-2: Tiempos de lavado, secado y tiempo muerto

Proceso	Tiempo Promedio (min)	Tiempo Mínimo (min)	Tiempo Máximo (min)
<i>Lavado</i>	33.08	13.38	59.33
<i>Secado</i>	38.00	14.22	63.34

(Elaboración propia)

Por medio de la tabla 5-2, se aprecia que tanto el proceso de lavado como el de secado son muy variables. Dentro de los datos tomados, se observa que el proceso de lavado fluctúa entre 13.38 minutos hasta 59.33 minutos. De la misma forma, el proceso de secado tiene una variación desde 14.22 hasta 63.34 minutos. Con toda esta información, se confirma que no existe una estandarización del proceso ya que al estandarizar, lo que se consigue es que un proceso se lo realice de la misma manera y el tiempo sea muy similar. En el Seis Sigma, se define calidad como la inversa a la variabilidad. Esto quiere decir que para que un proceso se lo considere de calidad, este debe ser muy poco variable. Está claro que los procesos de lavado y secado no son de calidad y que se debe encontrar la manera de que estos lo sean. Para mayor detalle, remitirse al Anexo 25.

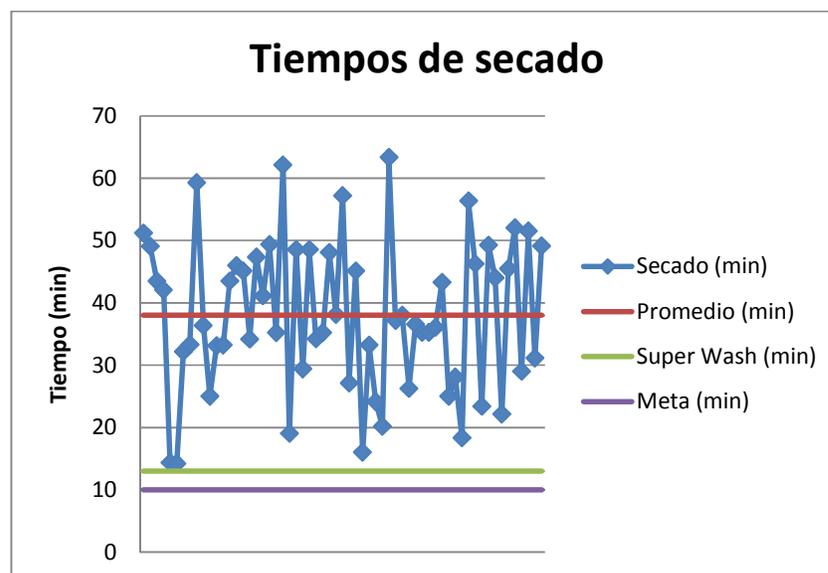
Para tener una relación de cuánto tiempo un vehículo debería tomar en un proceso de lavado y secado, se realizó una investigación de algún lugar en donde se realicen estos procesos similares a los de PROAUTO C.A. Se encontró que “Super Wash”, una lavadora de Cali-Colombia, le toma de 25 a 30 minutos el lavado Express el cual es el que realiza PROAUTO C.A. Está claro que la razón de ser de esta empresa es el lavado de los vehículos por lo cual sus procesos deberían estar bastante estandarizados y definidos. Este es un análisis inicial, por lo que estos tiempos se los tomará solo como referencia para tener una idea de cuánto tiempo podría llevar el lavado de un vehículo. Es importante que para análisis posteriores, se valide esta información. En las siguientes tablas y gráficos, se podrá observar y comparar entre los tiempos de PROAUTO C.A. con Super Wash y con las especificaciones de la empresa.



(Elaboración propia)

Figura 5-2: Gráfico de tiempos de lavado PROAUTO C.A., Super Wash y la meta de la gerencia.

Observando la figura 5-2, se aprecia que el proceso además de ser muy variable, está muy lejos de las especificaciones. Esto nos da una idea inicial de que tan lejos se encuentra el proceso de lavado con empresas similares y con la meta de la gerencia. Está claro que hay mucho por hacer para que éste proceso se lo realice de la manera correcta. Los datos se presentan en el Anexo 26.



(Elaboración propia)

Figura 5-3: Gráfico de tiempos de secado PROAUTO C.A., Super Wash y la meta de la gerencia.

Observando la figura 5-3, se aprecia un comportamiento muy parecido a lo ocurrido en el lavado. El proceso además de ser muy variable, está muy lejos de las

especificaciones. Esto nos indica que el proceso de secado se encuentra muy alejado con empresas similares y con la meta de la gerencia. Está claro que hay mucho por hacer para que éste proceso se lo realice de la manera correcta. Los datos se presentan en el Anexo 27.

5.2.1. Pruebas de Hipótesis de Igualdad de Medias con Varianza Desconocida

Con el objetivo de realizar un análisis con mayor sustento estadístico, se realizará una prueba de hipótesis de igualdad de medias como la realizada en la sección de simulación. Por medio de esta prueba, se desea probar que las medias de los tiempos de lavado y secado no son iguales a 10 minutos. El nivel de confianza será el mismo utilizado en la simulación para tener coherencia en los análisis. Para realizar esta prueba estadística, se debe utilizar “1-Sample t” del software Minitab. Por medio de esta herramienta, se puede aceptar o rechazar que la media de un set de datos es estadísticamente igual a un cierto valor. La principal razón para escoger ésta prueba en lugar de “1-Sample Z”, es que se desconoce la varianza de los datos.

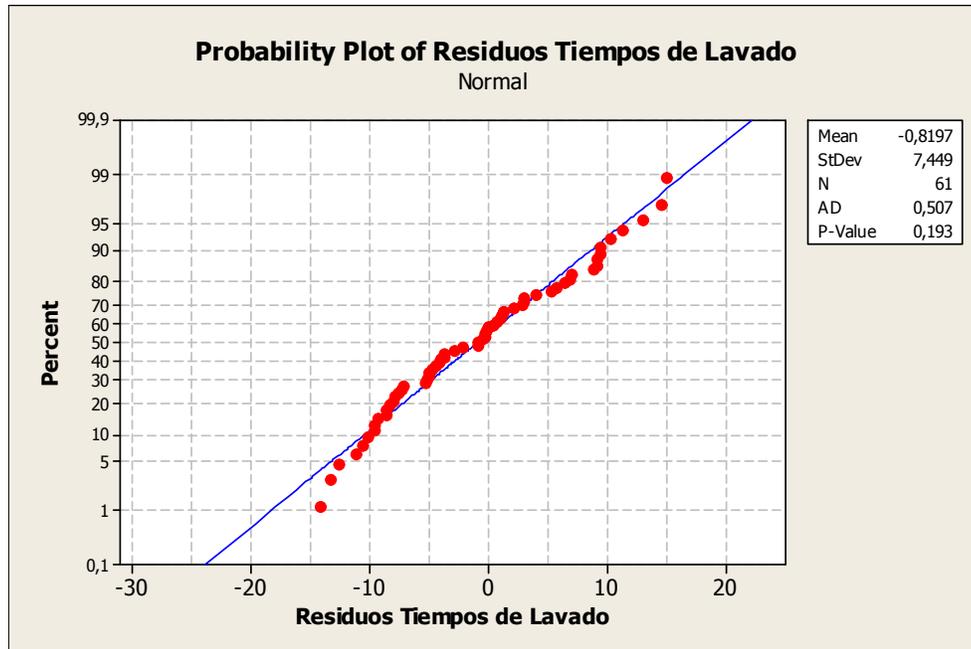
La prueba de hipótesis para los tiempos de lavado es la siguiente:

$$H_0: \mu = 10 \text{ minutos}$$

$$H_1: \mu \neq 10 \text{ minutos}$$

$$\alpha = 0.05$$

Los resultados obtenidos en el Minitab son los siguientes:



(Resultado software MINITAB)

Figura 5-4: Prueba de normalidad para los tiempos de lavado

En la figura 5-4, se puede confirmar que los residuos de los tiempos de lavado siguen una distribución normal. Esto se observa en el valor-p de 0.193, el cual es aceptable para un nivel de confianza del 95%.

One-Sample T: Tiempos de Lavado

Test of $\mu = 10$ vs not = 10

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T
Tiempos de Lavad	61	33,0825	9,7832	1,2526	(30,5769, 35,5881)	18,43

Variable	P
Tiempos de Lavad	0,000

Para los tiempos de lavado, existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la media es distinta de 10 minutos. La manera de concluir este resultado, es observando que en el rango del nivel de confianza no incluye el cero. Otra manera de concluir, es observando que el valor-p no es mayor a 0.05 ya que se está trabajando con un nivel de confianza del 95%.

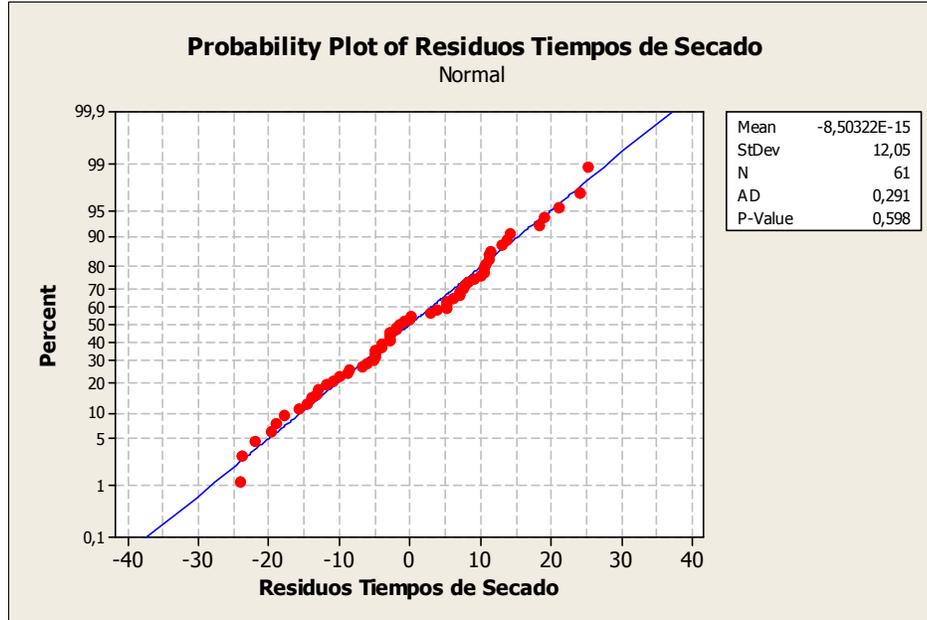
La prueba de hipótesis para los tiempos de secado es la siguiente:

$H_0: \mu = 10$ minutos

$H_1: \mu \neq 10$ minutos

$\alpha = 0.05$

Los resultados obtenidos en el Minitab son los siguientes:



(Resultado software MINITAB)

Figura 5-5: Prueba de normalidad para los tiempos de secado

En la figura 5-5, se puede concluir que los residuos de los tiempos de lavado siguen una distribución normal. Se puede evidenciar un valor-p de 0.598, el cual es aceptable para un nivel de confianza del 95%.

One-Sample T: Tiempos de Secado

Test of $\mu = 10$ vs not = 10

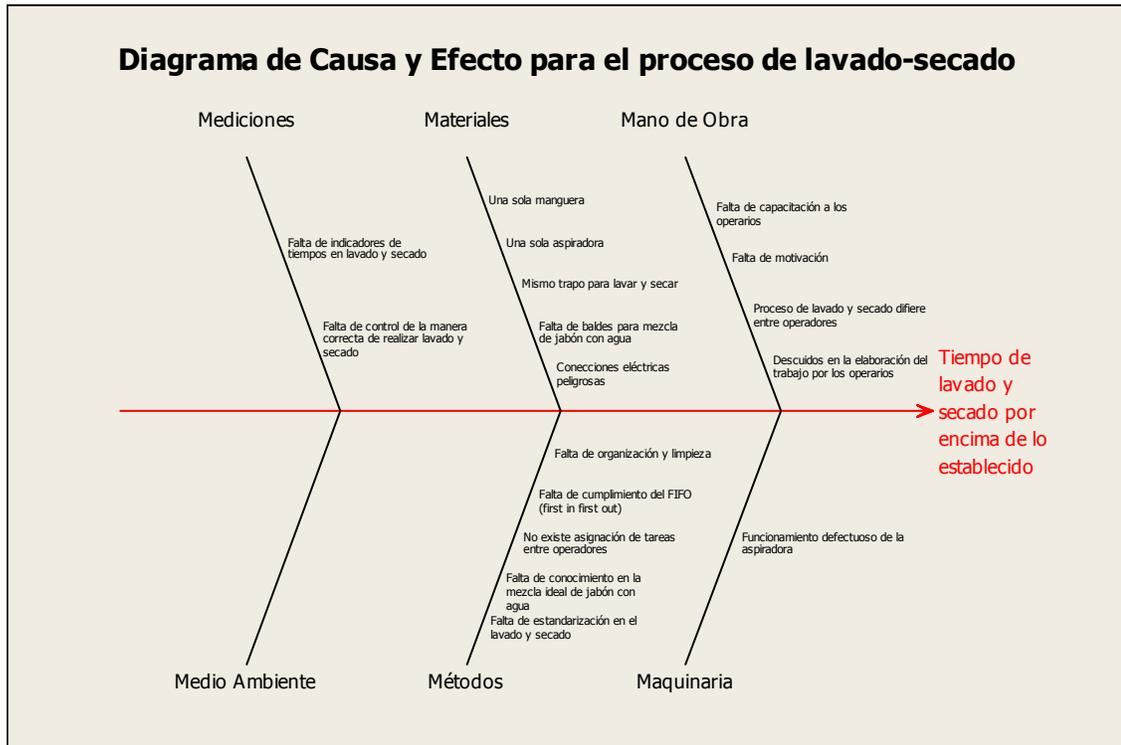
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T
Tiempos de Secad	61	37,9956	12,0460	1,5423	(34,9104, 41,0807)	18,15

Variable	P
Tiempos de Secad	0,000

Para los tiempos de secado, existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto, la media es distinta de 10 minutos. La manera de concluir este resultado, es observando que en el rango del nivel de confianza no incluye el cero. Otra manera de concluir, es observando que el valor-p no es mayor a 0.05 ya que se está trabajando con un nivel de confianza del 95%.

5.3. Fase Analizar

Sabemos que los procesos tanto de lavado como de secado, se encuentran totalmente fuera de especificaciones y que necesitan ser mejorados. Lo importante aquí es identificar cuáles son las principales causas por el cual el tiempo de lavado y secado son mucho mayor a la meta. Para lograr esto, se debe realizar una "lluvia de ideas" junto con la participación de los empleados, en las cuales se observen distintos puntos de vista y opiniones de cada uno. A todas estas ideas, se las documenta para posteriormente analizar cuáles de ellas son las más importantes. Se debe documentar todas las opiniones así estas parezcan absurdas en un inicio pero pueden aportar mucho al análisis en un futuro. Todo este procedimiento nos permite encontrar lo que se conoce como la o las causas raíz. Por lo tanto, para poder ejecutar este análisis en PROAUTO C.A., se tuvo pequeñas entrevistas con los empleados del área de lavado para ver si nos orientaban con algunas causas importantes desde su punto de vista ya que son ellos los que conocen el proceso de mejor manera. Junto con las opiniones de los empleados y nuestra observación de los procesos, se realizó un análisis de Causa y Efecto o Ishikawa que se presentará a continuación:



(Resultado software MINITAB)

Figura 5-6: Diagrama de Causa y Efecto para el proceso de lavado-secado

En la figura 5-6, se graficó el Diagrama de Causa y Efecto para el proceso de lavado-secado. La razón por la cual se unificaron los dos procesos, es que las causas que existían eran comunes para los procesos. Se definió que el problema principal del área de lavado es que el tiempo de lavado y secado se encuentra por encima de lo establecido. Una vez determinado el principal problema, se prosiguió a unificar las causas dentro una misma categoría para que se facilite el análisis. Las categorías fueron Mediciones, Materiales, Mano de Obra, Medio Ambiente, Métodos y Maquinaria. Para cada categoría se obtuvieron algunas causas que podrían afectar al tiempo de lavado y secado. Sin embargo, es importante identificar cuáles de ellas son las más importantes y definir las como las causas raíz del problema para trabajar sobre ellas. Para este proceso, es importante identificar y descartar las causas que no afectan o no afectan considerablemente al problema, como por ejemplo el gasto excesivo de agua. Al atacar las causas raíz, lo que se hace es abordar las principales razones por las que se da el problema consiguiendo así, mejor efectividad en la solución del mismo.

Luego de un análisis junto con la Gerencia de PROAUTO C.A., se identificó que las causas que más afectan al tiempo de lavado y secado son las siguientes:

- Falta de estandarización en el proceso de lavado y secado
- Falta de cumplimiento de PEPS (primero en entrar, primero en salir)
- Falta de organización y limpieza

5.3.1. Falta de Estandarización en el Proceso de Lavado y Secado

La falta de estandarización en los procesos de lavado y secado se refiere a que cada empleado realiza estas actividades a su manera. Luego de observar el área de lavado durante varias semanas, se concluyó que cada empleado realiza el proceso en base a su experiencia y estado de ánimo. Esto se refiere a que ciertos días los empleados realizaban el lavado y secado de una manera muy ágil y en corto tiempo, mientras otros días la realidad era totalmente lo contrario. Estas fluctuaciones en el proceso se dan principalmente porque no existe ningún documento o registro en donde se les explique a los empleados cómo realizar su trabajo. La idea de estandarizar los procesos, es que todos los empleados realicen estos procesos de la misma manera y puedan también acudir a un registro en donde se le explique cómo realizar las actividades en caso de que se olviden o sean nuevos. Se asume que una vez que se estandaricen los procesos, ayudará significativamente a reducir el tiempo que los vehículos esperan en esta zona.

5.3.2. Falta de Cumplimiento de PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir)

Al momento que los vehículos ingresan al área de lavado, los que ingresan primero se colocan contra una pared. A medida que los vehículos ingresan, se los acumula detrás de los primero vehículos causando así que los que ingresaron en primer lugar se les complique salir ya que se debe mover todos los vehículos ubicados atrás. Por esta razón, los vehículos que ingresaron primero salen últimos porque los que se colocan detrás se lo lava primero. Para facilitar la comprensión de esta situación, se muestra en las siguientes Fotografiografías:



Fotografía 5-1: Evidencia de falta de cumplimiento del FIFO en la lavadora

En la Fotografía 5-1, se puede apreciar que los vehículos que ingresaron primero se encuentran ubicados contra la pared que se aprecia al fondo de la imagen. Los vehículos que ingresaron después, se colocaron detrás de los iniciales. Aquí se observa claramente que los vehículos que ingresaron primero, tienen que esperar que los ubicados en la parte de atrás de ellos salgan para ellos poder movilizarse. Esto causa que se laven primero los vehículos que llegaron después a la lavadora obteniendo así una falta de cumplimiento del PEPS.



Fotografía 5-2: Evidencia de falta de cumplimiento del FIFO en la secadora

En la Fotografía 5-2, se puede apreciar que los vehículos que ingresaron primero se encuentran ubicados contra la pared que se aprecia al fondo de la imagen. Los vehículos que ingresaron después, se colocaron detrás de los iniciales. Aquí se observa claramente que los vehículos que ingresaron primero, tienen que esperar que los ubicados en la parte de atrás de ellos salgan para ellos poder movilizarse. Esto causa que se sequen primero los vehículos que llegaron después a la secadora obteniendo así una falta de cumplimiento del PEPS.

5.3.3. Falta de Organización y Limpieza

Al tener una falta de organización y limpieza, influye claramente en el tiempo que les toma a los empleados realizar los procesos. Esto es debido a que al tener un puesto de trabajo desorganizado, se pierde tiempo al momento de buscar las herramientas de trabajo. Adicionalmente, al no tener limpieza en el trabajo, esto causa que se tenga basura y elementos que no pertenecen al proceso afectando así a la movilidad de los empleados dentro de su puesto de trabajo.



Fotografía 5-3: Evidencia de falta de limpieza

En la Fotografía 5-3, se aprecia claramente la falta de limpieza que se tiene en el área de lavado ya que existe basura arrojada en el piso.



Fotografía 5-4: Evidencia de falta de organización

En la Fotografía 5-4, se aprecia claramente la falta de organización que se tiene en el área de secado ya que se colocan herramientas de trabajo en cualquier lugar sin ningún tipo de clasificación.

5.4. Fase Mejorar

Para la etapa de mejorar, se plantea algunas sugerencias y análisis para conseguir que el tiempo de lavado y secado disminuyan. Todo esto está detallado en los capítulos 6 y 7 a continuación.

6. Capítulo VI: Propuesta de Implementación de la Metodología 5`s en el Área de Lavado del Taller Matriz de PROAUTO C.A.

La Metodología de la 5`s es una herramienta complementaria que ayudará a que las propuestas que se mencionarán posteriormente tengan un mayor impacto. Esto se debe a que el principal objetivo de esta metodología se refiere a tener un puesto de trabajo limpio y correctamente ordenado. Como ya se señaló dentro del Marco Teórico, esta metodología está dividida en cinco etapas que se deben cumplir de manera secuencial. Como punto de partida, se describirá la situación inicial en la que se encontró el Área de Lavado. A continuación, se detallará lo que se realizó para cada una de las 5`s en el área mencionada.

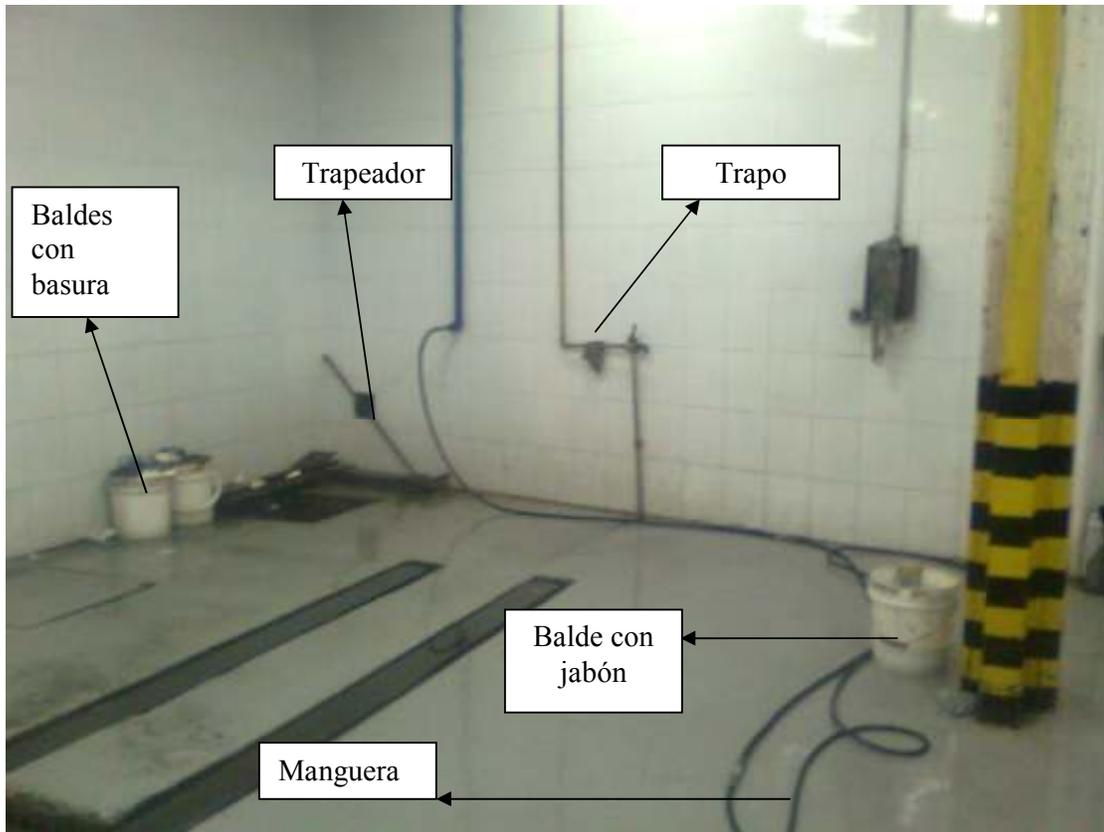
6.1.Situación Inicial

El Área de Lavado esta dividía originalmente en dos zonas, la primera de ellas es la Zona de Lavado y la otra, la de Secado. Para una mejor comprensión de la situación actual, se explicarán por separado los problemas de limpieza y orden que se encontró en cada una de las dos zonas antes referidas.

6.1.1. Zona de Lavado

En la Zona de Lavado se realizan tres actividades: se inicia rociando el vehículo con agua; a continuación se lo enjabona y por último se le rociar agua nuevamente. A pesar de que para estas actividades no se requiere del uso de una gran cantidad de artículos, los pocos que se usan no tienen un lugar determinado.

A continuación, se mostrarán algunas Fotografías del estado original de la zona.



Fotografía 6-1: Zona de Lavado

En la Fotografía 6-1 se evidencia una total falta de orden y limpieza. Es así que, el trapeador está cerca del lugar donde se arroja la basura. Eso muestra que no hay un lugar definido para este artículo de limpieza. Además, la manguera no tiene un sitio específico y está en medio de la Zona de Lavado. Asimismo, existe un trapo secándose cerca de un grifo y el balde donde se mezcla el jabón no tiene una ubicación determinada.



Fotografía 6-2: Baldes de basura y pozo para sedimentos

En la Fotografía 6-2 se puede evidenciar que los baldes de basura no solo sirven para el depósito de la misma, sino que también son utilizados para sacar el sedimento que se acumula en uno de los pozos que está localizado en esa zona. Además, se puede observar botados en el piso embases de bebida y comida, lo que indica que en este lugar, los empleados se están sirviendo indebidamente los alimentos; se mira también que mucha de la basura no está dentro del balde si no a su alrededor. Asimismo, los baldes en donde se arroja la basura no cumplen con los mínimos requisitos para ser basureros, por lo que no sirven para un correcto depósito de desperdicios. En general, se aprecia que no hay una cultura para botar la basura en su lugar.



Fotografía 6-3: Mezcla entre artículos de lavado y basura

En la Fotografía 6-3 se puede observar que en un mismo lugar están mezclados artículos para el lavado (guantes), así como botellas vacías y basura en general. De igual forma, se encuentran: fundas mojadas, un palo y cepillos de escoba. Esto demuestra que la limpieza y el orden no son considerados dentro de esta zona de trabajo. También, lo que se puede mencionar sobre esta fotografía, es que los empleados guardan todo lo que han utilizado, sin importa si están mezclando objetos en mal estado con otros que pueden estar en mejores condiciones.



Fotografía 6-4: Falta de ubicación para secar trapeadores

Continuando con las Fotografía de la Zona de Lavado, en la Fotografía 6-4 se aprecia que los trapeadores luego de ser usados son colocados en cualquier lugar para que se sequen. Esto puede traer inconvenientes debido a que al no tener una ubicación exacta pueden obstaculizar la movilización de los empleados en esta zona al momento de realizar sus actividades. Igualmente, va a resultar difícil que se sequen ya que constantemente en esa zona se está utilizando agua y de alguna forma pueden mojarse.



Fotografía 6-5: Balde de jabón y manguera en medio de la Zona de Lavado

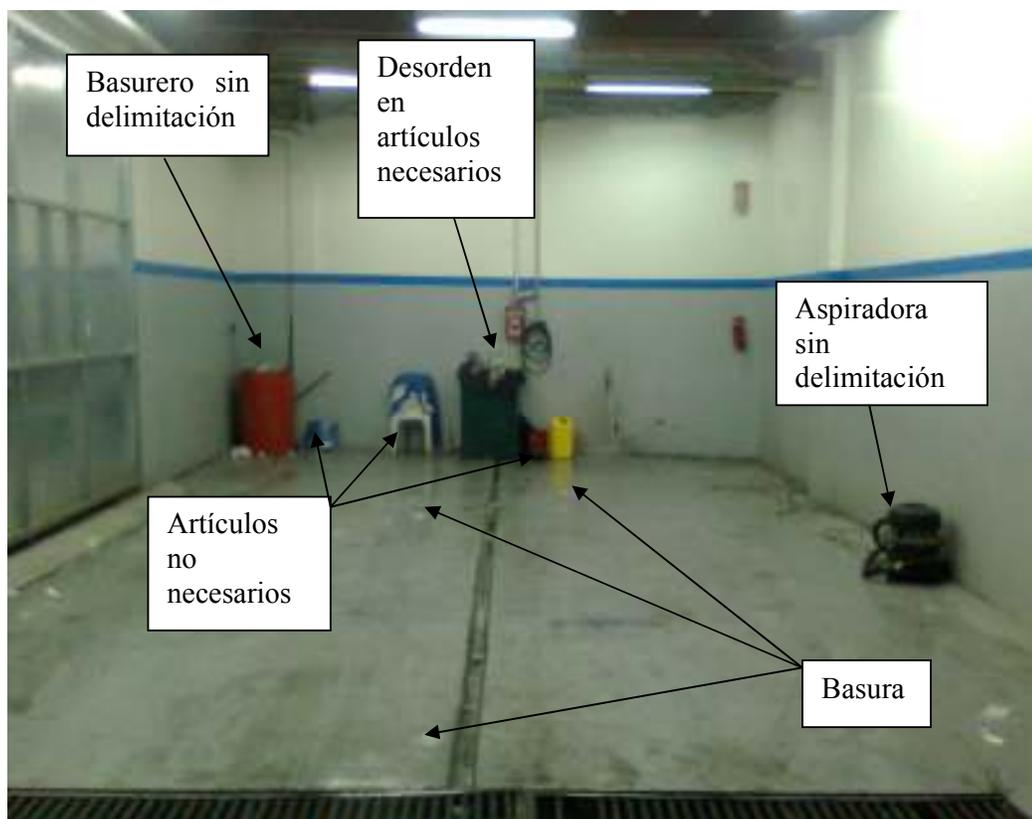
Por último, en la Fotografía 6-5 se puede ver que la manguera no está recogida y no tiene una ubicación correcta sino que esta todo el tiempo en el suelo de la Zona de Lavado. Esto resulta muy peligroso puesto que puede ocasionar un accidente a los empleados, como una fuerte caída. De la misma manera, el balde de jabón no tiene puesto fijo y los trapos algunas veces están como se muestra en la Fotografía, en el balde o en el suelo.

Como se pudo apreciar en todas las Fotografía, el orden y la limpieza no se cumplen dentro de la Zona de Lavado. Por consiguiente, con la aplicación de la metodología de las 5's se puede conseguir una mejora sustancial.

6.1.2. Zona de Secado

La Zona de Secado es la segunda etapa por la que pasa el vehículo luego de haber sido lavado. En esta zona lo que se hace es: limpiar los vidrios por dentro y por fuera, aspirar (asientos, piso y alfombras) y secar los aros de los vehículos. En esta zona se acumula mayor cantidad de basura porque al limpiar el vehículo en su parte interior, siempre se encuentra en ella basura, como papeles, embases de botellas, etc.

En la Zona de Secado, se fotografiaron los lugares en los cuales se evidencian problemas de orden y limpieza. A continuación se presentan las fotografías de dichos lugares.



Fotografía 6-6: Zona de Secado

La Fotografía 6-6 muestra toda la Zona de Secado. Como se puede observar existe mucha basura en el piso y no existe un lugar específico para el basurero, ni para la aspiradora. Se observa que hay artículos que no son necesarios en esta zona. De manera general, esta fotografía permite ver cómo está en la actualidad la Zona de Secado.



Fotografía 6-7: Basurero

En la Fotografía 6-7 se aprecia que hay una gran cantidad de basura fuera del tacho. Además, las escobas y trapeadores están atrás del basurero, lo que dificulta su utilización. De la misma forma, se puede observar que hay unos palos de madera y una caja, que lo único que hacen es causar mayor acumulación de desperdicios. Se observa que la zona del basurero no se encuentra delimitada por lo que se constató que éste es movido de un lugar a otro, dependiendo donde haya más basura.



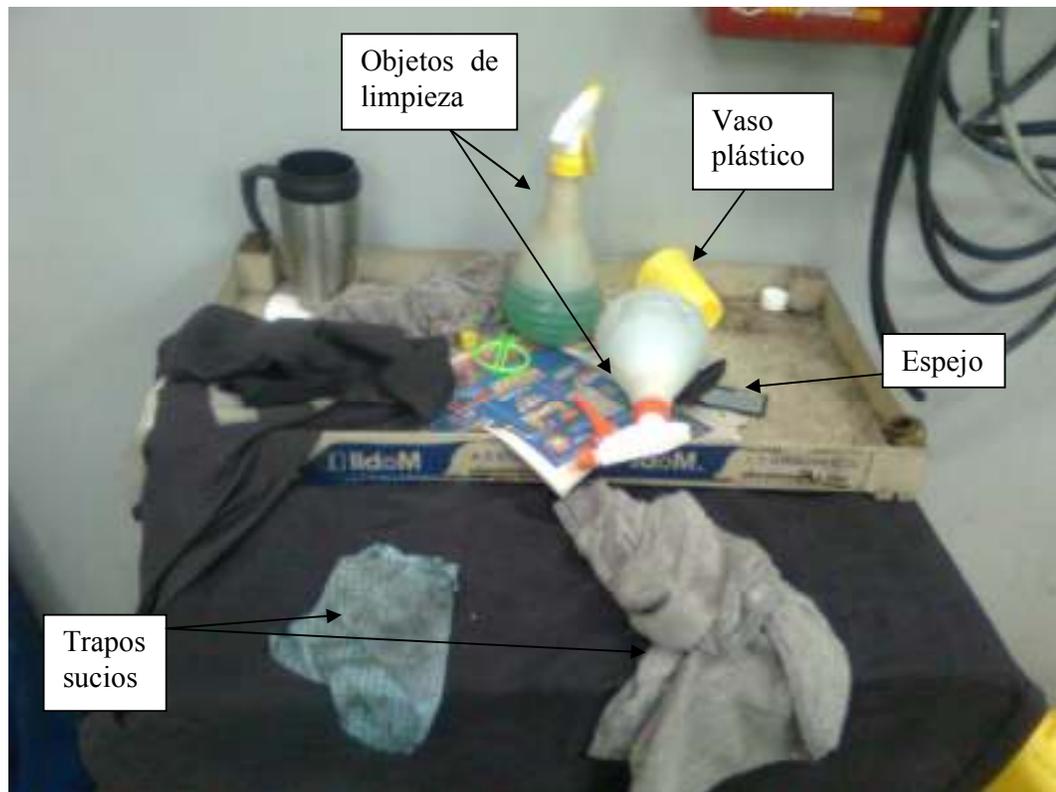
Fotografía 6-8: Aspiradora

La Fotografía 6-8 muestra la única aspiradora que usan en la Zona de Secado. Esta no tiene una ubicación específica para colocarla luego de que fuera utilizada, por lo que se la coloca en cualquier lugar. Cabe mencionar que el cable de electricidad está desgastado y parchado en algunas partes, lo que se vuelve un verdadero peligro para los empleados que la utilizan. Además, la manguera de absorción está deteriorada por lo que no tiene la suficiente potencia para absorber los residuos que se encuentran dentro del vehículo.



Fotografía 6-9: Artículos de limpieza

En la Fotografía 6-9 se puede evidenciar que no existe ningún tipo de orden para los artículos que se usan durante la jornada de trabajo. Además, se aprecia que hay artículos personales, como un saco en la silla y vasos plásticos. Asimismo, hay galones de aceite vacíos que no tienen razón de estar en dicha zona.



Fotografía 6-10: Falta de orden en los artículos

La Fotografía 6-10 muestra una falta completa de orden y clasificación de los artículos que son necesarios para el trabajo. Se puede ver que hay algunos trapos sucios que no se sabe con certeza que uso tienen; si son usados para secar los vehículos, o ya no se los usa. También, hay un vaso plástico que lo utilizan los empleados posiblemente para tomar agua. De igual forma, hay un espejo que no tiene relación con el tipo de trabajo que se realiza en esta zona. La falta de orden en el puesto de trabajo provoca muchos problemas en las actividades que se realizan, ya que, hasta ubicar los implementos necesarios para su ejecución, se incrementa el tiempo.



Fotografía 6-11: Acumulación de basura

En la Fotografía 6-11 se alcanza a ver que todo está desordenado. Es decir, que los artículos personales como del trabajo se encuentran en el mismo lugar. Esto provoca una acumulación de objetos y ocasiona que los indispensables se pierdan dentro de tanto desorden. De igual manera, se guardan fundas que lo único que provocan es que dentro de ellas se almacenen artículos innecesarios.

A esta zona, también existe la oportunidad de mejorarla con el uso de la metodología de las 5's.

6.2. Metodología 5's

Con todo lo anteriormente planteado, se puede concluir que es necesario implementar la metodología de la 5's, tanto en la Zona de Lavado como en la de Secado. En la práctica no se logró efectuar; sin embargo todas las mejoras propuestas se encuentran consideradas en la simulación 3D del Programa SketchUp, adjuntado en el CD.

6.2.1. Organizar (Seiri)

El objetivo de Organizar, es clasificar los artículos que no se utilizan en el área de trabajo. Se les consultó entonces a los empleados, para saber cuáles eran los artículos que ocupaban con mayor frecuencia en la realización de su trabajo, para que de esa manera solo tengan a mano los necesarios. De igual forma, se les pidió mencionen cuáles de los objetos que estaban inicialmente en su puesto de trabajo eran los que no usaban nunca, para retirarlos. También, para la simulación se quitó el mueble que había en la Zona de Secado ya que éste servía para guardar objetos innecesarios. Los artículos que los empleados mencionaron que eran necesarios para su trabajo, se pensó ubicarlos al alcance de su mano para que de esa forma tengan un mejor acceso a ellos. De igual manera, se consideró contar con un lugar exclusivo para que luego de la jornada de labores se guarden todos los artículos utilizados de manera ordenada, este lugar podría además servir como bodega.



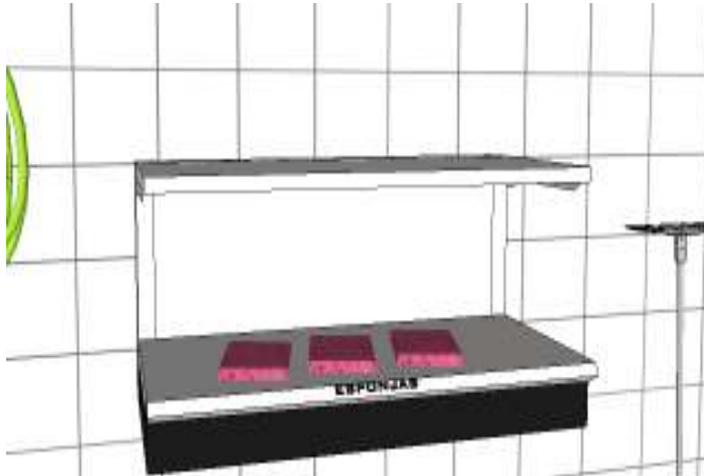
(SketchUp)

Figura 6-1: Lugar de almacenamiento del Área de Lavado

En la Figura 6-1 se muestra como quedaría el lugar destinado para almacenar los artículos usados durante el trabajo y que a la vez serviría como bodega para guardar el jabón, esponjas y trapos nuevos, etc.

6.2.2. Ordenar (Seiton)

Para la etapa de Ordenar; lo que se hizo fue, identificar el artículo dependiendo del área a la que pertenece. Esto quiere decir que en la Zona de Lavado solo habrán esponjas y en la de Secado, trapos. De esta manera, si en alguna de estas zonas hay un artículo diferente pueden saber a qué zona pertenece y podrán devolverlo a ella.



(SketchUp)

Figura 6-2: Estantería Zona de Lavado

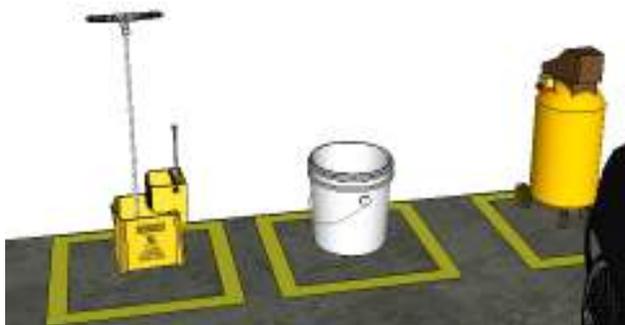
En la simulación se muestran estanterías en la Zona de Lavado para colocar las esponjas y si es necesario el jabón para vehículos. La ubicación de estos artículos está debidamente etiquetada para que no exista confusión, como se aprecia en la Figura 6-2.



(SketchUp)

Figura 6-3: Anaquel para colgar trapos

En la Zona de Secado se colocó un anaquel para colgar los trapos húmedos luego de que han sido usados, esto se puede observar en la Figura 6-3. Este tipo de anaquel, permitirá que los trapos se escurran debidamente para volver a usarlos.



(SketchUp)

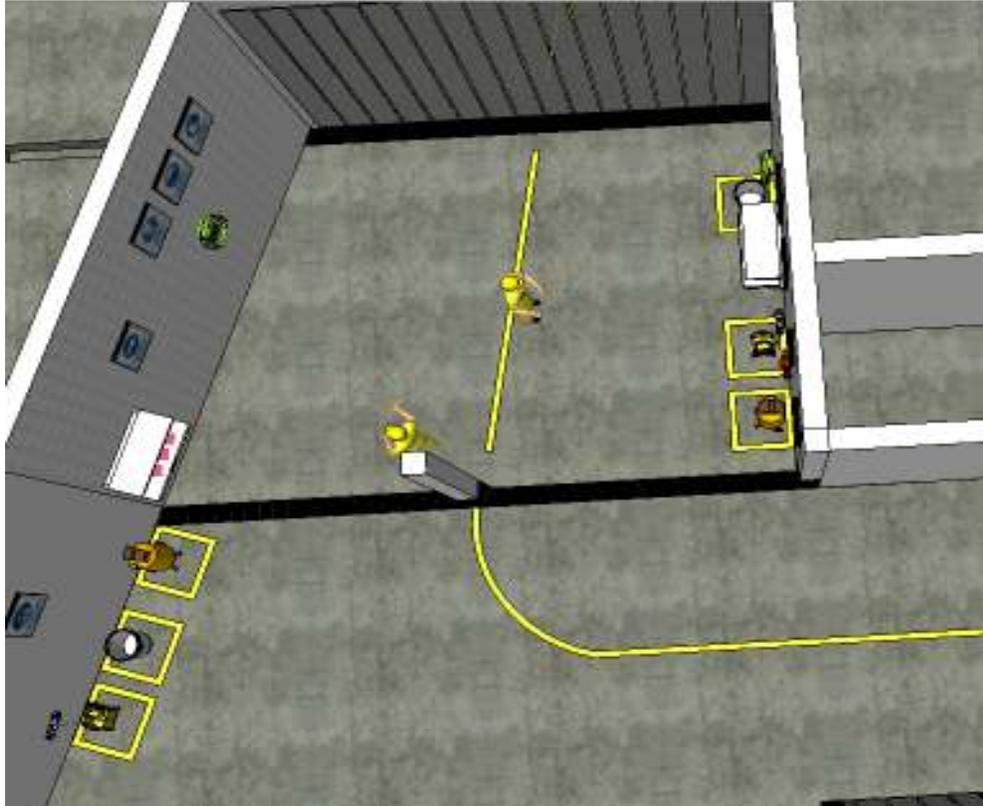
Figura 6-4: Delimitación de artículos

De la misma forma, se usarán cuadrados amarillos para delimitar los artículos, esto dará como resultado una ubicación fija de las cosas, como se muestra en la Figura 6-4.

Para saber dónde colocar los artículos según la Figura 6-4, fue necesario consultar a los empleados para que de acuerdo a su criterio, indiquen donde deberían ir los diferentes artículos para así tener un fácil acceso a éstos. Igualmente, se delimitó el espacio de los objetos que no se usan frecuentemente en el proceso.

6.2.3. Limpiar (Seison)

En la parte de Limpieza, como su nombre lo indica, el objetivo es mantener limpio el puesto de trabajo. Esto se consigue fomentando en los empleados la cultura del aseo, para que antes de comenzar con sus labores; así como, al terminarlas, su puesto de trabajo este siempre limpio. Además, tener un lugar limpio puede ayudar a identificar potenciales problemas en máquinas como en las mismas instalaciones. De la misma manera, es importante distribuir el trabajo de limpieza entre los empleados de cada zona. Es decir, los empleados de la Zona de Lavado se encargan de limpiar su puesto de trabajo así como los empleados de la Zona de Secado, se encargarán del suyo. Finalmente, se designará a un encargado que verifique que los trabajos de limpieza se hayan realizado correctamente.



(SketchUp)

Figura 6-5: Zona de Lavado libre de basura

La Figura 6-5 muestra como quedaría la Zona de Lavado luego de cumplir todo lo referente a limpieza. Como se puede apreciar el puesto de trabajo está totalmente limpio y está correctamente señalizado.

6.2.4. Estandarizar (Seiketsu)

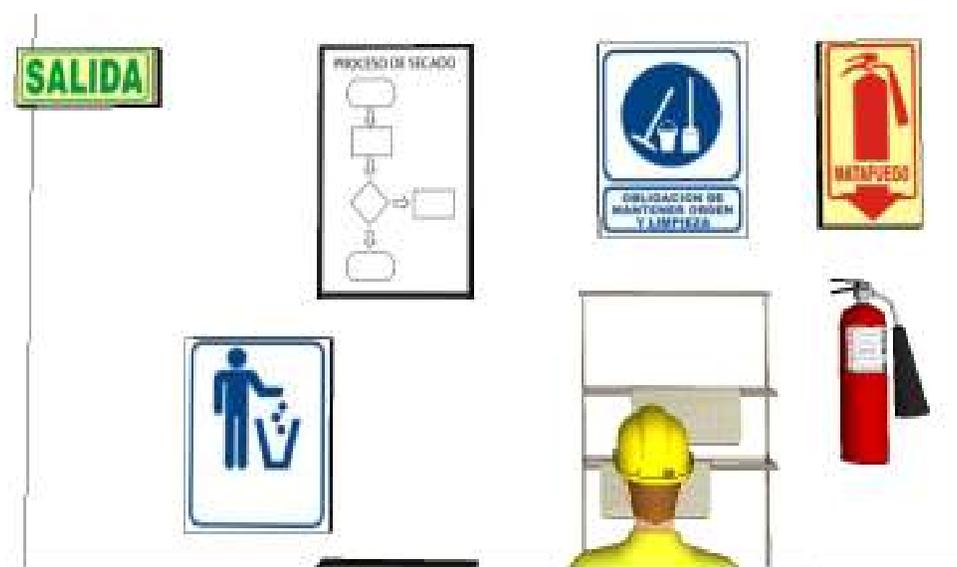
Lo que se busca en la etapa Estandarizar, es crear ayudas visuales que contribuirán para mantener el puesto de trabajo organizado, ordenado y limpio. En este caso lo que se hizo fue colocar flujogramas tanto en la Zona de Lavado como en la de Secado, en éstos se explica detalladamente cuáles son las actividades que se deben hacer y su secuencia. Esta información será muy útil para los empleados si son nuevos; como para los que siendo antiguos, no se acuerden. De esta manera, todo lo que necesitan saber los empleados va a estar a su alcance.



(SketchUp)

Figura 6-6: Proceso de Lavado

La Figura 6-6 muestra el flujograma para el Proceso de Lavado. Como se puede apreciar está ubicado en un lugar visible y al que todos los empleados de esta zona tienen acceso.

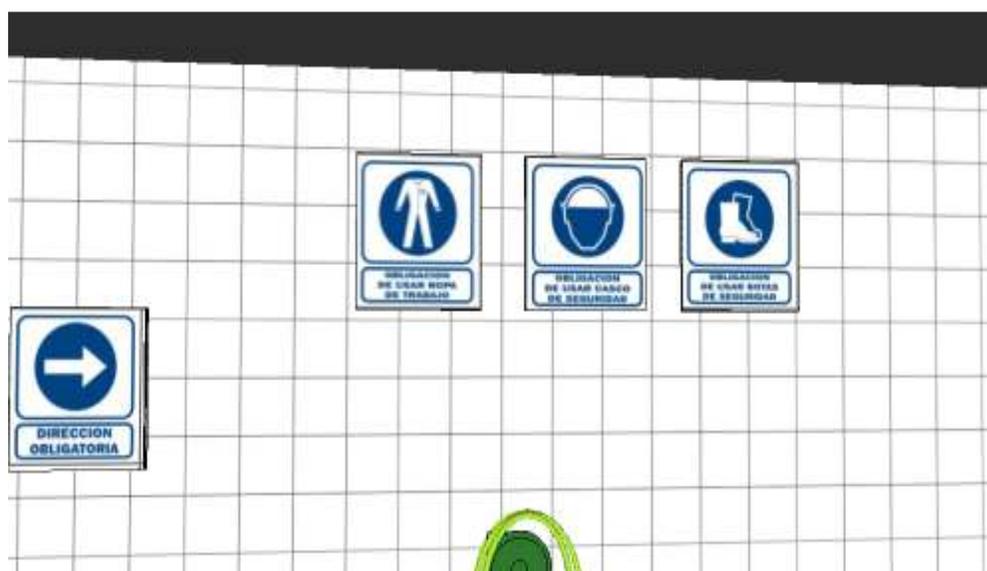


(SketchUp)

Figura 6-7: Proceso de Secado

La Figura 6-7 indica el flujograma para el Proceso de Secado, que al igual que el anterior, también se encuentra ubicado en un lugar evidente para todos los empleados.

Igualmente, para promover el orden en el área, se ubicarán letreros de color azul, color que denota obligatoriedad. Éstos, tienen avisos relacionados a ubicar la basura en su lugar, obligación de mantener orden y limpieza, usar casco, usar ropa de trabajo y usar botas de seguridad anti deslizantes. Todos estos avisos se encuentran ubicados de tal manera que, siempre el empleado los va a poder observar y recordar.



(SketchUp)

Figura 6-8: Avisos obligatorios dentro del área de trabajo

En la Figura 6-8 se evidencia que los avisos obligatorios se encuentran a una altura que permiten su visualización desde cualquier lugar de la Zona de Lavado. También, se puede ver que hay otra señal que indica la dirección obligatoria que deben seguir los vehículos para pasar a la siguiente zona.

Asimismo, la gerencia debería incentivar a las personas que estén cumpliendo la metodología establecida haciéndolas conocer públicamente en la empresa, de modo que, sirvan de ejemplo para el resto de empleados.

6.2.5. Mantener (Shitsuke)

Es importante que la gerencia se comprometa a mantener una constante capacitación de los trabajadores con respecto al uso de las herramientas de trabajo, ubicación de las mismas, y procedimientos para la eliminación de desperdicios. Además, se debería hacer

un seguimiento de la implementación de la metodología de las 5's para conocer cómo están las condiciones de trabajo, si se están cumpliendo los estándares establecidos y cómo se están llevando a cabo el trabajo en equipo.

Algunos tipos de capacitación que se recomienda poner en práctica en la empresa, se mencionan a continuación:

- Inducciones
- Capacitación en el puesto de trabajo
- Cursos internos
- Seminarios y talleres
- Cursos de actualización

(Ayala)

Una vez que los empleados están capacitados, es necesario que ellos estén dispuestos al cambio que se llevará a cabo en la organización. Para ello, es importante involucrar la Gestión de Cambio Organizacional. Esta tiene como principal objetivo disminuir los efectos correspondientes al cambio, en personas, procesos, cultura, etc., así como potenciar su implementación dentro de la organización. El cambio es un requerimiento propio dentro de las organizaciones, ya que todas de una u otra forma lo buscan. Esta herramienta menciona que existen tres niveles:

- Quiebres, este tipo de cambio se refiere a la disolución de la manera como se estaba realizando un proceso, metodología, etc. por otra mejor.
- Transformación, esta tiene que ver con el deseo de mejorar las cosas, impulsado por las personas de la organización.
- Cambio, proceso de adaptación dentro del sistema.

Cabe mencionar que para que esta herramienta funcione a cabalidad, es necesario que la capacitación y entrenamiento se realice lo antes posible, para de esa manera disminuir la ansiedad que produce todo cambio en los empleados. Además, es importante que en el proceso de cambio, se involucre al personal con más experiencia, con el objetivo de que éste opine y sugiera nuevas ideas. También, se recomienda nunca realizar un cambio repentino en procesos o en la organización, sin previamente haber comunicado a los empleados con mayor experiencia. Por último, para que los empleados se sientan comprometidos con el cambio, es importante presentarles los beneficios, ahorros de tiempo, menor retrabajo, reducción de fatiga, etc. (Kourilsky)

Finalmente, la implementación de la metodología de las 5's no es costosa a comparación de los beneficios que traería. Además, es útil para reducir micro-desperdicios, como para tener un área de trabajo limpia que mejorará las condiciones de trabajo de los empleados, proporcionándoles satisfacción y bienestar.

7. Capítulo VII: Modificación del Layout y Estandarización de los Procesos de Lavado y Secado en el Taller Matriz de PROAUTO C.A.

7.1.Situación Actual

En la actualidad los Procesos de Lavado y Secado no están claramente definidos. Razón por la cual, es necesaria su estandarización ya que de esa manera los empleados del Área de Lavado van a saber con certeza como deben hacer su trabajo. Además, el tener un proceso estandarizado ayudará a que el tiempo de lavado y secado disminuya.

Es imperioso estandarizar los procesos debido a que estos en la actualidad no son realizados de la mejor manera. El Proceso de Lavado es una desorganización, los empleados que se encuentran ahí lavan los vehículos como les parece. Es decir, no lavan completamente a un vehículo, sino que a unos los enjuagan y a otros los jabonan. Esto provoca que muchas veces los mismos empleados no sepan con seguridad qué vehículo está completamente lavado y a cuál le falta algo por hacer. Además, cuando dejan un vehículo jabonado y luego de un tiempo le retiran el jabón, este es más difícil de retirarlo, provocando que el empleado dedique mayor cantidad de tiempo en dicho vehículo. De igual manera, el Proceso de Secado presenta similares problemas; debido a que éste es realizado sin ningún orden. Existe tanto desorden que los empleados dejan incompletos los trabajos y pasan a otro vehículo. En general los Procesos del Área de Lavado necesitan una estandarización urgente.

7.2. Sistema PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir)

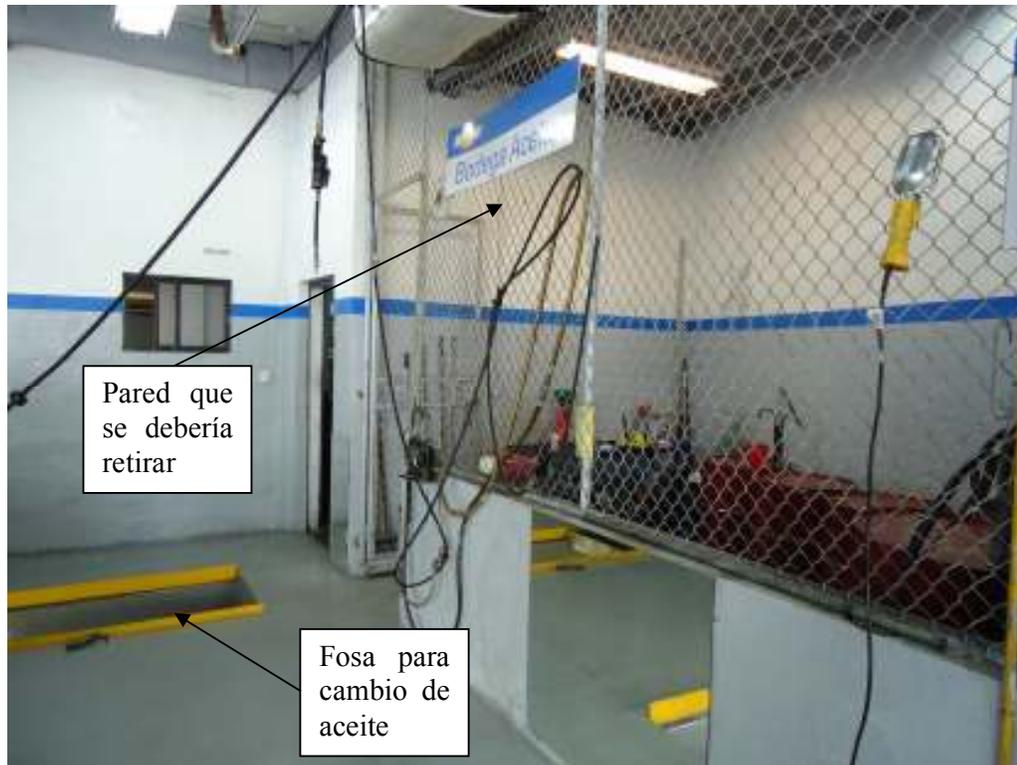
Parte de la Estandarización de los Procesos de Lavado y Secado tiene que ver con el orden con que se atienden los vehículos. Es así que lo que se sugirió es que se adapte el Sistema PEPS, el mismo que consiste en que la primera entidad en entrar debe ser la primera en salir. Esto relacionado al Área de Lavado sería que el primer vehículo que ingresa a este lugar sea el primero en salir. Para la ejecución de este sistema sería necesario adecuar el área actual de tal manera que, exista un flujo continuo de los vehículos y que no se acumulen en la Zona de Lavado o Secado, como ocurre actualmente.

Para poder llevar a cabo el Sistema PEPS es necesario modificar el Área actual de Lavado. Para esto se deberían retirar paredes y reubicar máquinas como se indica en seguida.



Fotografía 7-1: Pared que divide Zona de Máquinas y Zona Aceite Quemado

En la Fotografía 7-1 se puede apreciar la pared que se debería retirar. Esta pared divide la zona de máquinas donde se encuentra los paneles de control del concesionario y un generador eléctrico, con la zona de aceite quemado. Se necesita retirar esta pared para poder facilitar la circulación de los vehículos hacia la salida.



Fotografía 7-2: Pared de la Bodega de Aceite

En la Fotografía 7-2 se aprecia la otra pared que debería ser retirada. La pared pertenece a la Bodega de Aceite y debería ser retirada ya que es por ese sector por donde los vehículos saldrán, luego de que han recibido el servicio de lavado y secado. Además, se tendrían que cubrir las dos fosas existentes para cambio de aceite, que se deben reubicar en otro lugar. Según lo consultado al Jefe de Taller, con solo tener una fosa sería suficiente ya que los trabajos que se realizan ahí pueden ser hechos en su totalidad en los elevadores de vehículos que ya poseen. Es por este motivo, que se decidió reubicar la fosa en un sector en el que actualmente está la Zona de Secado ya que, este lugar va a quedar disponible luego de las modificaciones.



Fotografía 7-3 Pared que divide la parte del Taller con la Zona de Secado

La Fotografía 7-3 indica la pared en la que una parte equivalente a un área de 12m^2 debería ser retirada; para que haya el acceso necesario a la nueva ubicación de la fosa para cambio de aceite.



Fotografía 7-4: Bodega de Garantías

La Fotografía 7-4 muestra la Bodega de Garantías que debería ser ubicada en un lugar diferente. Buscarle una nueva ubicación no causó inconveniente ya que a ésta bodega se le daba poco uso. Su reubicación es necesaria debido a que en ese lugar va a funcionar la nueva Zona de Secado.



Fotografía 7-5: Paneles eléctricos

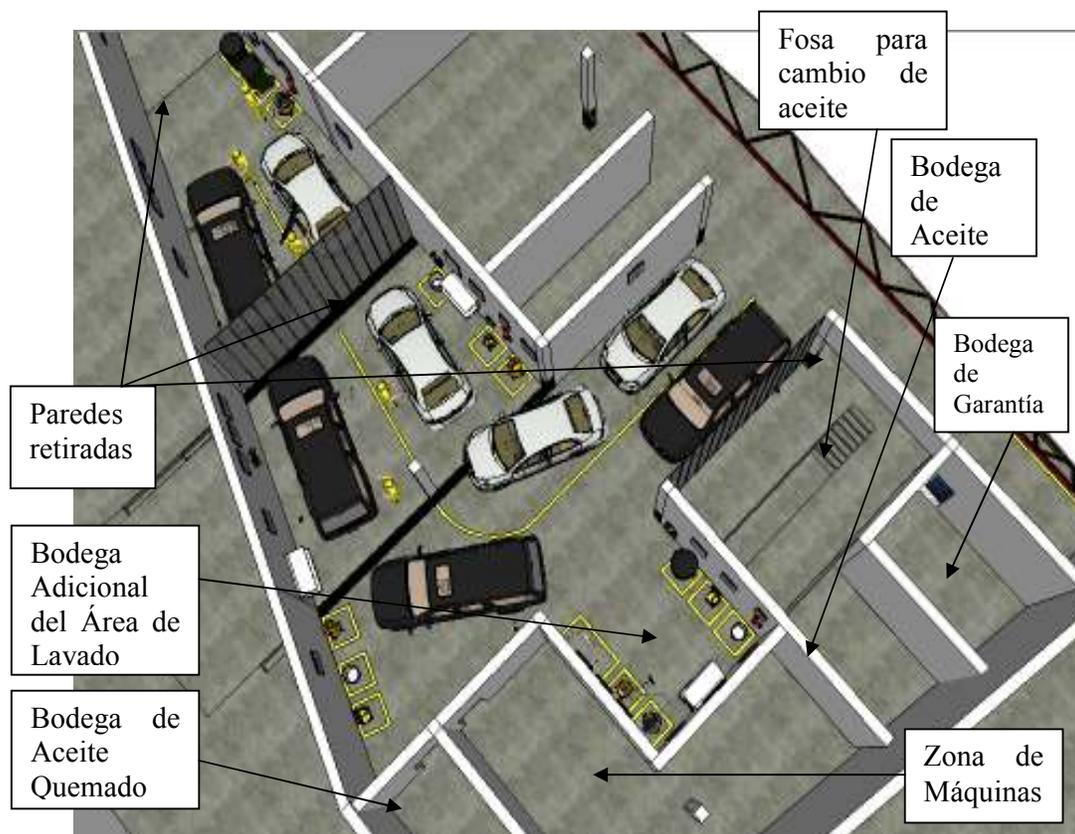
En la Fotografía 7-5 se observar el espacio donde estaría la nueva Zona de Secado en la que se encuentran los paneles eléctricos que también necesitarían ser removidos. Estos paneles se moverían a la nueva zona de máquinas que estaría ubicada en una parte de lo que actualmente es la Zona de Lavado. Su traslado no causaría problemas, ya que en el Área de Lavado se encuentran varias conexiones eléctricas y solo sería necesario hacer adaptaciones. Asimismo, los paneles no se los puede dejar donde se encuentran actualmente debido a que pueden estar en contacto con el agua al momento de secar los vehículos.



Fotografía 7-6: Generador eléctrico

La Fotografía 7-6 muestra el generador eléctrico que se encuentra en el mismo lugar que los paneles eléctricos. Este también debería ser reubicado, para que esté junto con el panel eléctrico en la nueva zona de máquinas. El generador de igual manera podría ser movido, ya que se ubicaría en donde también hay conexiones eléctricas.

Luego de que se han mencionado los cambios que se deben hacer para que el Sistema PEPS pueda llevarse a cabo, a continuación se mostrará como quedaría la nueva Área de Lavado.



(SketchUp)

Figura 7-1: Distribución propuesta para el Área de Lavado de PROAUTO C.A

En la Figura 7-1 se puede observar como estaría distribuida el Área de Lavado luego de que se retiren las paredes antes mencionadas, la Bodega de Garantía, los paneles eléctricos y el generador eléctrico. Como se puede apreciar en la figura, el Sistema PEPS se cumple ya que el vehículo que primero ingresó es el primero en salir. Además, se sugirió que los vehículos que son más anchos circulen por el carril izquierdo debido a que tienen un mayor ángulo de giro. Igualmente, se planeó que en cada una de las dos zonas del Área de Lavado se pueden atender dos vehículos a la vez.

Cabe mencionar además que para el rediseño del Layout se consideraron los principales aspectos sobre Seguridad Industrial. Así, respecto a los extintores, éstos están ubicados a menos de 15 metros, distancia máxima para su alcance según la Norma Básica de Edificación CPI-96 para locales donde hay vehículos (Reglamentación del Ministerio de Fomento de España aplicable a edificios civiles). Hay tres extintores en toda el Área de Lavado, estos se encuentran ubicados uno en la Zona de Lavado, otro en la Zona de Secado y el último en la zona para el almacenamiento de artículos de trabajo. No es necesario incluir más extintores debido que el tipo de trabajo que se realiza en esta área no

representa una inminente amenaza de incendio. Asimismo, todos los empleados están con el debido equipo de protección personal (EPP's), como es el caso, botas anti-deslizantes, overol, etc. Igualmente, se aprecia en toda el área, señales de obligación que deben ser seguidas por todas las personas que realizan alguna acción en este lugar con el objetivo de evitar accidentes. Otra de las señales que también se indica es la referente a los equipos de lucha contra incendios. Por último, las salidas de emergencia, son lo suficientemente amplias para permitir la evacuación de los cinco empleados que trabajan en esta área, ya que es el lugar por donde entran y salen los vehículos.

7.3. Estandarización Proceso de Lavado

Para la Estandarización del Proceso de Lavado lo que se hizo fue una investigación para conocer cuál era la manera adecuada de lavar un vehículo. Al no existir manuales que detallen la manera de lavar un vehículo, lo que se encontró, fue un video realizado por el experto Mike Phillips en donde muestra cómo se debe realizar un eficiente lavado y secado de un vehículo.

Como primer consejo Phillips recomienda comprar un artículo llamado "Grit Guard", que se coloca al fondo del balde. Este artículo tiene la forma de un colador plano que sirve para que partes gruesas de suciedad se depositen al fondo del balde. Además, ayuda a que las partículas de suciedad no se peguen en la esponja que se está usando para lavar el vehículo. Otra de las sugerencias fue usar dos baldes con ruedas, para ser transportados alrededor del vehículo; el primero de ellos que tenga agua y el segundo que tenga agua con jabón para vehículos. Para tener una mezcla homogénea de agua con jabón, lo que Phillips aconseja es usar una onza de jabón para vehículo en un galón de agua y mezclar con la mano hasta que se obtenga una sustancia uniforme, no es aconsejable mezclar el jabón solo vertiendo agua encima de este ya que solo se produce espuma. También, es recomendable tener un recipiente de medida para el jabón debido a que de esa manera se evita estar midiendo todas las ocasiones que se quiera lavar el vehículo. Además, se mencionó que no es recomendable usar jabón líquido de cocina para lavar el vehículo debido a que éste es muy fuerte y puede estropear la pintura del mismo. (Jelsoft Enterprises Ltd.)

Continuando con el proceso de lavado lo que se debe hacer es rociar el vehículo con agua para remover cualquier suciedad. La manera de rociar el vehículo se la debe hacer de arriba hacia abajo, para que de esa manera toda la suciedad del techo caiga hasta el suelo. Es así que se comienza por el techo, luego se pasa a las ventanas, puertas, parte delante y

trasera del vehículo y se termina con las llantas. Luego de que el vehículo haya sido rociado completamente el siguiente paso es colocarle jabón. Dentro de esta siguiente actividad están involucrados los dos baldes mencionados anteriormente. Para jabonar el vehículo de la manera correcta lo que se debe hacer es, primero introducir la esponja en el balde con jabón y luego enjabonar el vehículo de arriba hacia abajo, de la misma manera que al rociar el vehículo. También, se aconseja no pasar varias veces la esponja por un mismo lugar ya que esto no ayudará a que el vehículo se limpie mejor. A medida que se está jabonando el vehículo, lo que se debe hacer es introducir las veces que sean necesarias la esponja en el balde de agua que contiene el “Grit Guard” para así remover el sucio que se va impregnado en la esponja mientras se va jabonando el vehículo. (Jelsoft Enterprises Ltd.)

Luego de que el vehículo está totalmente jabonado lo que se debe hacer es rociarlo con agua nuevamente de arriba hacia abajo. Se debe tomar en cuenta en esta instancia del proceso, remover correctamente el jabón que se encuentra en el vehículo porque si no se lo hace debidamente, el jabón se pegará y será más difícil después poder removerlo. (Jelsoft Enterprises Ltd.)

Cabe mencionar que para validar la manera como Mike Phillips lavó su vehículo fue necesario realizar este proceso siguiendo sus indicaciones. Lo que se pudo constatar es que su método fue bastante útil puesto que, no se usó mucha agua y se logró lavar el vehículo en un tiempo aproximado de 15 minutos el cual es aceptable para alguien sin experiencia. La forma como se validó lo antes mencionado está anexado en el CD.

Una vez que se tiene estandarizado el proceso, el siguiente paso sería capacitar a los dos empleados que van a estar a cargo del lavado de los vehículos. De igual manera, en la Zona de Lavado se va a colocar un flujograma, remitirse al Anexo 28, en donde se muestra claramente la secuencia de actividades que se deben realizar para lavar un vehículo en el menor tiempo posible y de la mejor manera.

7.4. Estandarización Proceso de Secado

La estandarización del Proceso de Secado se lo realizó usando como referencia el video de Mike Phillips. Es así que en éste, como primer paso se muestran los materiales que van a ser necesarios para secar el vehículo. Dentro de estos, según Phillips son un paño absorbente para remover el agua que quedó luego de la lavada y dos toallas que servirán para secar cualquier residuo de agua que hubiese quedado. Entrando en detalle respecto al

proceso, lo que se debe hacer es que luego que el vehículo haya sido lavado, se debe comenzar a secarlo con el paño absorbente. Para esto al igual que en el Proceso de Lavado, lo que se recomienda es comenzar por el techo e ir bajando hasta las llantas. Luego de que el vehículo ha sido secado con el paño absorbente, el siguiente paso es secar cualquier residuo de agua que haya quedado con dos toallas. Se usan dos toallas, una en cada mano, ya que así se puede secar rápidamente el vehículo. De igual manera, se debe secar con las toallas desde el techo hasta los aros de las llantas. Es importante mencionar que a medida que se va secando el vehículo, tanto con el paño absorbente como con las toallas, se deben exprimir para de esa manera eliminar el exceso de agua. (Jelsoft Enterprises Ltd.)

En cuanto a la aspirada, esto no se menciona en el video. Sin embargo, para seguir el mismo procedimiento, se debe comenzar por la parte superior del asiento, pasando por las alfombras del vehículo y terminando en el piso. Además se sugirió que si el vehículo es de cinco puertas se debe comenzar por los puestos de atrás y terminar en los del copiloto y piloto. Asimismo, para validar el proceso propuesto por Mike Phillips, fue necesario secar y aspirar un vehículo. A medida que se realizaban las actividades se pudo comprobar que el proceso sugerido por él ayuda a optimizar el tiempo de secado y aspirado. Del mismo modo, se comprobó que adaptando el procedimiento utilizado para la parte de lavado y secado en el aspirado, también se consiguió realizarlo en un tiempo adecuado de 20 minutos para alguien sin experiencia. El video que muestra la validación del Proceso de Secado está adjuntado en el CD.

Finalmente, este proceso va a ser ejecutado en el concesionario por tres empleados que van a estar divididos de la siguiente manera, dos de ellos se van a encargar de secar cada uno un vehículo y el otro empleado se va a encargar de aspirar los dos vehículos. Para conseguir que los empleados sepan con precisión las actividades que tienen que realizar, es recomendable que la gerencia les capacite basándose en este nuevo proceso estandarizado. Además, en su puesto de trabajo va a encontrarse un flujograma, remitirse al Anexo 29, en el que se va a mostrar detalladamente cómo se deben hacer las actividades para el secado y aspirado, esto les va a servir como un soporte técnico durante su jornada de trabajo.

8. Capítulo VIII: Propuestas de Mejoras Adicionales para la Optimización del Área de Lavado en el Taller Matriz de PROAUTO C.A.

Con el objetivo de optimizar el flujo dentro del área de lavado, se considerarán tres propuestas, adicionales a lo sugerido en los capítulos 6 y 7. Estas propuestas analizan la manera de reducir el tiempo de lavado y secado, como también, la inversión de las mismas. Esto quiere decir que con la primera propuesta, la empresa deberá invertir menor cantidad de dinero pero el tiempo de lavado y secado será el mayor. En la segunda propuesta, la empresa deberá invertir una mayor cantidad de dinero pero se reducirá el tiempo de lavado y secado. Finalmente, en la tercera propuesta la empresa deberá invertir la mayor cantidad de dinero pero de igual manera, se reducirá el tiempo de lavado y secado al máximo posible. Una vez planteadas las propuestas, se procederá a medir su impacto dentro del flujo general del mantenimiento preventivo del taller. El objetivo de la empresa, es recibir la mayor cantidad de vehículos en un mismo día y poder atender a la mayoría de ellos. La razón de esto, es que los clientes de PROAUTO C.A. al dejar el vehículo en el concesionario, desean que se les entregue el vehículo el mismo día para no quedarse sin transporte durante dos o más días. Por lo tanto, con las diferentes propuestas, se buscará la que mejor ayude a cumplir con el principal objetivo de la empresa, el cual es atender la mayor cantidad de vehículos en un mismo día.

Las tres propuestas que se plantearán, se las analizará dentro de cinco escenarios distintos. La razón de esto, es el probar cómo se comportará el concesionario en la simulación con las distintas propuestas en los distintos escenarios y así poder elegir la mejor combinación entre ellas. La elección de estos 5 escenarios, se los realizó por intereses y requerimientos del Gerente de Servicios y el Jefe de Taller. Los escenarios propuestos son los siguientes:

1. Analizar las tres propuestas con el flujo actual de vehículos, es decir, con un ingreso promedio de 50 vehículos en los días lunes.
2. Analizar las tres propuestas con una promoción del 10% para los clientes que acuden al concesionario los días Jueves y Viernes.
3. Analizar las tres propuestas con una restricción en la hora máxima de recepción de vehículos hasta las 11:30 am.

4. Analizar las tres propuestas con el flujo actual de vehículos pero aumentando un técnico proveniente de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.
5. Analizar las tres propuestas con el flujo actual de vehículos pero aumentando dos técnicos provenientes de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.

Para el escenario #2, se conversó con el Gerente de Servicios, el Ingeniero Cristian Sosa, con el objetivo de buscar la manera en que los clientes acudan los días Jueves y Viernes al concesionario para poder distribuir la carga de trabajo a lo largo de la semana. Se le propuso la idea de tener una promoción en los días Jueves y Viernes como incentivo a los clientes para acudir en dichos días. El concesionario tiene actualmente una promoción para los clientes que agendan los mantenimientos, a los cuales se les otorga un 10% de descuento si los mismos llegan puntuales a las citas. Es así, que el Gerente de Servicios aceptó que se podría otorgar de igual manera un 10% de descuento para los clientes que acuden los días Jueves y Viernes. En la siguiente tabla se resumirá la manera en que se asume que se distribuirá la carga de trabajo a lo largo de la semana obteniendo como resultado que se recibirán 37 vehículos diariamente de manera equitativa al aplicar la promoción del 10%.

Tabla 8-1: Distribución de la carga de trabajo a lo largo de la semana

Ingreso Promedio de Vehículos a PROAUTO C.A. por día					
	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes
Enero	47	37,75	35,25	34	32
Febrero	49,75	36	34,75	30,75	28,25
Marzo	48	31,4	43,4	46,6	30,5
Abril	50	38,75	39,5	28,25	23,8
Promedio por día	48,69	35,98	38,23	34,90	28,64
Promedio Total	37,29				

(Elaboración propia)

Con respecto al escenario #3, se observó que uno de los principales problemas de PROAUTO C.A., es el recibir los vehículos hasta las 14:00 horas. Esto causa que se tenga una cantidad excesiva de vehículos dentro del concesionario a los cuales no se les podrá atender el mismo día. Por lo tanto, el Gerente de Servicios sugirió luego de sus 5 años de experiencia, que la recepción de los vehículos se la realice máximo hasta las 11:30 am en los días con alto flujo de vehículos como los días lunes. La cantidad de vehículos que

ingresarían hasta esta hora, es aproximadamente un número manejable para la capacidad del concesionario.

Para las propuestas #4 y #5, se conversó con el Jefe de Taller el cual nos indicó que en los días con alta demanda, el concesionario necesita aproximadamente entre uno y dos técnicos adicionales. Los técnicos que se utilizarán los días lunes, serán técnicos de PROAUTO C.A. que provengan de otras sucursales. Dependiendo de la carga de trabajo de las distintas sucursales en ese día concreto, se asignará a él o los técnicos que deberán ayudar en el taller matriz. No es recomendable el contratar técnicos adicionales ya que en los días Jueves y Viernes los técnicos serán sub utilizados.

8.1. Análisis del Proceso Actual de Mantenimiento Preventivo de PROAUTO C.A. dentro de los Cinco Escenarios

Es importante analizar el comportamiento del proceso actual de PROAUTO C.A. dentro de los cinco escenarios para poder comparar los resultados con las propuestas y así poder cuantificar las mejoras. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos en los distintos escenarios luego de realizar la simulación de los mismos con 16 replicas.

Tabla 8-2: Tabla resumen de porcentajes del proceso actual en los 5 escenarios

Escenarios	Promedio de ingreso de vehículos	Promedio Min. de Ingreso de vehículos	Promedio Max. de Ingreso de vehículos	Vehículos atendidos	Promedio Min. de Vehículos atendidos	Promedio Max. de Vehículos atendidos	Porcentaje de vehículos atendidos
1	50,90	40	60	25,50	16	31	50%
2	37	37	37	25,25	16	30	68%
3	32,50	25	42	25,56	18	30	79%
4	51,19	45	60	27,48	19	33	54%
5	51	42	60	28,37	22	35	56%

(Elaboración propia)

En la Tabla 8-2 se puede apreciar los cinco distintos escenarios mencionados anteriormente, considerando el proceso actual.

A continuación se analizará el porcentaje de vehículos atendidos para cada escenario.

- En el escenario 1, se puede observar que el porcentaje de vehículos atendidos es del 50%, esto es lo que ocurre actualmente en el taller.

- El escenario 2 muestra que el porcentaje de vehículos atendidos se incrementó a 68%, esto se debe a que el ingreso se limitó a un máximo de 37 vehículos y se continuó atendiendo la misma cantidad que en el escenario 1. Se limitó a 37 vehículos, con el fin de distribuir la carga de trabajo durante la semana; esto se lograría con la promoción del 10% de descuento para los clientes que acudan al concesionario el Jueves y Viernes.
- El escenario 3 presenta el 79% de vehículos atendidos. Este porcentaje es el mayor dentro de todos los escenarios, ya que al limitar la recepción de vehículos hasta las 11:30 am van a ingresar en promedio menos vehículos que en el escenario 1 y 2. Es decir, que ingresan menos vehículos, se sigue atendiendo a la misma cantidad, por lo tanto el porcentaje se incrementa.
- En el escenario 4, el porcentaje de vehículos atendidos fue del 54%. Este porcentaje es ligeramente superior al del escenario 1, por lo que se puede afirmar que a pesar de que en promedio ingresó la misma cantidad de vehículos, el porcentaje de vehículos atendidos sigue siendo bajo. Además, el porcentaje se incremento ya que en este escenario se incluyó un Técnico adicional.
- En el escenario 5, el porcentaje es del 56%. Esto se debe a la misma razón mencionada para el escenario 4, la diferencia está en que se incluyeron dos Técnicos en lugar de uno.

Tabla 8-3: Tabla resumen de tiempos del proceso actual en los 5 escenarios

Escenarios	Tiempo promedio en el área de lavado (horas)	Tiempo promedio en el área de lavado (min)
1	0,88	53
2	1,17	70
3	0,57	34
4	0,89	53
5	0,90	54

(Elaboración propia)

En la tabla 8-3, se observa el tiempo promedio que permanecieron los vehículos en el Área de Lavado para el proceso actual. En los escenarios 1, 4 y 5, el tiempo promedio de lavado es similar y se encuentra alrededor de los 53 minutos. Esto sucede porque se tiene un ingreso demasiado elevado de vehículos al concesionario, ocasionando que el principal cuello de botella en el proceso, sea el trabajo de los Técnicos. El escenario 3 tiene un

tiempo promedio de 34 minutos, siendo éste el menor tiempo de todos los escenarios ya que el ingreso de vehículos solamente fluctúa entre 25 y 42. Esto ocasiona que tanto el trabajo de los Técnicos como el Área de Lavado, trabajen de una manera eficiente y no exista un cuello de botella significativo dentro del proceso. Finalmente, en el escenario 2, el tiempo promedio es el mayor de todos siendo éste de 70 minutos. Esto se debe a que el principal cuello de botella pasó a ser el Área de Lavado en lugar que el de los Técnicos. La razón de esto, es que al limitar el ingreso a 37 vehículos, representa una cifra que no ocasiona una congestión importante en el trabajo de los Técnicos. Al ocurrir esto, el Área de Lavado recibe una cantidad de vehículos superior que en todos los otros escenarios y así convirtiéndose en la principal actividad crítica del proceso. Es importante recalcar que en el escenario 2 se asume varios supuestos ficticios como por ejemplo, recepción de exactamente 37 vehículos para todos los días lunes. Esto ocasiona que éste escenario sirva únicamente como referencia y no se lo considere como una opción de implementación.

8.2. Análisis de la Propuesta #1 para el Mantenimiento Preventivo de PROAUTO C.A. dentro de los Cinco Escenarios

Las tres propuestas sugeridas toman en cuenta todas las causas raíz encontradas en la sección 5.3. La idea es que cada una de las propuestas estandaricen los procesos de lavado y secado, incorporen el sistema PEPS y tomen en cuenta la metodología 5`s.

Para la propuesta #1, se estandarizará el proceso como se indicó en la sección 7.3 utilizando materiales similares a los que actualmente posee PROAUTO C.A.. Del mismo modo, se estandarizará el proceso de secado como se indicó en la sección 7.4 utilizando también materiales similares a los que actualmente posee PROAUTO C.A.. En el proceso de lavado, se tendrán como materiales:

- 2 mangueras similares a la actual
- 4 baldes con ruedas
- 2 esponjas
- 1 jabón para vehículos
- 1 recipiente de medida

Para el área de secado, se tendrán como materiales:

- 2 aspiradoras similares a la actual
- 2 paños absorbentes

- 4 "toallas"

La diferencia con los materiales actuales, es que éstos serán nuevos y se encontrarán en buenas condiciones. Es importante considerar que se tendrán dos filas de lavado como de secado y por esta razón se necesitarán la cantidad de materiales mencionados anteriormente. Para saber el tiempo que tomarán los empleados en lavar y secar el vehículo, se realizó el lavado y secado de un vehículo con los materiales mencionados anteriormente y siguiendo los procesos estandarizados de las secciones 7.3 y 7.4. Por lo tanto, se concluyó que en lavar un vehículo, tomará un tiempo de 10 a 15 minutos. De la misma manera, para secar un vehículo, tomará un tiempo de 15 a 20 minutos. Estos tiempos se ingresarán en la simulación con el objetivo de observar qué resultados se obtiene dentro de los 5 escenarios antes mencionados.

Tabla 8-4: Tabla resumen de porcentajes de la propuesta #1 en los 5 escenarios

Escenarios	Promedio de ingreso de vehículos	Promedio Min. de Ingreso de vehículos	Promedio Max. de Ingreso de vehículos	Vehículos atendidos	Promedio Min. de Vehículos atendidos	Promedio Max. de Vehículos atendidos	Porcentaje de vehículos atendidos
1	50,57	38	60	27,56	22	32	54%
2	37	37	37	27,68	22	33	75%
3	31,38	24	37	27,12	23	32	86%
4	49,25	41	55	31,31	23	36	63%
5	51,5	46	58	35,43	30	42	69%

(Elaboración propia)

La Tabla 8-4 muestra los cinco distintos escenarios mencionados al inicio del capítulo, considerando para la propuesta 1 que se refiere a implementar el Sistema PEPS y estandarizar los procesos de lavado y secado.

A continuación se analizará el porcentaje de vehículos atendidos para cada escenario.

- En el escenario 1, se tiene que el porcentaje de vehículos atendidos es del 54%, esto sucede al estandarizar los procesos.
- En el escenario 2, se observa que el porcentaje de vehículos atendidos aumentó a 75%, la razón de esto, es que el ingreso se limitó a un máximo de 37 vehículos y se siguió atendiendo la misma cantidad que en el escenario 1.
- En el escenario 3, se tiene un porcentaje de vehículos atendidos del 86%. Este porcentaje se debe a que se limitó la recepción de vehículos hasta las 11:30 am provocando que ingresen menos vehículos que en el escenario 1 y 2. Es decir, que ingresan menos vehículos, se sigue atendiendo a la misma cantidad, por lo tanto el porcentaje se incrementa.

- El escenario 4 tuvo un porcentaje de vehículos atendidos del 63%. Este porcentaje es mayor al del escenario 1, por lo que se concluye que a pesar de que en promedio ingresaron la misma cantidad de vehículos, el porcentaje de atención a estos sigue siendo bajo. Adicionalmente, cabe mencionar que el porcentaje se incremento ya que se incluyó un Técnico adicional.
- Para el escenario 5, se evidencia un porcentaje es del 69%. Esto se debe al mismo motivo explicado en el escenario 4, la diferencia radica en que se incluyeron dos Técnicos en lugar de uno.

Tabla 8-5: Tabla resumen de tiempos de la propuesta #1 en los 5 escenarios

Escenarios	Tiempo promedio en el área de lavado (horas)	Tiempo promedio en el área de lavado (min)
1	0,44	26
2	0,58	35
3	0,28	17
4	0,44	26
5	0,47	28

(Elaboración propia)

En la tabla 8-5, se puede observar el tiempo promedio que permanecieron los vehículos en el Área de Lavado para la propuesta 1. El tiempo promedio de lavado es similar en los escenarios 1, 4 y 5, encontrándose alrededor de los 26 minutos. Esto sucede porque ingresa una gran cantidad de vehículos al concesionario, provocando que los Técnicos sean el principal cuello de botella en el proceso. El escenario 3 tiene un tiempo promedio de 17 minutos, siendo éste el menor tiempo de todos los escenarios ya que el ingreso de vehículos solamente fluctúa entre 24 y 37. Esto ocasiona que tanto el trabajo de los Técnicos como el Área de Lavado, trabajen de una manera eficiente y no exista un cuello de botella significativo dentro del proceso, es decir existe un equilibrio en el proceso. Por último, en el escenario 2, el tiempo promedio es de 35 minutos, siendo éste el mayor de todos. Esto se debe a que el principal cuello de botella pasó a ser el Área de Lavado en lugar que el de los Técnicos. Al limitar el ingreso a 37 vehículos, representa una cifra que no ocasiona una congestión importante en el trabajo de los Técnicos. Por esta razón, el Área de Lavado recibe una cantidad de vehículos superior que en todos los otros escenarios y así convirtiéndose en el principal cuello de botella del proceso. Es importante recordar que el escenario 2 servirá únicamente como referencia y no se lo considerará como una opción de implementación como se mencionó anteriormente.

8.3. Análisis de la Propuesta #2 para el Mantenimiento Preventivo de PROAUTO C.A. dentro de los Cinco Escenarios

Para la propuesta #2, se estandarizará el proceso como se indicó en la sección 7.3 utilizando nueva maquinaria Karcher. Del mismo modo, se estandarizará el proceso de secado como se indicó en la sección 7.4 utilizando también maquinaria Karcher. En el proceso de lavado, se tendrá como único equipo:

Hidrolavadora de alta presión agua fría - Eléctrica HD 9/18



Especificaciones Galería imágenes Opine sobre este producto

Hidrolavadora de alta presión agua fría - Eléctrica HD 9/18

- Potencia de conexión: 6.8 KW, 9 HP
- RPM del motor: 3600
- Conexiones eléctricas: 220 V, Trifásico, 60 Hz.
- Consumo corriente, Amperios: 20
- Caudal de agua: Litros/min.: 7.5- 14.5
- Presión de operación: PSI: 2800
- Peso del equipo, Kg.: 43
- Dimensiones (LxAxH), cm: 41.5 x 38 x 96
- Pistola y lanza: 1.05 Metros de largo
- Tanque de detergente: 1 tanque de 2.5
- Accesorios:
 - Boquilla triple: Chorro de agua a 0° y dos posiciones para chorro en abanico de 25° y 40°.
 - Para la entrada de agua: 10 metros de manguera y filtro para retención de sedimentos de 60 micras.
 - Para la salida de agua: 10 metros de manguera de alta presión
 - Agua de entrada: La temperatura máxima del agua de entrada a la máquina es de 60 C.

Figura 8-1: Hidrolavadora Karcher de alta presión agua fría - Eléctrica HD 9/18

En la figura 8-11, se observa la hidrolavadora la cual es parte de la propuesta #2. Esta hidrolavadora se la puede conseguir en "Gutiérrez Navas su Ferretería" ubicada Avenida Versalles N21-183 y San Gregorio Esquina, Quito - Ecuador. Al acudir a dicha

ferretería, se preguntó a los asesores comerciales, cuál de todos sus productos es el más adecuado para el caso de estudio. Los asesores indicaron que la mejor alternativa era la hidrolavadora de alta presión agua fría HD 9/18 con la cual se conseguiría un tiempo aproximado de 7 minutos en lavar un vehículo. El costo de cada una de estas lavadoras es de \$2300, pero para el sistema propuesto de PEPS se necesitarán 2 de las mismas.

Para el área de secado, se tendrán como materiales:

- 2 paños absorbentes
- 4 "toallas"
- 2 Aspiradoras Industriales seco- húmedo NT 68/2 ECO

Doble turbina

Dos turbinas de aspiración con circuito de derivación (by-pass) exentas de mantenimiento. Filtro plegado palon Eco. Sistema de desconexión automática al alcanzar el nivel máximo de llenado. Manguera de evacuación, filtro con sistema de limpieza incorporado PFC.



NT 65/2 ECO

MODELO	CAPACIDAD DE DEPÓSITO (l)	MÁX. POTENCIA ABSORBIDA (W)	CAUDAL DE AIRE (l/seg)	PESO (kg)	PRESIÓN DE VACÍO (Mbares)	MEDIDAS (long. x anch. x alt. en mm)	No.DE PEDIDO
NT 65/2 ECO	65	2750	2x56	19	235	600x480x920	1.325-141

Figura 8-2: Aspiradora Industrial seco- húmedo Karcher NT 68/2 ECO

En la figura 8-12, se observa la aspiradora la cual es parte de la propuesta #2. Esta aspiradora se la puede conseguir en el mismo local de la hidrolavadora. Los asesores sugirieron que la mejor alternativa era la aspiradora industrial seco-húmedo NT 68/2 ECO que ayudaría a conseguir un tiempo aproximado de 5 minutos en aspirar el vehículo. A este tiempo hay que aumentarle el tiempo necesario para secar el vehículo por fuera el cual sería aproximadamente 5 minutos adicionales dando como resultado 10 minutos en área de secado. El costo de cada una de estas aspiradoras es de \$1106, pero para el sistema propuesto de PEPS se necesitarán 2 de las mismas.

Tabla 8-6: Tabla resumen de porcentajes de la propuesta #2 en los 5 escenarios

Escenarios	Promedio de ingreso de vehículos	Promedio Min. de Ingreso de vehículos	Promedio Max. de Ingreso de vehículos	Vehículos atendidos	Promedio Min. de Vehículos atendidos	Promedio Max. de Vehículos atendidos	Porcentaje de vehículos atendidos
1	52,38	42	60	31,18	24	40	60%
2	37	37	37	30,5	23	36	82%
3	32,63	25	45	28,94	24	35	89%
4	49,75	41	60	34,68	30	42	70%
5	51,5	45	59	38,31	33	43	74%

(Elaboración propia)

La Tabla 8-6 se indican los cinco distintos escenarios mencionados a lo largo del capítulo, considerando para la propuesta 2 que se refiere a implementar el Sistema PEPS, estandarizar los procesos de lavado y secado y a la utilización de la lavadora y aspiradora Karcher.

A continuación se analizará el porcentaje de vehículos atendidos para cada escenario.

- En el escenario 1, el porcentaje promedio de vehículos atendidos es del 60%, esto es lo que ocurre al estandarizar los procesos y usar las máquinas Karcher.
- En el escenario 2, se muestra que el porcentaje de vehículos atendidos se incrementó a 82%, esto se debe a la misma razón especificada en la propuesta 1 y en el proceso actual.
- El escenario 3 presenta el 89% de vehículos atendidos. El porcentaje es el mayor así como ocurrió en la anterior propuesta analizada.
- En el escenario 4, el porcentaje de vehículos atendidos fue del 70%. Este porcentaje es ligeramente superior al del escenario 1, por la misma razón de la propuesta anterior.
- En el escenario 5, el porcentaje es del 74%. Esto se debe a que se incluyeron dos Técnicos adicionales.

Tabla 8-7: Tabla resumen de tiempos de la propuesta #2 en los 5 escenarios

Escenarios	Tiempo promedio en el área de lavado (horas)	Tiempo promedio en el área de lavado (min)
1	0,23	14
2	0,28	17
3	0,15	9
4	0,22	13
5	0,23	14

(Elaboración propia)

En la tabla 8-7, se observa el tiempo promedio que permanecieron los vehículos en el Área de Lavado para la propuesta 2. En los escenarios 1, 4 y 5, el tiempo promedio de lavado es similar y se encuentra alrededor de los 14 minutos. Esto sucede por el mismo motivo presentado en la propuesta anterior. El escenario 3 tiene un tiempo promedio de 9 minutos, siendo éste el menor tiempo de todos los escenarios ya que el ingreso de vehículos solamente fluctúa entre 25 y 45. Además, al igual que en la propuesta anterior no existen cuellos de botella significativos. Finalmente, en el escenario 2, el tiempo promedio es el mayor de todos siendo éste de 17 minutos. Esto se debe a que el principal cuello de botella pasó a ser el Área de Lavado en lugar que el de los Técnicos. La razón de esto, es la misma mencionada en la propuesta anterior. Es importante recordar que el escenario 2 servirá únicamente como referencia y no se lo considerará como una opción de implementación como se mencionó anteriormente.

8.4. Análisis de la Propuesta #3 para el Mantenimiento Preventivo de PROAUTO C.A. dentro de los Cinco Escenarios

Para la propuesta #3, se colocará un túnel de lavado Karcher. Del mismo modo, se estandarizará el proceso de secado como se indicó en la sección 7.4 utilizando también maquinaria Karcher. En el proceso de lavado, se tendrá como único equipo:



Figura 8-3: Puente para lavado profesional Karcher CB 1/23 Basic

En la figura 8-13, se observa el túnel de lavado el cual es parte de la propuesta #3. Este túnel se la puede conseguir en la misma ferretería mencionada en la propuesta 2. Al acudir a dicha ferretería, se preguntó a los asesores comerciales, cuál de todos sus productos es el más adecuado para el caso de estudio. Estos supieron indicar que la mejor alternativa es el túnel CB 1/23 Basic con el cual se conseguiría un tiempo aproximado de 2 minutos en lavar un vehículo. El costo del túnel no se consiguió en la ferretería ya que se debería hacer un pedido especial a Alemania para importar el mismo.

Para el área de secado, se tendrán como materiales:

- 2 paños absorbentes
- 4 "toallas"
- 2 Aspiradoras Industriales seco- húmedo NT 68/2 ECO

Doble turbina

Dos turbinas de aspiración con circuito de derivación (by-pass) exentas de mantenimiento. Filtro plegado palon Eco. Sistema de desconexión automática al alcanzar el nivel máximo de llenado. Manguera de evacuación, filtro con sistema de limpieza incorporado PFC.



NT 65/2 ECO

MODELO	CAPACIDAD DE DEPÓSITO (l)	MÁX. POTENCIA ABSORBIDA (W)	CAUDAL DE AIRE (l/seg)	PESO (kg)	PRESIÓN DE VACÍO (Mbares)	MEDIDAS (long. x anch. x alt. en mm)	No.DE PEDIDO
NT 65/2 ECO	65	2750	2x56	19	235	600x480x920	1.325-141

Figura 8-4: Aspiradora Industrial seco- húmedo Karcher NT 68/2 ECO

En la figura 8-14, se observa la aspiradora la cual es parte de la propuesta #3. La aspiradora industrial seco-húmedo NT 68/2 ECO es la misma presentada en la propuesta 2.

Tabla 8-8: Tabla resumen de porcentajes de la propuesta #3 en los 5 escenarios

Escenarios	Promedio de ingreso de vehículos	Promedio Min. de Ingreso de vehículos	Promedio Max. de Ingreso de vehículos	Vehículos atendidos	Promedio Min. de Vehículos atendidos	Promedio Max. de Vehículos atendidos	Porcentaje de vehículos atendidos
1	49,31	40	56	29,62	23	36	60%
2	37	37	37	29,62	21	36	80%
3	30,19	22	36	27,43	22	33	91%
4	49,63	40	60	34,75	30	39	70%
5	51,56	45	60	37	27	44	72%

(Elaboración propia)

La Tabla 8-8 muestra los cinco distintos escenarios mencionados al inicio del capítulo, considerando para la propuesta 3 que se refiere a implementar el Sistema PEPS, estandarizar el proceso de secado y a la utilización del túnel y aspiradora Karcher. El análisis del porcentaje de vehículos atendidos es el mismo realizado en las propuestas 1 y 2.

Tabla 8-9: Tabla resumen de tiempos de la propuesta #3 en los 5 escenarios

Escenarios	Tiempo promedio en el área de lavado (horas)	Tiempo promedio en el área de lavado (min)
1	0,15	9
2	0,20	12
3	0,10	6
4	0,16	10
5	0,16	10

(Elaboración propia)

En la tabla 8-9, se observa el tiempo promedio que permanecieron los vehículos en el Área de Lavado para la propuesta 3. Los análisis para los distintos escenarios son los mismo para los efectuados para las propuestas 1 y 2.

Tabla 8-10: Tabla resumen de todas las propuestas para comparar con el proceso actual en los 5 escenarios

Tabla resumen del Proceso Actual				
Escenarios	Ingreso de vehículos	Vehículos atendidos	Porcentaje de vehículos de vehículos atendidos	Tiempo promedio en el área de lavado (horas)
1	50,9	25,5	50%	0,8752
2	37	25,25	68%	1,1737
3	32,5	25,56	79%	0,5725
4	51,19	27,48	54%	0,8885
5	51	28,37	56%	0,8994

Tabla resumen para Propuesta #2				
Escenarios	Ingreso de vehículos	Vehículos atendidos	Porcentaje de vehículos atendidos	Tiempo promedio en el área de lavado (horas)
1	52,38	31,18	60%	0,2303
2	37	30,5	82%	0,2833
3	32,63	28,94	89%	0,1463
4	49,57	34,68	70%	0,2198
5	51,5	38,31	74%	0,2334

Tabla resumen para Propuesta #1				
Escenarios	Ingreso de vehículos	Vehículos atendidos	Porcentaje de vehículos de vehículos atendidos	Tiempo promedio en el área de lavado (horas)
1	50,57	27,56	54%	0,4427
2	37	27,68	75%	0,5833
3	31,38	27,12	86%	0,2842
4	49,25	31,31	63%	0,4382
5	51,5	35,43	69%	0,4745

Tabla resumen para Propuesta #3				
Escenarios	Ingreso de vehículos	Vehículos atendidos	Porcentaje de vehículos atendidos	Tiempo promedio en el área de lavado (horas)
1	49,31	29,62	60%	0,1487
2	37	29,62	80%	0,2
3	30,19	27,43	91%	0,096
4	49,63	34,75	70%	0,1556
5	51,56	37	72%	0,165

(Elaboración propia)

8.5. Análisis de la Mejor Propuesta

La manera en que se analizará la mejor propuesta, es observando la medida de desempeño que es de interés del proyecto. En la tabla 8-10 se observa ésta medida de desempeño, la cual es el porcentaje de vehículos atendidos. El objetivo de PROAUTO C.A., es recibir la mayor cantidad de vehículos pero a la vez atender a la mayoría de ellos en el mismo día de ingreso.

En cada una de las tablas resumen que se presentan en la tabla 8-10, se aprecia el promedio de ingreso de vehículos en cada tipo de escenario luego de 16 réplicas de la simulación. De igual manera, se presenta el promedio de los vehículos atendidos y el tiempo promedio que éstos permanecieron en la lavadora en unidad de horas. Finalmente, el porcentaje se obtiene entre el promedio de los vehículos atendidos y el promedio de los vehículos que ingresaron al taller. Este porcentaje nos indica cuántos vehículos que ingresaron al taller fueron atendidos el mismo día. Todos estos análisis se basaron en el comportamiento del concesionario en los días lunes representados por la simulación en Arena.

La información presentada en la tabla 8-10, es un resumen que tiene como objetivo el observar el comportamiento del concesionario con los distintos escenarios y propuestas. Con esta información, la empresa tendrá la capacidad de decidir cuál es la propuesta que más les conviene considerando la inversión de cada una de ellas o simplemente quedarse con el proceso actual. Sin embargo, el objetivo del proyecto es recomendar a la empresa cuál es la propuesta que más les conviene.

Al analizar detenidamente cada una de las tablas resumen dentro de la tabla 8-10, en la propuesta #1, se observa que la cantidad de vehículos atendidos supera en los cinco escenarios al proceso actual. De igual manera, los porcentajes de la propuesta #1 son mayores a los del proceso actual en los cinco escenarios. Con estos resultados, se puede descartar la opción de quedarse con el proceso actual. Continuando con el análisis, se aprecia que la propuesta #2 supera en cantidad de vehículos atendidos y en los porcentajes a la propuesta #1 dentro de todos los escenarios. De esta manera, también se puede descartar la propuesta #1 como mejor

opción. Finalmente, se analiza la propuesta #3 con las anteriores. Al tener descartada la propuesta #1 y el proceso actual, se debe comparar sólo entre la propuesta #3 y la propuesta #2. Es importante observar cuál es el comportamiento del concesionario al realizar esta comparación. Al comparar el número de vehículos atendidos entre estas propuestas, se observa que son relativamente iguales e incluso la propuesta #2 supera a la propuesta #3. De igual manera, los porcentajes de estas propuestas son bastante similares. Todo esto nos indica que la lavadora dejó de ser un cuello de botella dentro del proceso de mantenimiento preventivo. Esto se da ya que a pesar que el tiempo de lavado y secado disminuyó desde aproximadamente 17 minutos a tan solo 12 minutos, no se pudo obtener una mayor cantidad de vehículos atendidos. Esto nos indica que para poder obtener mayor cantidad de vehículos, se debe optimizar el siguiente cuello de botella del proceso el cual es el mantenimiento que realizan los técnicos. Por lo tanto, la inversión que se debería hacer para la propuesta #3, no se justifica ya que se obtendrán los mismos resultados que la propuesta #2, que necesita menor inversión de dinero. Es importante tomar en consideración, que una vez optimizados los procesos de mantenimiento de los técnicos, se podrá considerar la propuesta #3. Luego de todo este análisis, se concluye que la mejor opción para la empresa es la propuesta #2.

Una vez que se concluyó que la propuesta #2 es la más conveniente, se debe analizar cuál de los distintos escenarios se debe elegir. Para poder realizar esta decisión, es importante recalcar que uno de los principales objetivos del proyecto es poder optimizar el proceso evitando contratar técnicos adicionales de las otras sucursales en los días lunes. Esto se debe a que uno de los principales retos de la Ingeniería Industrial, es el poder optimizar los procesos con los recursos que se tiene. Sin embargo, se consideró dentro de los escenarios el contratar técnicos adicionales para observar el comportamiento del concesionario mas no para considerarlos como mejor opción. Por lo tanto, quedan descartados los escenarios 4 y 5. Continuando con el análisis, se debe elegir entre los escenarios 1, 2 y 3. Se observa que en los escenarios 1 y 2, se atienden a más vehículos que en el escenario 3. Sin embargo, los porcentajes de atención son menores que el porcentaje del escenario 3. Es aquí cuando se debe recordar que la empresa tiene básicamente 2 objetivos: recibir la mayor cantidad de vehículos pero atender a la mayoría de ellos. Si bien en los escenarios 1 y 2 se atienden a más vehículos, mucho de los vehículos que ingresaran no saldrán el mismo día. Por lo tanto, el mejor escenario dentro de la propuesta #2, es el escenario 3 ya que a pesar que no se atiende a tantos

vehículos como en el 1 y 2, el porcentaje de atención es mayor. De esta manera, se recomienda a la empresa elegir la propuesta #2 con el escenario 3.

Al elegir la propuesta #2 y el escenario 3, es importante analizar las consecuencias positivas como las negativas para la empresa. La parte positiva es que se aumentó el porcentaje de atención de un 50% a un 89%. De esta manera, PROAUTO C.A. obtendrá clientes satisfechos que posiblemente recomendarán a sus conocidos, lo cual beneficiaría a la empresa con una mayor cantidad de clientes. En cuestión de cantidad de vehículos atendidos diariamente, con la propuesta sugerida, se amentará de un promedio de 25.5 a un promedio de 29 vehículos en los días lunes. Esto indica que se ha optimizado el proceso de mantenimiento preventivo, sin embargo, el beneficio económico es difícil de cuantificar ya que actualmente a los vehículos que no se atendieron el día que ingresaron, se los atiende al siguiente día. El problema de esto, es que al entregar el vehículo al siguiente día, afecta a la satisfacción de los clientes. En cuanto a la parte negativa, el limitar el ingreso hasta las 11:30 am, podría causar una insatisfacción de los clientes que llegan después de esta hora. Al no ser recibidos en PROAUTO C.A., existe el riesgo que el cliente acuda a la competencia.

Luego de analizar las consecuencias positivas como negativas, se recomienda a PROAUTO C.A. una solución para que no afecte la satisfacción de los clientes si estos llegan al concesionario pasada las 11:30 am. Lo que se recomienda es de cierta manera unificar el escenario 2 y el escenario 3. Esto quiere decir, que a los clientes que los días lunes lleguen pasadas las 11:30 am, se les ofrezca reservar una cita para los días Jueves o Viernes con una promoción del 10% en su mantenimiento. Con esta propuesta, se quiere alcanzar dos objetivos: el primero es no perder los clientes que llegaron al concesionario pasadas las 11:30 am; y el segundo objetivo es distribuir la carga de trabajo a lo largo de la semana. El primer objetivo es bastante claro ya que se asume que con la promoción, el cliente tendrá un estímulo para asistir al concesionario de PROAUTO C.A. en los días de menor carga de trabajo. De esta manera, también se alcanzará el segundo objetivo el cual es distribuir la carga de trabajo durante la semana y así poder cumplir con un mayor porcentaje de atención de vehículos a lo largo de la misma. Finalmente, al agendar las citas, el concesionario puede prepararse,

programar recursos, materiales y bahías de trabajo dentro del concesionario y de esta manera agilizar el flujo del mantenimiento preventivo.

Al definir cual propuesta es la mejor y su escenario respectivo, se analizará con mayor detalle los beneficios entre el proceso actual y el propuesto en las siguientes tablas:

Actual:

	Promedio	Promedio Min.	Promedio Max.
Total vehículos atendidos	25.50	16	31
Vehículos ingresados	50.90	40	60

Propuesta:

	Promedio	Promedio Min.	Promedio Max.
Total vehículos atendidos	28.94	24	35
Vehículos ingresados	32.63	25	45

(Elaboración propia)

Tabla 8-11: Comparación entre el proceso actual con la propuesta #2 en relación a cantidad de vehículos atendidos

En la tabla 8-11, se puede comparar entre los vehículos atendidos en el proceso actual con la propuesta seleccionada. Se concluye que en promedio, se atiende a 4 vehículos más con la propuesta. Adicionalmente, la atención de vehículos aumentó de un rango inicial de 16 - 31 vehículos, a un rango de 24 - 35 vehículos. Es también evidente que la variabilidad del proceso disminuyó ya que el rango de vehículos atendidos es menor que lo actual.

En el caso que PROAUTO C.A. desee implementar el proyecto, la capacidad del taller sería suficiente para el resto de días de la semana. Esto se da ya que el ingreso de vehículos es menor a comparación de los días lunes el cual fue utilizado para el análisis.

Actual:

Tiempo	Promedio (horas)	Mínimo (horas)	Máximo (horas)
<i>AV</i>	1.51	1.18	1.92
<i>NVA</i>	0.09	0.05	0.12
<i>Tiempo de Espera</i>	0.93	0.39	1.66
<i>Tiempo en Lavadora</i>	0.87	0.54	1.17
<i>Tiempo Total</i>	3.42	2.26	4.83

Propuesto:

Tiempo	Promedio (horas)	Mínimo (horas)	Máximo (horas)
<i>AV</i>	1.03	0.86	1.25
<i>NVA</i>	0.06	0.05	0.09
<i>Tiempo de Espera</i>	0.68	0.34	1.30
<i>Tiempo en Lavadora</i>	0.15	0.11	0.20
<i>Tiempo Total</i>	1.92	1.46	2.84

(Elaboración propia)

Tabla 8-12: Comparación entre el proceso actual con la propuesta #2 en relación al tiempo en el área de lavado y al tiempo total que permanece un vehículo en PROAUTO C.A.

En la Tabla 8-12, se puede observar cómo la propuesta sugerida ayudaría significativamente a reducir los tiempos. En primer lugar, se tiene una reducción de 0.87 horas a 0.15 horas en la zona de lavado. Por otro lado, se tiene una reducción de 3.43 horas a 1.92 horas en el tiempo total que un vehículo permanece en el proceso de mantenimiento preventivo.

8.6. Comentarios Adicionales Sobre la Capacidad del Proceso

A la empresa PROAUTO C.A. le podría interesar qué pasaría con la propuesta en un futuro cuando la demanda posiblemente incremente. Al analizar el comportamiento del concesionario por medio de la simulación, se concluye que la capacidad máxima de atender vehículos en un mismo día es de 30 vehículos en promedio. Al analizar la tabla 8-10, se observa que la lavadora es una actividad crítica dentro del proceso hasta la propuesta #2; para la propuesta #3 la lavadora deja de ser una actividad crítica. En estas 2 propuestas, se observa que el promedio de vehículos atendidos se mantiene relativamente igual. Todo este análisis, sugiere que la lavadora ha llegado a su capacidad máxima y que si se desea obtener más vehículos se debe optimizar los procesos de mantenimiento de los técnicos. Mientras no se optimice dichos procesos, el mayor número de vehículos que PROAUTO C.A. podrá atender en un día es en promedio 30 vehículos. Por lo tanto, al aumentar la demanda en un futuro, se atenderá de igual manera a 30 vehículos en promedio, pero el porcentaje de atención disminuirá ya que se tendrá un mayor ingreso de vehículos.

Los escenarios 4 y 5, tienen como objetivo el analizar qué pasaría con el concesionario si existen más técnicos dentro del mismo. Este análisis se lo realizó de esta manera ya que no se profundizó en la manera de optimizar los procesos de los técnicos. Lo ideal es optimizar estos procesos y observar el comportamiento de concesionario. Se asumió que los técnicos adicionales en los escenarios 4 y 5, realizan las actividades de la misma manera que el resto de técnicos. En la propuesta #2, se observa que con un técnico, se obtiene un promedio de 34 vehículos atendidos. De la misma manera, al aumentar dos técnicos, se obtiene un promedio de 38 vehículos atendidos. Esto nos indica que al optimizar los procesos de los técnicos o al contratar más técnicos, se podría obtener una mayor cantidad de vehículos atendidos. Se sugiere a PROAUTO C.A., primero optimizar los procesos de los técnicos antes de contratar nuevos técnicos.

Al conversar con el Jefe de Taller, el señor Rubén Arévalo, comentó que un técnico debería realizar el mantenimiento a 6 vehículos en promedio por día. Actualmente, los técnicos realizan aproximadamente el mantenimiento de 4 vehículos en promedio diariamente.

Esto quiere decir, que en la actualidad al tener 7 técnicos dentro del mantenimiento preventivo, se obtendría aproximadamente 28 vehículos diarios. Al comparar este dato con los obtenidos en la simulación, se observa que tienen una cierta relación ya que en la simulación se obtuvo un promedio de 25. Cabe recalcar, que el Jefe de Taller realizó el análisis a groso modo sin basarse en un análisis estadístico. Por lo tanto, si en realidad se puede obtener 6 vehículos por técnico optimizando los procesos, esto quería decir que en un día con 7 técnicos se realizaría el mantenimiento a 42 vehículos. Con esta información y con los resultados obtenidos en la propuesta #2 escenario 5, se puede concluir que al mejorar los procesos de los técnicos se podría obtener hasta 38 vehículos atendidos en un mismo día. Esta comparación se la realiza ya que se asume que el tener 2 técnicos adicionales como en el escenario 5, equivale a optimizar los procesos de los técnicos actuales.

9. Capítulo VI: Análisis Costo-Beneficio para la Propuesta en el Área de Lavado del Taller Matriz de PROAUTO C.A.

9.1. Costos

En la propuesta #2, se debe incurrir en ciertos costos para poder cumplir con el objetivo de la propuesta. Dentro de estos costos, se encuentra:

- 2 paños absorbentes
- 4 toallas para vehículos
- 2 hidrolavadoras
- 2 aspiradoras industriales
- Eliminación de paredes
- Creación de paredes
- Cubrimiento de fosas
- Creación de una fosa

En el caso de los costos relacionados con la eliminación y creación de paredes, así como, el cubrimiento de las fosas y la creación de una nueva, se consultó a un experto en el tema. Para esto, se tuvo una entrevista con el Ingeniero Civil Fausto Mera, con alrededor de 30 años de experiencia en la construcción de viviendas. Por cada metro lineal de eliminación de paredes de una altura de 4 metros, el costo es de \$5. En cuanto al costo por metro lineal de la creación de paredes con una altura de 4 metros y material de bloque, el costo es de \$60. Con respecto a al cubrimiento de de las fosas, el costo respectivo por metro cuadrado es de \$40. Finalmente, el costo de la creación de una fosa es de \$120 por metro cúbico. (Mera)

Con toda esta información, se puede calcular el costo aproximado de la propuesta #2 de la siguiente manera:

Tabla 9-1: Costos relacionados con la Propuesta #2

Materiales y Adecuaciones	Costos	Unidades o Metros	Total (\$)
Paños absorbentes	\$ 15 por unidad	2 unidades	30
Toallas para vehículos	\$ 10 por unidad	4 unidades	40
Hidrolavadora de alta presión agua fría HD 9/18	\$ 2300 por unidad	2 unidades	4600
Aspiradora industrial seco-húmedo NT 68/2 ECO	\$ 1106 por unidad	2 unidades	2212
Eliminación de pared de nueva zona de lavado	\$ 5 / por metro lineal	7 metros	35
Eliminación de pared de nueva zona de secado	\$ 5 / por metro lineal	4 metros	20
Eliminación de pared cerca de fosa nueva	\$ 5 / por metro lineal	4.40 metros	22
Creación de pared en zona de máquinas	\$ 60 / por metro lineal	3.50 metros	210
Creación de pared #1 de bodega Área de lavado	\$ 60 / por metro lineal	4.40 metros	264
Creación de pared #2 de bodega de Área de lavado	\$ 60 / por metro lineal	4.50 metros	270
Creación de pared #1 de nueva bodega de garantías	\$ 60 / por metro lineal	3.50 metros	210
Creación de pared #2 de nueva bodega de garantías	\$ 60 / por metro lineal	4.20 metros	252
Cubrimiento de fosas	\$ 40 /por metro cuadrado	12.60 metros	504
Creación de fosa	\$ 120 /por metro cúbico	9.45 metros	1134
Costo Total:			9803

(Elaboración propia)

9.2. Beneficios

El principal beneficio que PROAUTO C.A. recibirá luego de la implementación de la propuesta #2, es un incremento en la satisfacción de sus clientes. Una vez que la satisfacción de los clientes aumente, los ingresos para la empresa serán mayores ya que obtendrán una mayor retención de clientes, así como, nuevos clientes referidos. El reto en este punto, es saber cómo cuantificar en qué porcentaje incrementará la satisfacción de los clientes y a cuánto ascenderá el ingreso para la empresa resultado de esta satisfacción. La mejor manera de medir la satisfacción de los clientes, es por medio de encuestas. Sin embargo, para poder realizar las encuestas, se debe implementar la propuesta el cual está fuera del alcance de la tesis. Por lo tanto, para poder realizar este análisis, se analizará la retención de los clientes actuales y compararlos con la retención de clientes que la empresa tendrá luego de la implementación de la propuesta. La razón de esto, es que al momento que incrementa la retención de clientes, significa que la satisfacción de los mismos aumentará. Al no implementar la propuesta, nos basaremos en un hecho histórico de la empresa en la cual realizaron una optimización de gran magnitud dentro del proceso de mantenimiento preventivo. El objetivo de todo esto, es analizar cómo aumentó la retención de los clientes por medio de ésta mejora y asumir que el comportamiento de los clientes tendrá similitud con la propuesta del proyecto. En esto punto,

se asumirá que la optimización del proyecto es bastante importante, en donde el cliente aumentará su satisfacción similarmente a la que ocurrió 2 años atrás.

Durante el año 2008, el Gerente de Servicios de PROAUTO C.A., realizó la implementación de de una parte del proceso de mantenimiento preventivo. Esta parte del proceso el cuál fue optimizado, se basó en que existía una falta de estandarización y estructuración en la asignación de técnicos por asesor. El problema recaía en que tomaba mucho tiempo y desorden el hecho de que los asesores busquen a cualquier técnico para realizar los mantenimientos. Todo esto incurría en la insatisfacción de los clientes ya que sus vehículos permanecían en el concesionario algunos días por el desorden dentro del mismo. Por esta razón, el Gerente de Servicios estructuró de mejor manera la asignación de técnicos a los asesores consiguiendo así, un mejor control en los trabajos de los técnicos y que los vehículos sean atendidos en una mayor cantidad el mismo día. Todo esto aumentó la retención de los clientes y de igual manera en los ingresos de empresa.

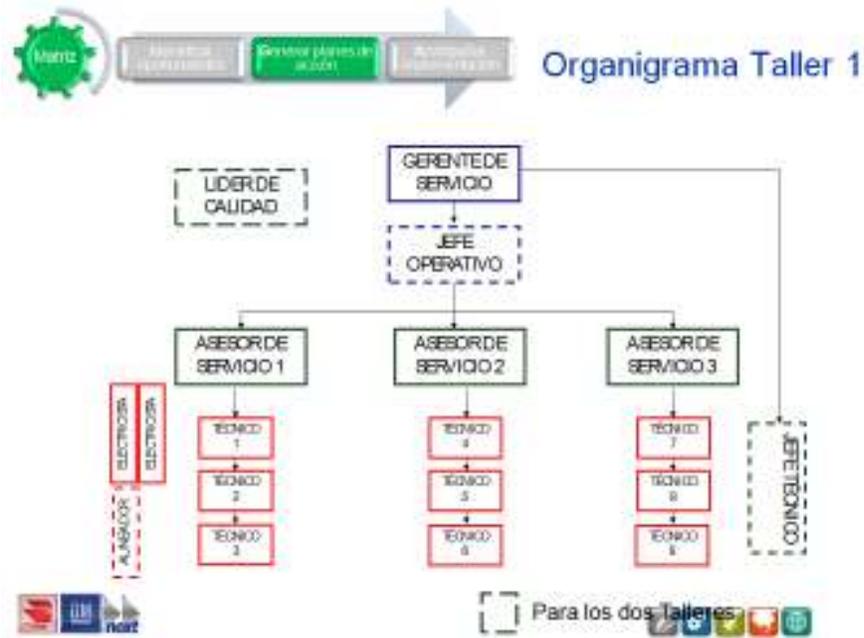


(Elaboración Cristian Sosa)

Figura 9-1: Estructuración entre asesores y técnicos en el año 2007 en la Matriz de PROAUTO C.A.

En la figura 9-1 creada por el Gerente de Servicios, se observa la manera en que estaba estructurada la asignación de técnicos y asesores en el año 2007. Cada uno de los asesores tenía la capacidad de asignar un trabajo de mantenimiento a cualquier técnico. El problema

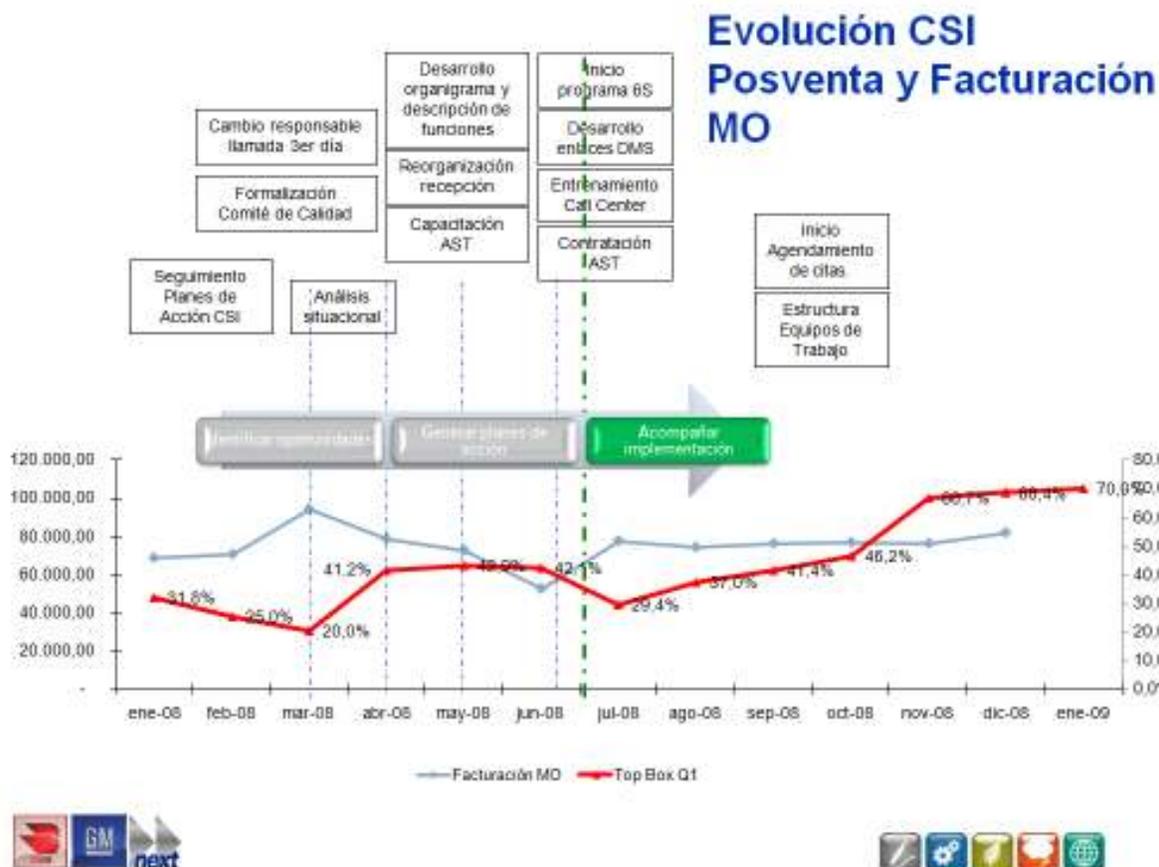
que se encontraba en que todo esto, creaba un caos dentro del concesionario ocasionando que no se entreguen a muchos vehículos en el mismo día a los clientes.



(Elaboración Cristian Sosa)

Figura 9-2: Estructuración entre asesores y técnicos en el año 2008 en la Matriz de PROAUTO C.A.

En la figura 9-2 creada por el Gerente de Servicios, se observa la nueva estructuración en la asignación de técnicos a los asesores en el año 2008. Esta nueva estructuración, ayudó mucho al tiempo dentro del concesionario ya que los asesores conocían cuáles son sus técnicos y de cierta manera organizaban de mejor manera el tiempo dentro del concesionario. El resultado de esto, fue un incremento en la retención de clientes en el año 2008.



(Elaboración Cristian Sosa)

Figura 9-3: Resultados de la implementación durante el año 2008 en la Matriz de PROAUTO C.A.

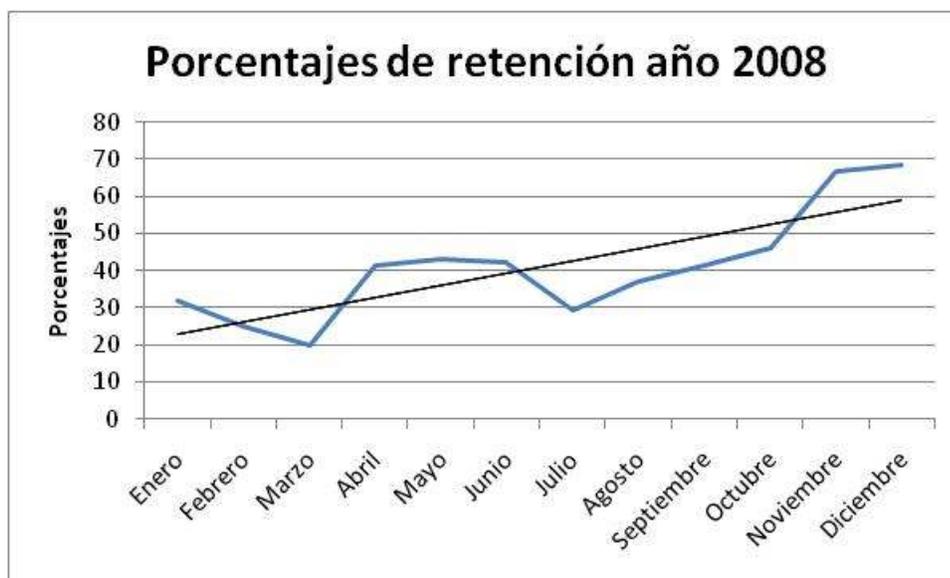
En la figura 9-4 creada por el Gerente de Servicios, se observa los resultados obtenidos luego de la implementación de la nueva estructuración en el año 2008. La línea en color rojo, representa el porcentaje de retención de los clientes. Para medir el porcentaje de retención, la empresa realizó encuestas en las cuales incluían preguntas de la satisfacción. Los porcentajes considerados como retención, son aquellos clientes que calificaron su satisfacción con un valor de 5 dentro de una escala del 1 al 5. Por otro lado, la línea en color celeste, representa la facturación mensual en el año 2008.

Con toda esta información obtenida del contexto histórico de PROAUTO C.A., se calculará la tendencia de crecimiento tanto de la retención como de la facturación. Esta tendencia obtenida, se relacionará con la retención actual y se asumirá que se asemeja. Para poder asumir la semejanza, se conversó con el Gerente de Servicios de PROAUTO C.A. El

gerente nos indicó que el objetivo de los dos proyectos es igual, ya que se desea obtener una mayor cantidad de vehículos en el mismo día con el fin de aumentar la satisfacción del cliente. Adicionalmente, el impacto de los dos proyectos se asemeja en magnitud, ya que son proyectos bastante importantes dentro de la empresa.

Tabla 9-2: Porcentaje de retención de clientes en el año 2008

Mes 2008	Retención (%)
<i>Enero</i>	31,8
<i>Febrero</i>	25
<i>Marzo</i>	20
<i>Abril</i>	41,2
<i>Mayo</i>	42,9
<i>Junio</i>	42,1
<i>Julio</i>	29,4
<i>Agosto</i>	37
<i>Septiembre</i>	41,4
<i>Octubre</i>	46,2
<i>Noviembre</i>	66,7
<i>Diciembre</i>	68,4



(Elaboración propia)

Figura 9-4: Gráfico de tendencia lineal positiva de la retención de clientes en el año 2008

En la figura 9-4, se puede apreciar que la tendencia de la retención de clientes durante el año 2008, es creciente. Esto significa, que a medida que pasan los meses, la retención aumenta a causa de la nueva implementación del proceso. Es evidente, que existen altos y bajos a lo largo del año pero la tendencia general es creciente. Por esta razón, se asumirá que la retención de clientes aumentará durante el año 2011 de manera similar a lo ocurrido en el año 2008. Esto quiere decir, que en Enero del 2008, se obtuvo una retención de 31.8% la cual ascendió hasta una retención de 68.4%. Este incremento es del 115% considerando solamente los meses de Enero y Diciembre, ya que en los meses intermedios el comportamiento es muy variable. La manera para determinar la retención de clientes por parte de General Motors, es por medio de una encuesta en donde los clientes califican en un rango del uno al cinco, siendo cinco el de mayor satisfacción. Aquellos clientes que hayan calificado con un 5, se los considera como clientes de retención debido a su alta satisfacción. Lo que se consigue con esto, es medir el impacto del proyecto recién implementado, y compararlo luego de que ha obtenido cierta estabilidad al final del año. Se acordó con el Gerente de Servicios, que la retención en el 2011 aumentará en un 115% durante un año, similar a lo ocurrido en el 2008.

Tabla 9-3: Retención de clientes durante el año 2011

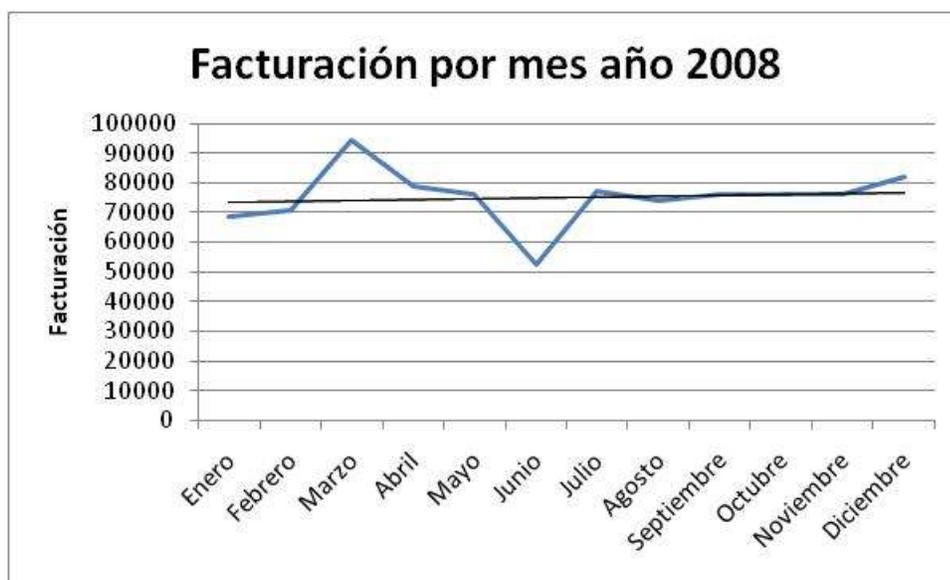
Mes 2011	Retención (%)
<i>Enero</i>	39,88
<i>Febrero</i>	40,35
<i>Marzo</i>	41,64
<i>Abril</i>	42.16

(Elaboración propia)

La manera en la cual se infirió entre el proyecto del 2008 con el del 2011, fue por medio de una reunión con el Gerente de Servicios y sus ideas en base a su experiencia. El análisis de la retención que se obtendrá con la implementación del proyecto, se la analizará con una retención aproximada del 40% ya que es similar a la actual. Esto quería decir que, al implementar el proyecto en Julio del 2011, la retención aumentará en un 115% para Julio del 2012. Por lo tanto, la retención aumentará desde aproximadamente 40% hasta un 86%. Estos valores son calculados a groso modo ya que son una comparación con otro proyecto. La realidad indica que, según el Gerente de Servicios, no se puede predecir cómo se comportará la retención de los clientes y es necesario medirla para observar en realidad lo que sucede.

Tabla 9-4: Facturación por mes en el año 2008

Mes 2008	Facturación (\$)
Enero	68637
Febrero	70703
Marzo	94185
Abril	78764
Mayo	75938
Junio	52526
Julio	77202
Agosto	74216
Septiembre	75992
Octubre	76358
Noviembre	76418
Diciembre	81854



(Elaboración propia)

Figura 9-5: Gráfico de tendencia lineal positiva de la facturación por mes en el año 2008

En la figura 9-5, se observa que la tendencia de la facturación es levemente creciente. Sin embargo, lo importante es que creció con la implementación del proyecto. Esto ocurre, ya que la facturación es medida en base a todos los vehículos que ingresan al concesionario sin considerar si son atendidos el mismo día o no. Por lo tanto, el impacto principal ocurre en la retención de los clientes más no en la facturación. Es importante eliminar los datos atípicos de los meses de Marzo y Junio para observar de mejor manera el comportamiento.

Tabla 9-5: Facturación por mes en el año 2008 sin Marzo y Junio

Mes 2008	Facturación (\$)
Enero	68637
Febrero	70703
Abril	78764
Mayo	75938
Julio	77202
Agosto	74216
Septiembre	75992
Octubre	76358
Noviembre	76418
Diciembre	81854



(Elaboración propia)

Figura 9-6: Gráfico de tendencia lineal positiva de la facturación por mes en el año 2008 sin Marzo y Junio

Por medio de la figura 9-6, se aprecia de mejor manera la tendencia creciente de la facturación sin considerar los puntos atípicos. Como se indicó en la figura 9-5, el incremento no es muy significativo pero existe. Se tiene que en el mes de Enero, se tiene una facturación de \$68,637 y se concluye el año con una facturación de \$81,854. De igual manera, existe altos y bajos a lo largo del año pero en general existió una creciente. Se acordó con el Gerente de Servicios, que la facturación en el 2011 aumentará en un 20% durante un año, similar a lo ocurrido en el 2008.

Tabla 9-6: Facturación por mes en el año 2011

Mes 2011	Facturación (\$)
<i>Enero</i>	57634
<i>Febrero</i>	55440
<i>Marzo</i>	61362

(Elaboración propia)

La información de facturación que se obtuvo en el año 2011, es de los 3 primeros meses de año. Con esta información, se calculará el promedio estos meses para asumir una facturación inicial. El promedio de dichos meses es de aproximadamente \$58,145 el cual se asumirá que será la facturación de Julio del 2011. Con esta facturación, para Julio del 2012 se obtendrá un incremento del 20% como lo ocurrido en el año 2008. Por lo tanto, el valor esperado de la facturación para dicho mes, será de aproximadamente \$69774. En caso de no implementar el proyecto, se asumirá que la facturación se mantendrá en un promedio cercano a \$60,000 ya que el Gerente de Servicios indicó que la facturación normalmente no varía mucho.

Luego de todo este análisis, se asumirá que el principal impacto del proyecto recaerá en la satisfacción del cliente más no en la facturación. Se obtendrá un incremento en la retención de un 40%, a una retención aproximada de 86% dentro de un año. De la misma manera, la facturación se incrementará desde \$58,145 a \$69774 en el mismo periodo de tiempo.

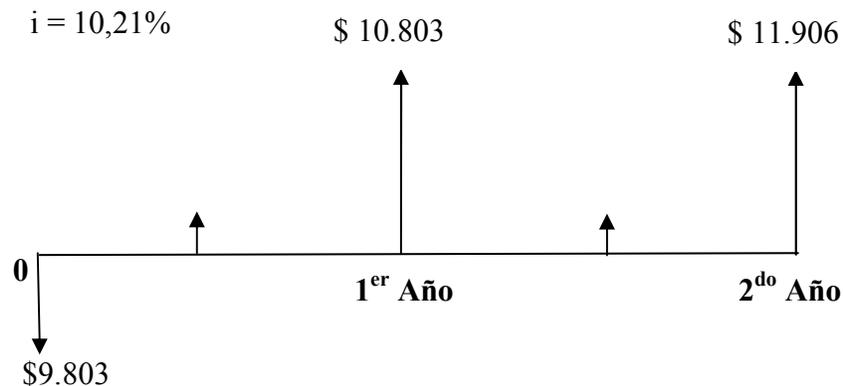
La gerencia de PROAUTO C.A., estaría interesada en conocer en cuanto tiempo se recuperará la inversión de la propuesta #2. Para realizar este análisis, se debe considerar los costos involucrados en la propuesta, los cuales suman un total de \$9803. Una vez conocidos los costos, se debe calcular el periodo de tiempo en el cual se recuperarán los mismos. Para esto, se asumirá que si no se implementa el proyecto, la facturación se mantendrá en un promedio aproximado de \$60,000. Sin embargo, al implementar el proyecto, se obtendrá un 20% de aumento en la facturación el cual resulta en aproximadamente \$69,774. Esto nos indica que se estará facturando aproximadamente \$9,774 más al implementar el proyecto. Con

todo esto, se asume que en el periodo de un año, la empresa podrá cubrir la inversión inicial de \$9.803.

Análisis de Retorno de Inversión entre dos Alternativas

La inversión necesaria para la propuesta planteada es de \$9.803. Si la empresa no desea invertir el dinero en la propuesta, otra alternativa es colocar el dinero en una póliza de inversiones para recibir intereses. Se considerará como la tasa de interés a la Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento Productivo Empresarial que es de 10,21% anual, según el Banco Central del Ecuador. Para esto, se realizará un análisis de valor futuro.

Colocar el dinero en una póliza de inversiones:



$$F = (F/P, i, n) = (1 + i)^n$$

$$F = \$ 9.803 * (1 + 0,1021)^2$$

$$F = \$ 11.906$$

Ganancia recibida luego de dos años de ganar interés en una póliza de inversiones: \$ 2.103.

Invertir el dinero en la propuesta sugerida:

Flujo de caja

	Año 0	Año 1	Año 2
Ingreso adicional	\$ -	\$ 9.774	\$ 9.774
Gasto adicional	\$ (9.803)	\$ (560)	\$ (560)
Resultado	\$ (9.803)	\$ 9.214	\$ 9.214

TIR 55%

Como se puede apreciar en el flujo de caja solo se están considerando los ingresos y gastos adicionales que la empresa tendría en caso de invertir en el proyecto. Es por esto que en el Año 0 al invertir en la propuesta sugerida se va a tener un gasto de \$9.803. Para el Año 1 el ingreso que se estima se lograría con la propuesta sería de \$9.774, pero existiría un gasto adicional de \$560 referente al mantenimiento que se debe realizar a las máquinas Karcher. Lo sucedido en el Año 1 se repite en el Año 2. Es así que al flujo del resultado de cada año mencionado anteriormente se le calculó la TIR (Tasa Interna de Retorno), dando como resultado 55%. Esto significa que el invertir en la propuesta sugerida a la empresa se va a tener un TIR de 55% a diferencia de los 10,25% que la póliza le ofrece. Además, el ingreso adicional recibido luego de 2 años en la póliza es de \$2.103, en cambio el ingreso adicional que se tendría luego de 2 años si se lleva a cabo el proyecto sería de \$10.865. Por esta razón, es aconsejable que la empresa invierta en el proyecto en lugar de colocar el dinero en una póliza de inversiones.

10. Capítulo X: Conclusiones y Recomendaciones

10.1. Conclusiones

- No se encontraban levantados, ninguno de los procesos administrativos del taller de servicios de PROAUTO C.A. razón por la cual, las mismas actividades eran realizadas de maneras diferentes dependiendo del asesor.
- Luego de la reunión con la gerencia se propusieron algunas alternativas que mejorarían el proceso. Una de ellas era incluir un Balcón de Servicios para que sirva como soporte para el asesor. Otra alternativa era que el Técnico realice la Verificación de los 18 Puntos antes de los trabajos. Asimismo, se sugirió que el Técnico y los encargados del lavado y secado del vehículo realicen una auto-inspección de sus trabajos antes de enviarlos a la siguiente instancia del proceso. De igual manera, se incluyó lo referente a los retornos externos. Por último, se agregó el escenario MPP (Mantenimiento Preventivo Programado) en donde el Call Center llama al cliente para agendar una cita.
- En base a los ingresos, vehículos atendidos y ganancia se determinó que el proceso administrativo crítico del taller de servicios de PROAUTO C.A era el Mantenimiento Preventivo del Taller Matriz. Siendo este proceso el principal enfoque del proyecto.
- Para identificar las oportunidades de mejora en el proceso crítico, la herramienta más adecuada para conocer las debilidades del proceso, es la Simulación. Es así que, está ayudó a visualizar el flujo del proceso, identificar cuellos de botella y observar el comportamiento del proceso con distintos escenarios propuestos.
- Se identificó junto con la Gerencia, que el lunes era el día que mayor afluencia de clientes tenía, causando así un problema de capacidad en el taller. Por esta razón, la toma de tiempos de todas las actividades se realizaron los días lunes para poder simular dicho comportamiento.

- Para poder representar la realidad con la Simulación se consideraron las siguientes condiciones: delimitación de entrada de vehículos al taller, porcentaje de clientes agendados y no agendados, porcentaje de vehículos atendidos dependiendo del tipo de mantenimiento y porcentaje de vehículos que ingresan a la auditoria de calidad.
- La Validación del modelo se realizó comparando lo que ocurre en la realidad, con los resultados obtenido en la Simulación en cuanto al ingreso de vehículos y el porcentaje de vehículos atendidos el mismo día, siendo éstas las variables de interés.
- Luego de realizar 16 réplicas se obtuvo como resultado, que los días lunes ingresan al concesionario 50 vehículos en promedio. Adicionalmente, el porcentaje de vehículos atendidos el mismo día es del 51%.
- Se identificaron dos cuellos de botella en el proceso de Mantenimiento Preventivo; en el trabajo de los Técnicos y en el Área de Lavado. El trabajo de los Técnicos estaba ya asignado para otro proyecto de estudio, razón por la cual, esta tesis se enfocó en optimizar el Área de Lavado.
- En el Área de Lavado, de acuerdo a la Simulación, un vehículo permanece en promedio dentro de ésta, 0.8752 horas. Siendo la meta de la Gerencia que su permanencia sea de 0.333 horas, se concluye entonces que es necesario optimizar el proceso dentro de dicha área con el fin de sacar una mayor cantidad de vehículos atendidos el mismo día.
- Para la optimización del Área de Lavado, se utilizó la metodología Seis Sigma. Se identificaron las siguientes causas raíz: falta de estandarización en el proceso de lavado y secado, falta de cumplimiento de PEPS (primero en entrar, primero en salir) y falta de organización y limpieza.

- En cuanto a la falta de organización y limpieza, dentro del Área de Lavado se identificaron los siguientes problemas: falta de orden, carencia de limpieza, no existe delimitación de equipos y herramientas, sin señalización ni identificación de artículos por medio de etiquetas. Para mejorar lo antes mencionado se planteó el uso de la Metodología de las 5's.
- Con respecto al Sistema PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir), se propuso el rediseño del Área de Lavado para su cumplimiento.
- Para la Estandarización del proceso, se encontró una manera más eficiente para lavar y secar un vehículo, con actividades que ayudarían a reducir el tiempo que permanece éste dentro del área.
- Tomando en consideración las tres causas raíz se plantearon tres propuestas, que son:
 1. Estandarización de los procesos con la utilización de materiales similares a los actuales.
 2. Estandarización de los procesos con el uso de lavadoras y aspiradoras marca Karcher.
 3. Estandarización de los procesos con el uso de un túnel de lavado Karcher y aspiradoras Karcher.
- Se identificó que la mejor propuesta es la número 2 con el escenario 3, ya que se aumentará la atención de 25.5 vehículos en promedio a 29 vehículos en los días lunes. De la misma manera, el porcentaje de atención se incrementará de un 50% a un 89%. En cuanto al tiempo del proceso se lo redujo de 0.8752 horas a 0.1463 horas, estando así, dentro de las especificaciones de la gerencia.
- Para no afectar la satisfacción del cliente que arriba luego de las 11:30 am al concesionario y distribuir la carga de trabajo de la mejor manera, se propone combinar los escenarios 2 y 3 dentro de la misma propuesta anterior.

- En base a los resultados obtenidos en la simulación, se concluye que la capacidad máxima de atención diaria de vehículos es en promedio 30. Por lo que, si se desea superar esta capacidad se debe optimizar el trabajo de los Técnicos.
- Para llevar a cabo la propuesta escogida anteriormente, se requiere de una inversión de \$9.803. Se calcula que este monto se lo recuperará en aproximadamente un año. Adicionalmente la retención de clientes ascenderá del 40% actual a un 86%.

10.2. Recomendaciones

- Se recomienda implementar el proyecto, con el fin de estandarizar los procesos administrativos del taller de servicios de PROAUTO C.A. y conseguir la optimización y productividad del proceso de Mantenimiento Preventivo.
- Una vez implementadas las mejoras del proceso se sugiere realizar un seguimiento periódico del mismo para conocer su estado. Con esto se conseguirá una mejora continua de este proceso.
- El análisis realizado para el Mantenimiento Preventivo se recomienda replicarlo en las otras sucursales del concesionario PROAUTO C.A.
- Capacitación a todos los empleados involucrados en los procesos, con el objetivo que se rijan a los procesos modificados y se llegue a la estandarización de los mismos.
- Para conseguir aumentar el porcentaje de atención diaria de vehículos, es recomendable implementar la optimización del trabajo de los Técnicos conjuntamente con este proyecto.
- Con el objetivo de conseguir el éxito de la Metodología de las 5's, se la debería implementar en todo PROAUTO C.A., convirtiéndose así en una cultura organizacional.
- Adquirir alguna herramienta de simulación para modelar distintos escenarios antes de realizar implementaciones. Esto ayudará a no incurrir en gastos innecesarios y a conocer el comportamiento de sus procesos.
- En base al proyecto Seis Sigma presentado en este documento, se lo utilice como base y guía para identificar nuevas oportunidades de mejora dentro de la empresa.

- Incentivar la cultura de agendamiento en sus clientes para de esa manera poder organizar y distribuir la carga de trabajo en los distintos talleres de PROAUTO C.A.
- Se recomienda utilizar la Gestión de Cambio Organizacional, con el objetivo de evitar resistencia al cambio por parte de los empleados del Área de Lavado, que actualmente cuentan con una manera establecida de realizar su trabajo.
- Encuestar a los clientes una vez implementado el proyecto para cuantificar el porcentaje del índice de satisfacción del cliente.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña, Jorge. Mejoramiento de la calidad un enfoque a los servicios. Costa Rica: Editorial Tecnológico, 2005.

Araujo, Diego. Pruebas de Normalidad David Mera y Luis Martínez. 26 de Mayo de 2011.

Arevalo, Ruben. Kilometraje promedio recorrido por un vehículo David Mera y Luis Martínez. Abril de 2011.

Ayala, Sabino. Administración de Recursos Humanos. Agosto de 2003. 11 de Julio de 2011 <<http://www.gestiopolis.com/recursos4/docs/rrhh/humanad.htm>>.

Banks, Jerry. Discrete-Event System Simulation. 4ta Edición. Saddle River: PEARSON Practice Hall, 2005.

Chevrolet. Nuestra Compañía. 2011. 28 de Junio de 2011 <<http://www.chevrolet.com.ec/mundo-chevrolet/empresa/nuestra-compa%C3%B1ia.html>>.

Esquerdo, Pedro Juan. «Pruebas de Hipótesis.» Universidad de Puerto Rico. Río Piedras, 2005.

General Motors. Company: About GM. 2011. 28 de Junio de 2011 <<http://www.gm.com/company/aboutGM.html>>.

Google. Google SketchUp. 14 de Marzo de 2006. 25 de Junio de 2011 <http://sketchup.google.com/intl/en/training/videos/new_to_gsu.html>.

Hernández, Universidad Miguel. Oficina de Gestión y Control de Calidad. 17 de Diciembre de 2010. 10 de Junio de 2011 <<http://calidad.umh.es/calidad-umh/sistema-de-calidad-y-plan-estrategico/herramientas/analisis-de-causas-de-problemas/>>.

Jelsoft Enterprises Ltd. Show Car Garage. 2000. 22 de Junio de 2011 <<http://video.google.com/videoplay?docid=7598756069207401372&q=showcargarage.com#>>

Kourilsky, F. Coaching. Cambio en las organizaciones. Madrid: Pirámide, 2005.

Mejía García, Braulio. Gerencia de Procesos para la Organización y el Control Interno de Empresas de Salud. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2006.

Mera, Fausto. Costos de paredes y fosas David Mera y Luis Martínez. 15 de Junio de 2011.

Minitab, Ayuda. Help Minitab 15. 15 de Junio de 2011.

Montgomery, Douglas y George Runger. Probabilidad y Estadística. Vol. 2a Edición. Mexico D.F.: Limusa Wiley, 2006.

Montgomey, Douglas. Control Estadístico de la Calidad. 3ra Edición. Mexico DF: LIMUSA S.A, 2007.

Ochoa, Antonio. Programa Internacional Entrenamiento Six Sigma. Folleto Certificación Green Belt. Portland: ZDM Group, 2011.

Open Course Ware Universidad de Sevilla. 2007. 13 de Junio de 2011 <http://ocwus.us.es/metodos-de-investigacion-y-diagnostico-en-educacion/analisis-de-datos-en-la-investigacion-educativa/Bloque_I/page_76.htm/>.

PROAUTO. Historia de PROAUTO C.A. 2009. 28 de Junio de 2011 <<http://www.proauto.com.ec/Qui%E9nesSomos/Historia/tabid/125/Default.aspx>>.

Rath y Strong's. Six Sigma Leadership Handbook. New Jersey: AON Management Consulting, 2003.

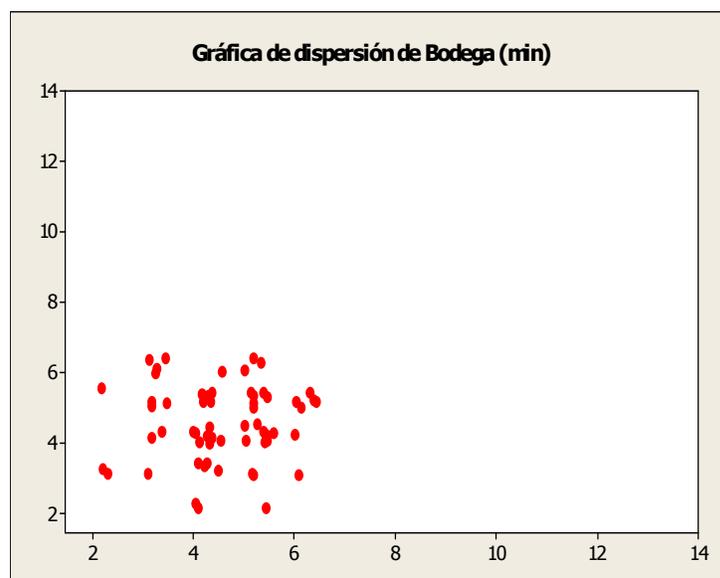
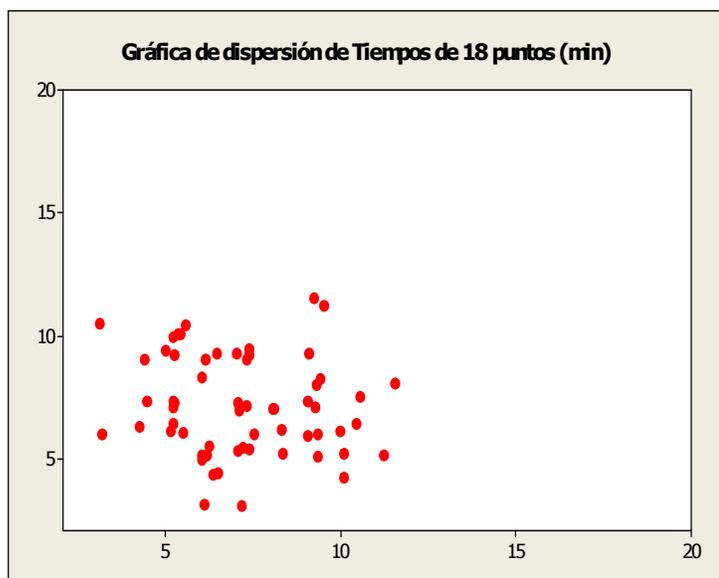
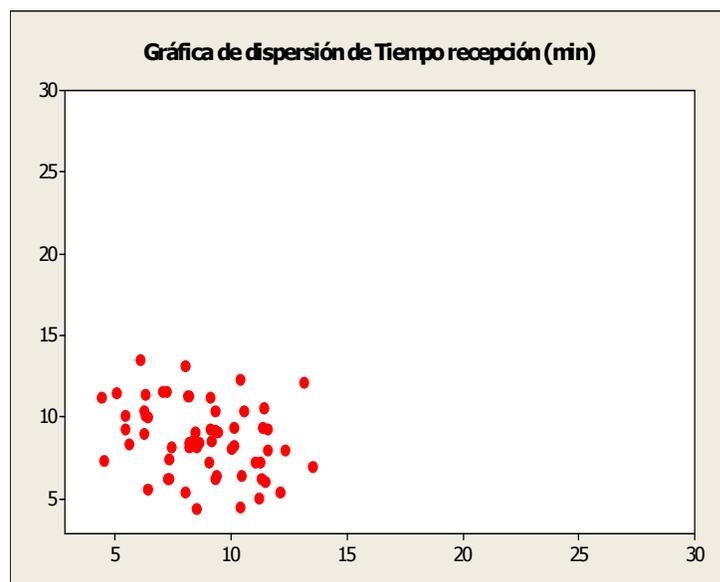
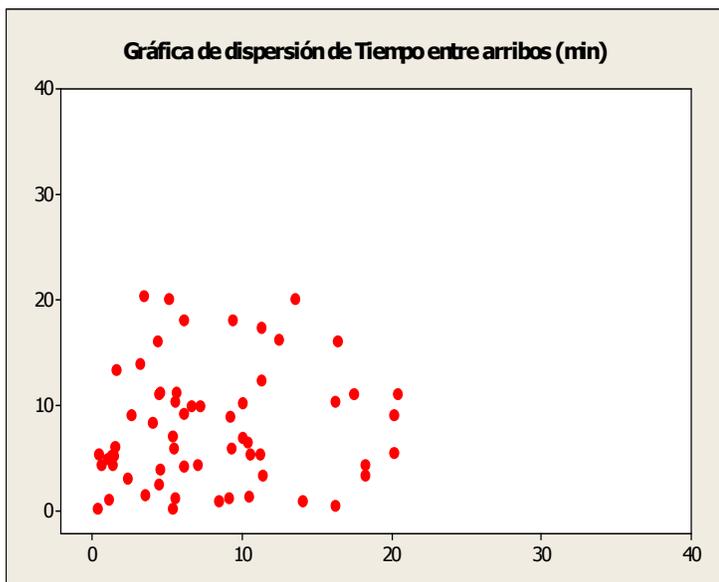
«Reglamentación del Ministerio de Fomento de España aplicable a edificios civiles.» Técnicas de prevención de riesgos laborales: Seguridad.

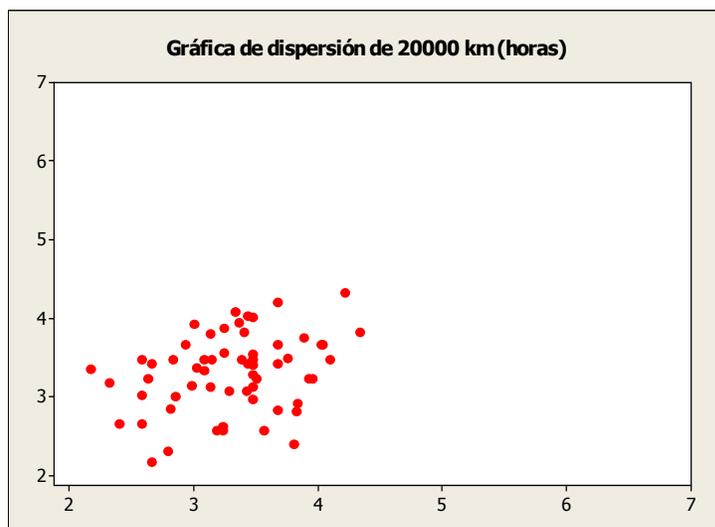
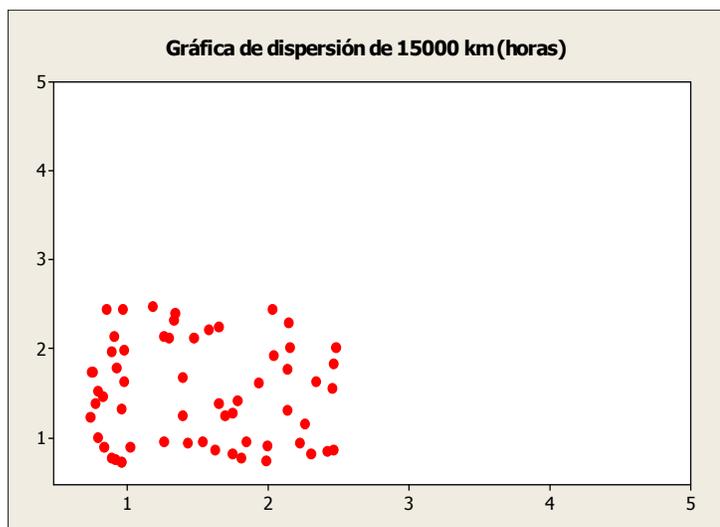
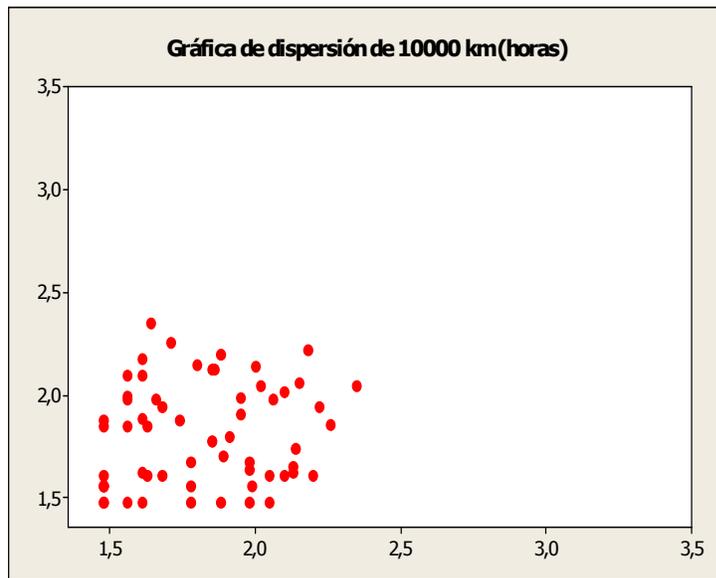
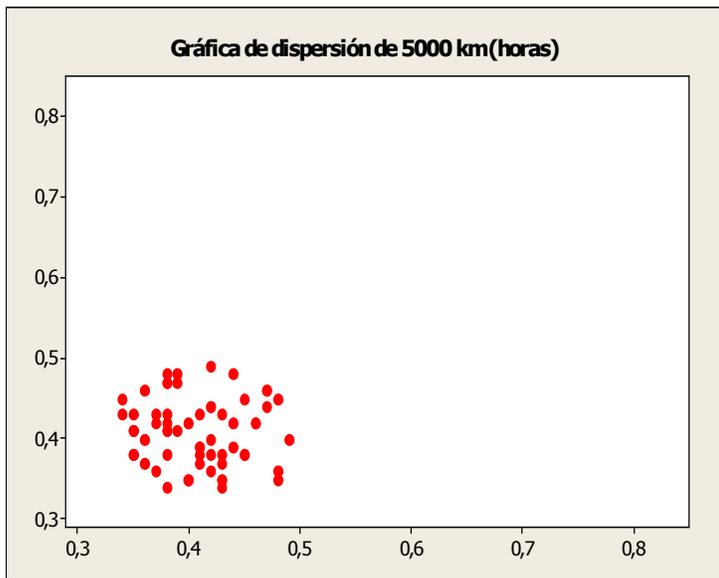
Sacristán, Francisco Rey. Las 5S Orden y Limpieza en el Puesto de Trabajo. Madrid: FC Editorial, 2005.

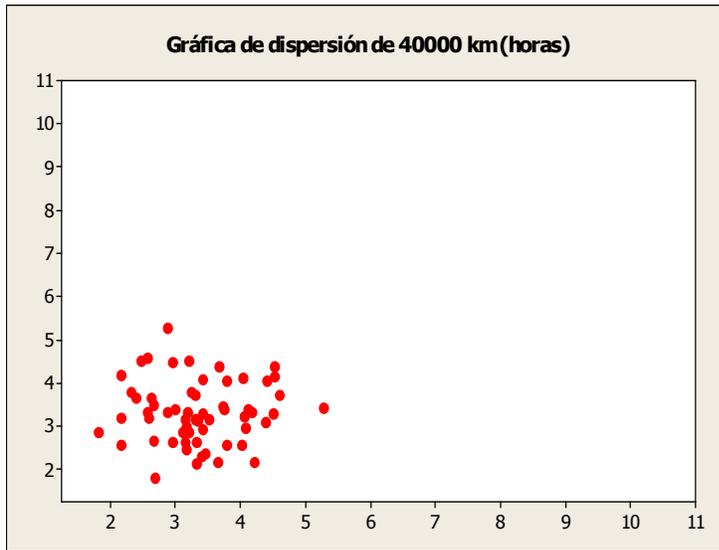
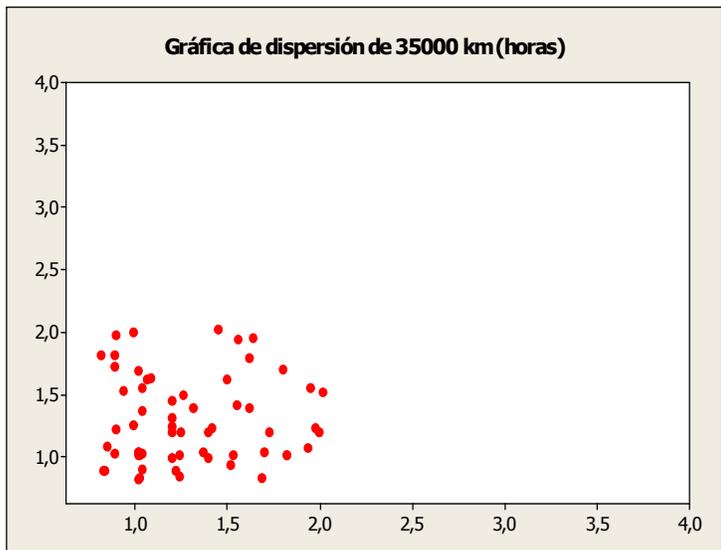
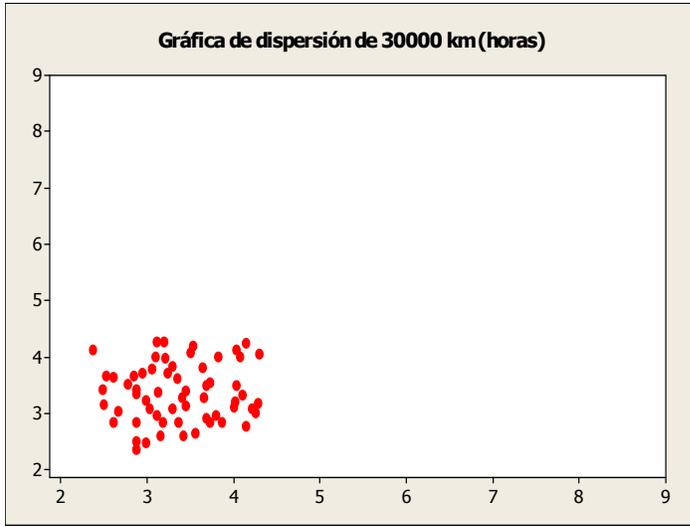
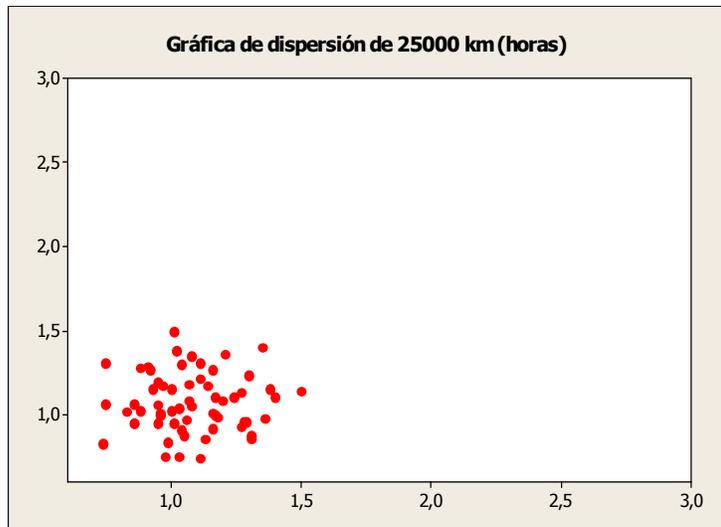
Sosa, Cristian. Entrevistas generales para tesis Luis Martínez y David Mera. Abril, Mayo, Junio, Julio de 2011.

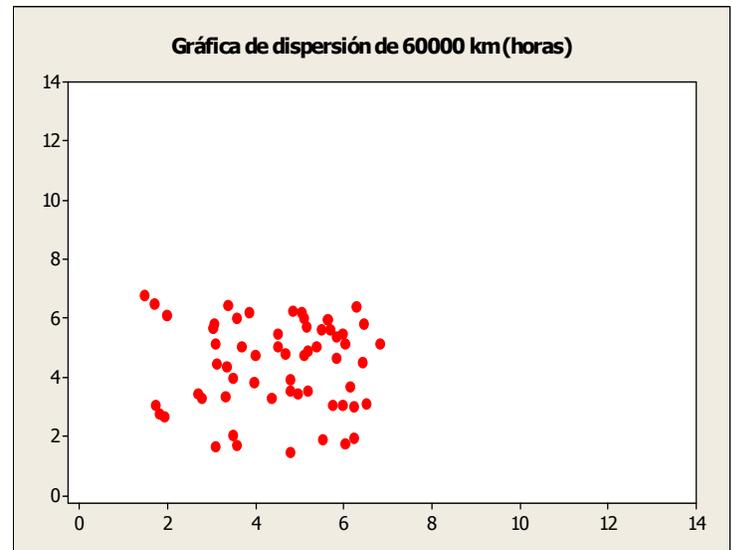
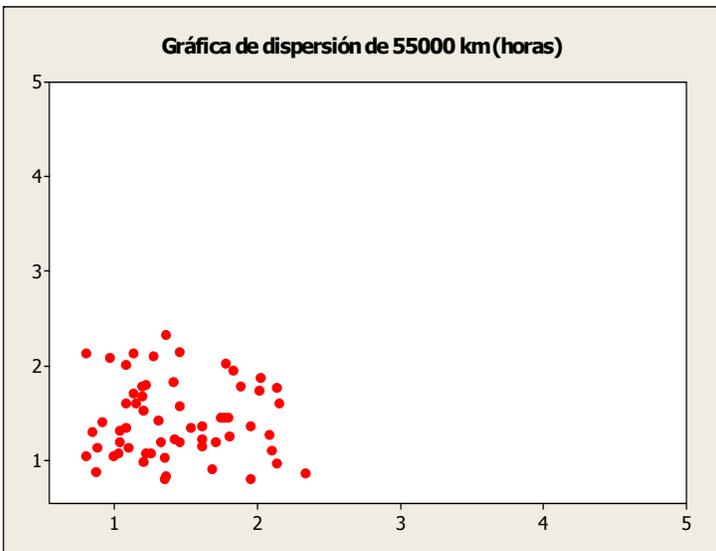
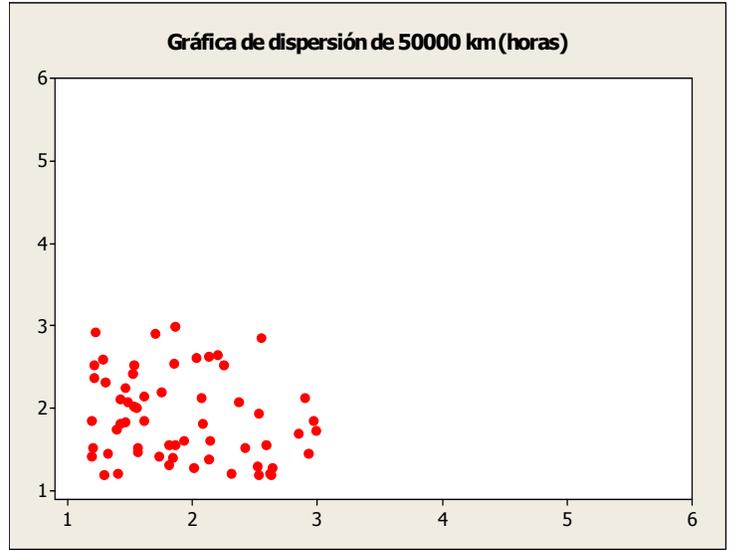
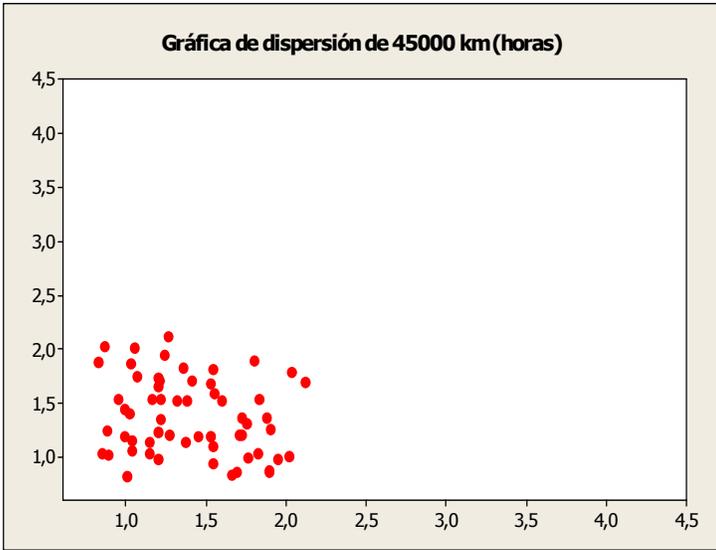
Torres, Mariela. Tamaño de una muestra para una investigación de mercado. 13 de Marzo de 2008. Universidad Rafael Landívar. 4 de Abril de 2011 <http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_02_BAS02.pdf>.

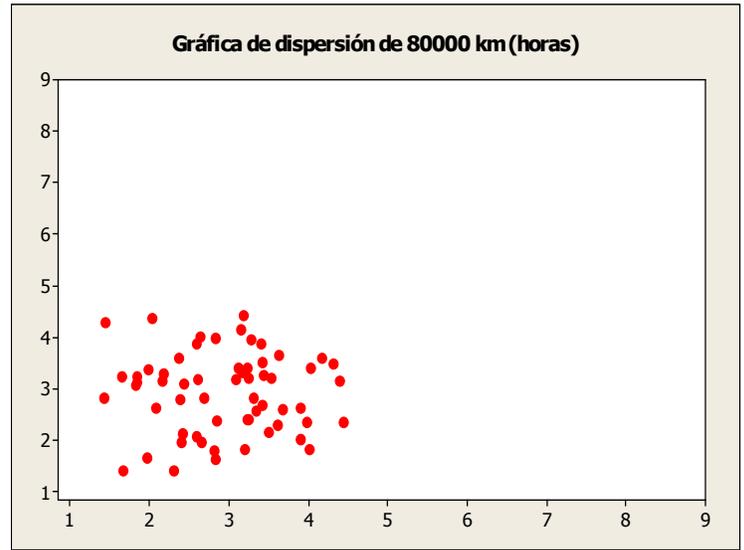
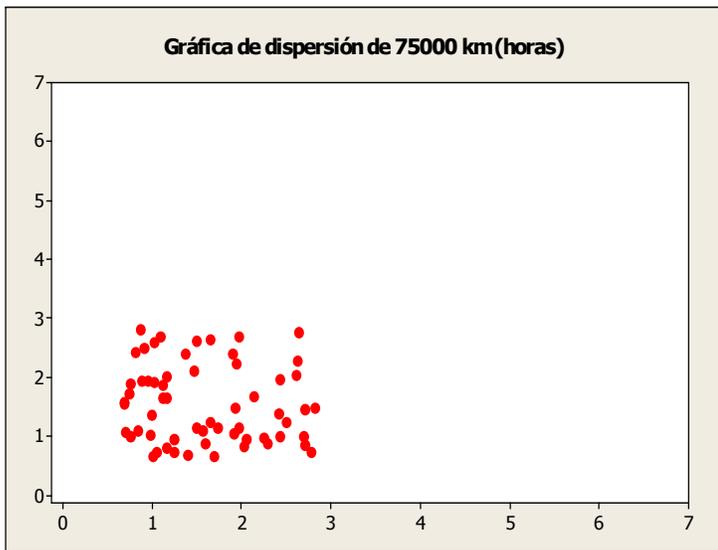
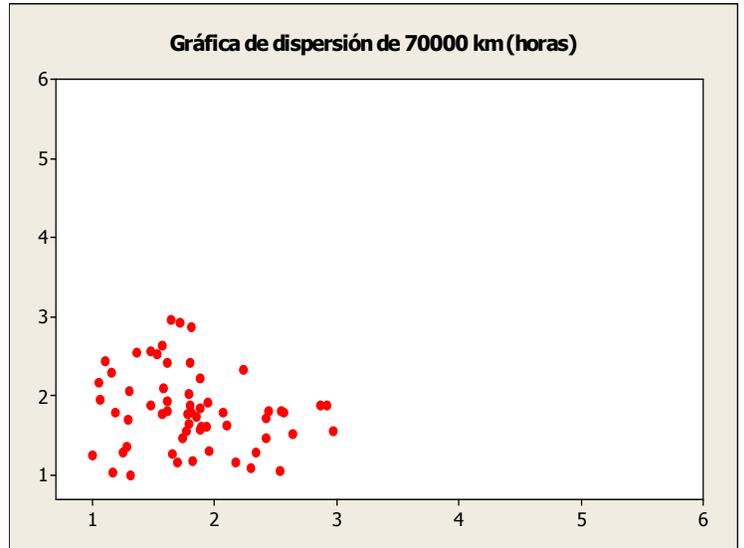
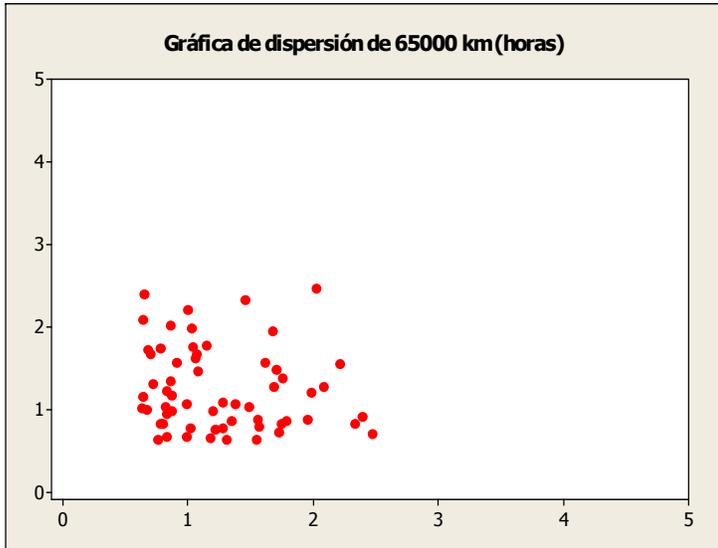
Walpole, Ronald E. Probabilidad y Estadística para Ingenieros . Mexico DF: PEARSON Educación, 1999.

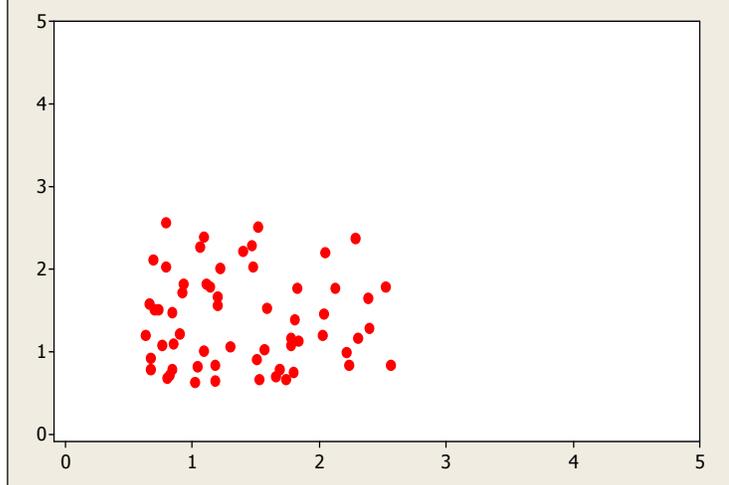
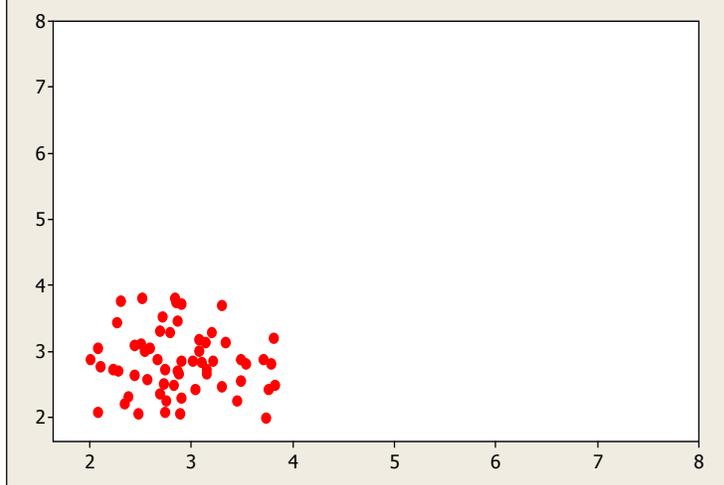
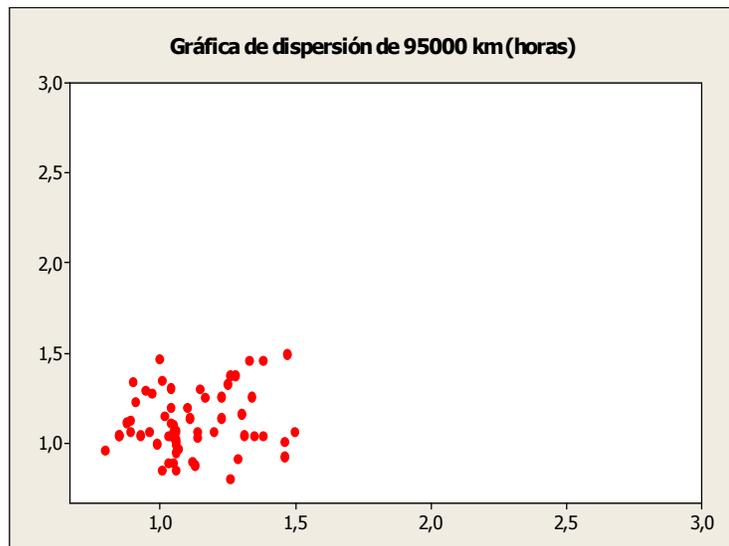
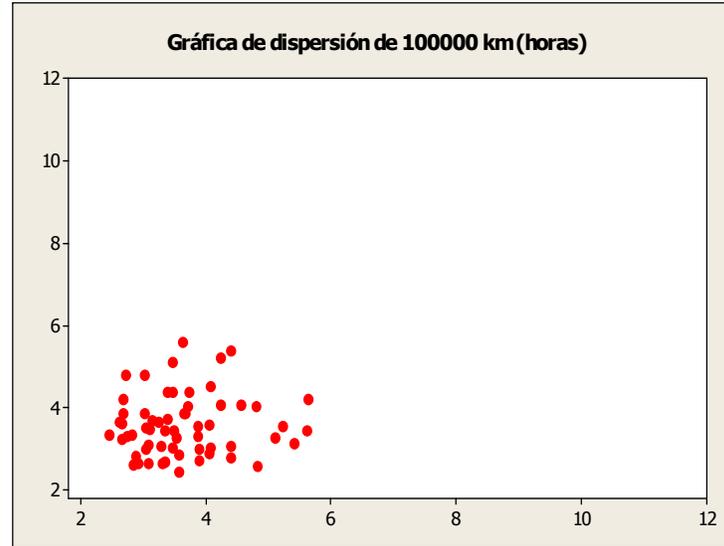
Anexos:**Anexo # 21: Independencia de los datos**

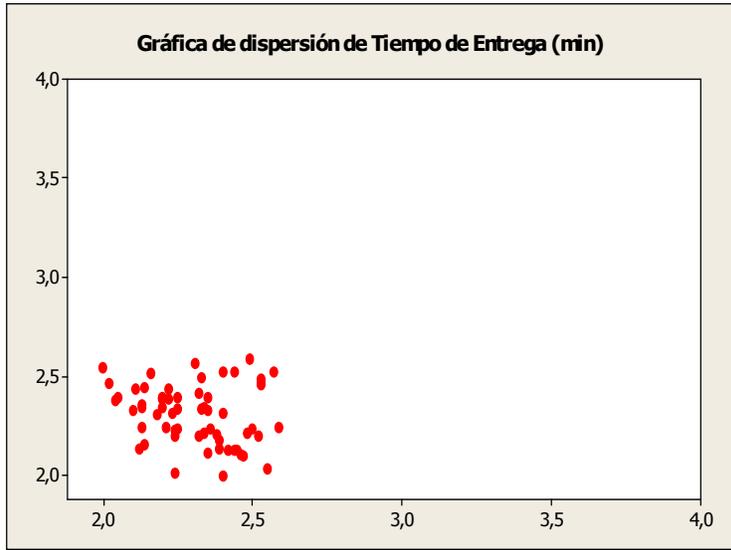
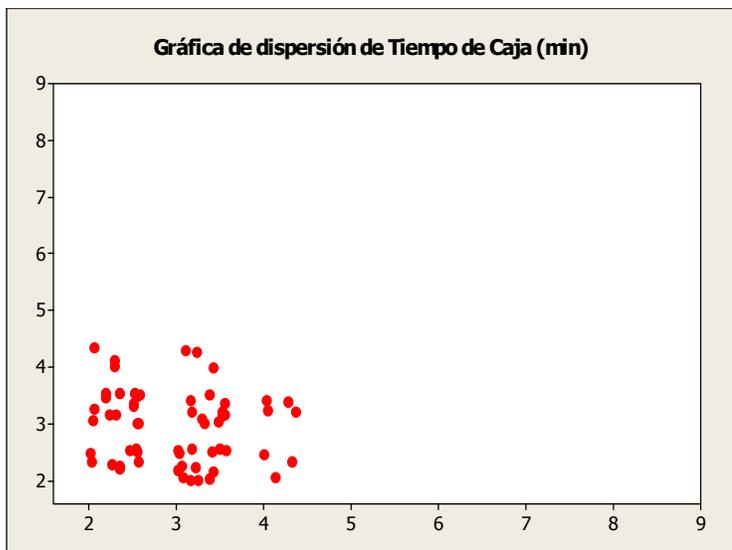
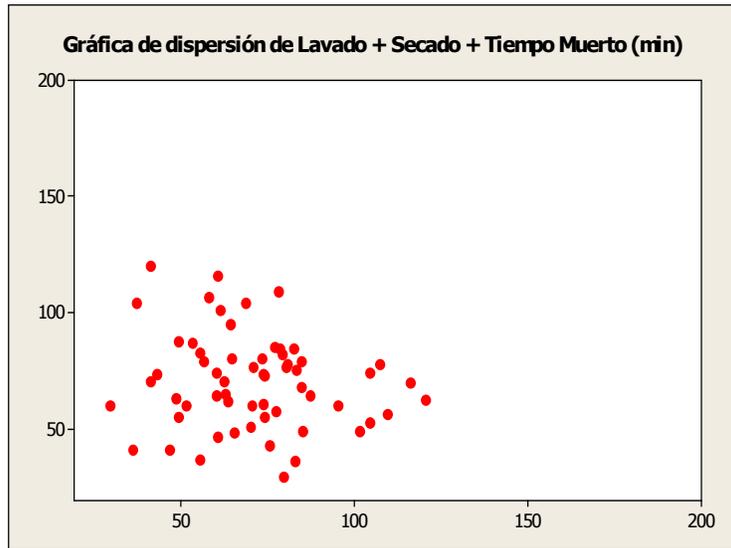
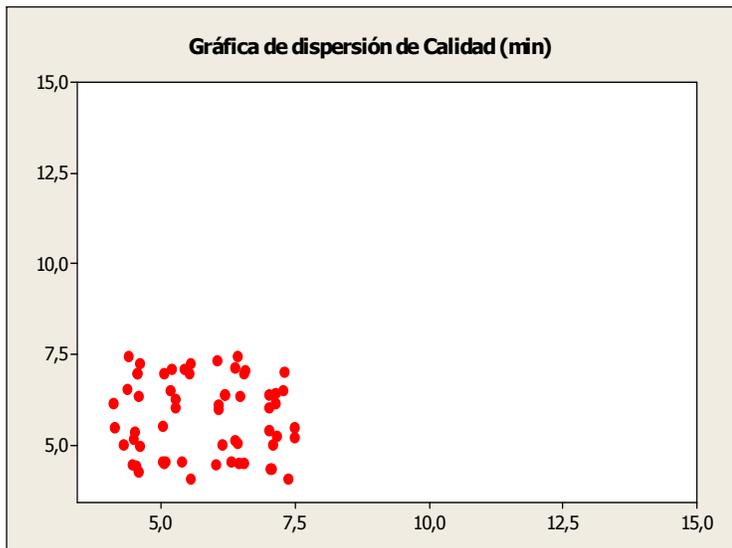








Gráfica de dispersión de 85000 km (horas)**Gráfica de dispersión de 90000 km (horas)****Gráfica de dispersión de 95000 km (horas)****Gráfica de dispersión de 100000 km (horas)**



Anexo # 22: Aleatoriedad de los datos**Runs Test: Tiempo entre arribos (min)**

Runs test for Tiempo entre arribos (min)

Runs above and below $K = 7,93574$

The observed number of runs = 30
 The expected number of runs = 31,0984
 27 observations above K . 34 below
 P-value = 0,774

Runs Test: Tiempo recepción (min)

Runs test for Tiempo recepción (min)

Runs above and below $K = 8,76246$

The observed number of runs = 34
 The expected number of runs = 31,4262
 29 observations above K . 32 below
 P-value = 0,505

Runs Test: Tiempos de 18 puntos (min)

Runs test for Tiempos de 18 puntos (min)

Runs above and below $K = 7,17984$

The observed number of runs = 33
 The expected number of runs = 31,2951
 28 observations above K . 33 below
 P-value = 0,658

Runs Test: Bodega (min)

Runs test for Bodega (min)

Runs above and below $K = 4,59459$

The observed number of runs = 28

The expected number of runs = 31,2951
28 observations above K. 33 below
P-value = 0,392

Runs Test: 5000 (horas)

Runs test for 5000 (horas)

Runs above and below K = 0,409016

The observed number of runs = 38
The expected number of runs = 31,2951
33 observations above K. 28 below
P-value = 0,081

Runs Test: 10000 (horas)

Runs test for 10000 (horas)

Runs above and below K = 1,81557

The observed number of runs = 33
The expected number of runs = 31,4918
30 observations above K. 31 below
P-value = 0,697

Runs Test: 15000 (horas)

Runs test for 15000 (horas)

Runs above and below K = 1,49623

The observed number of runs = 35
The expected number of runs = 31,4262
29 observations above K. 32 below
P-value = 0,355

Runs Test: 20000 (horas)

Runs test for 20000 (horas)

Runs above and below $K = 3,30656$

The observed number of runs = 26
 The expected number of runs = 31,2951
 33 observations above K . 28 below
 P-value = 0,169

Runs Test: 25000 (horas)

Runs test for 25000 (horas)

Runs above and below $K = 1,07738$

The observed number of runs = 27
 The expected number of runs = 31,2951
 28 observations above K . 33 below
 P-value = 0,264

Runs Test: 30000 (horas)

Runs test for 30000 (horas)

Runs above and below $K = 3,36689$

The observed number of runs = 34
 The expected number of runs = 31,4262
 29 observations above K . 32 below
 P-value = 0,505

Runs Test: 35000 (horas)

Runs test for 35000 (horas)

Runs above and below $K = 1,29164$

The observed number of runs = 29
 The expected number of runs = 30,5082
 25 observations above K . 36 below
 P-value = 0,687

Runs Test: 40000 (horas)

Runs test for 40000 (horas)

Runs above and below $K = 3,34492$

The observed number of runs = 28
 The expected number of runs = 30,8361
 26 observations above K . 35 below
 P-value = 0,454

Runs Test: 45000 (horas)

Runs test for 45000 (horas)

Runs above and below $K = 1,39492$

The observed number of runs = 38
 The expected number of runs = 31,2951
 28 observations above K . 33 below
 P-value = 0,081

Runs Test: 50000 (horas)

Runs test for 50000 (horas)

Runs above and below $K = 1,91066$

The observed number of runs = 35
 The expected number of runs = 31,0984
 27 observations above K . 34 below
 P-value = 0,307

Runs Test: 55000 (horas)

Runs test for 55000 (horas)

Runs above and below $K = 1,43705$

The observed number of runs = 29
 The expected number of runs = 31,0984
 27 observations above K . 34 below
 P-value = 0,583

Runs Test: 60000 (horas)

Runs test for 60000 (horas)

Runs above and below $K = 4,45525$

The observed number of runs = 26
 The expected number of runs = 30,8361
 35 observations above K . 26 below
 P-value = 0,202

Runs Test: 65000 (horas)

Runs test for 65000 (horas)

Runs above and below $K = 1,25295$

The observed number of runs = 34
 The expected number of runs = 30,8361
 26 observations above K . 35 below
 P-value = 0,403

Runs Test: 70000 (horas)

Runs test for 70000 (horas)

Runs above and below $K = 1,81918$

The observed number of runs = 38
 The expected number of runs = 30,8361
 26 observations above K . 35 below
 P-value = 0,059

Runs Test: 75000 (horas)

Runs test for 75000 (horas)

Runs above and below $K = 1,58377$

The observed number of runs = 38
 The expected number of runs = 31,2951

28 observations above K. 33 below
P-value = 0,081

Runs Test: 80000 (horas)

Runs test for 80000 (horas)

Runs above and below K = 2,93410

The observed number of runs = 30
The expected number of runs = 31,4262
32 observations above K. 29 below
P-value = 0,712

Runs Test: 85000 (horas)

Runs test for 85000 (horas)

Runs above and below K = 1,39033

The observed number of runs = 33
The expected number of runs = 31,4262
29 observations above K. 32 below
P-value = 0,684

Runs Test: 90000 (horas)

Runs test for 90000 (horas)

Runs above and below K = 2,86623

The observed number of runs = 34
The expected number of runs = 31,2951
28 observations above K. 33 below
P-value = 0,482

Runs Test: 95000 (horas)

Runs test for 95000 (horas)

Runs above and below K = 1,11731

The observed number of runs = 27
 The expected number of runs = 30,8361
 26 observations above K. 35 below
 P-value = 0,311

Runs Test: 100000 (horas)

Runs test for 100000 (horas)

Runs above and below K = 3,63426

The observed number of runs = 29
 The expected number of runs = 30,8361
 26 observations above K. 35 below
 P-value = 0,628

Runs Test: Calidad (min)

Runs test for Calidad (min)

Runs above and below K = 5,81213

The observed number of runs = 31
 The expected number of runs = 31,4262
 32 observations above K. 29 below
 P-value = 0,912

Runs Test: Lavado + Secado + Tiempo Muerto

Runs test for Lavado + Secado + Tiempo Muerto

Runs above and below K = 70,8808

The observed number of runs = 31
 The expected number of runs = 31,4918
 30 observations above K. 31 below
 P-value = 0,899

Runs Test: Tiempo de Caja (min)

Runs test for Tiempo de Caja (min)

Runs above and below $K = 2,99213$

The observed number of runs = 35
The expected number of runs = 30,8361
35 observations above K . 26 below
P-value = 0,271

Runs Test: Tiempo de Entrega (min)

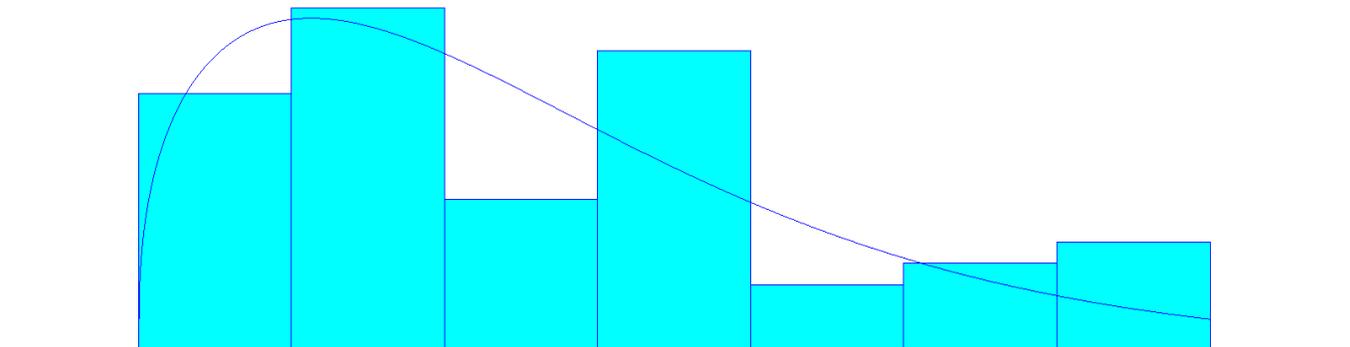
Runs test for Tiempo de Entrega (min)

Runs above and below $K = 2,30869$

The observed number of runs = 38
The expected number of runs = 31,0984
34 observations above K . 27 below
P-value = 0,071

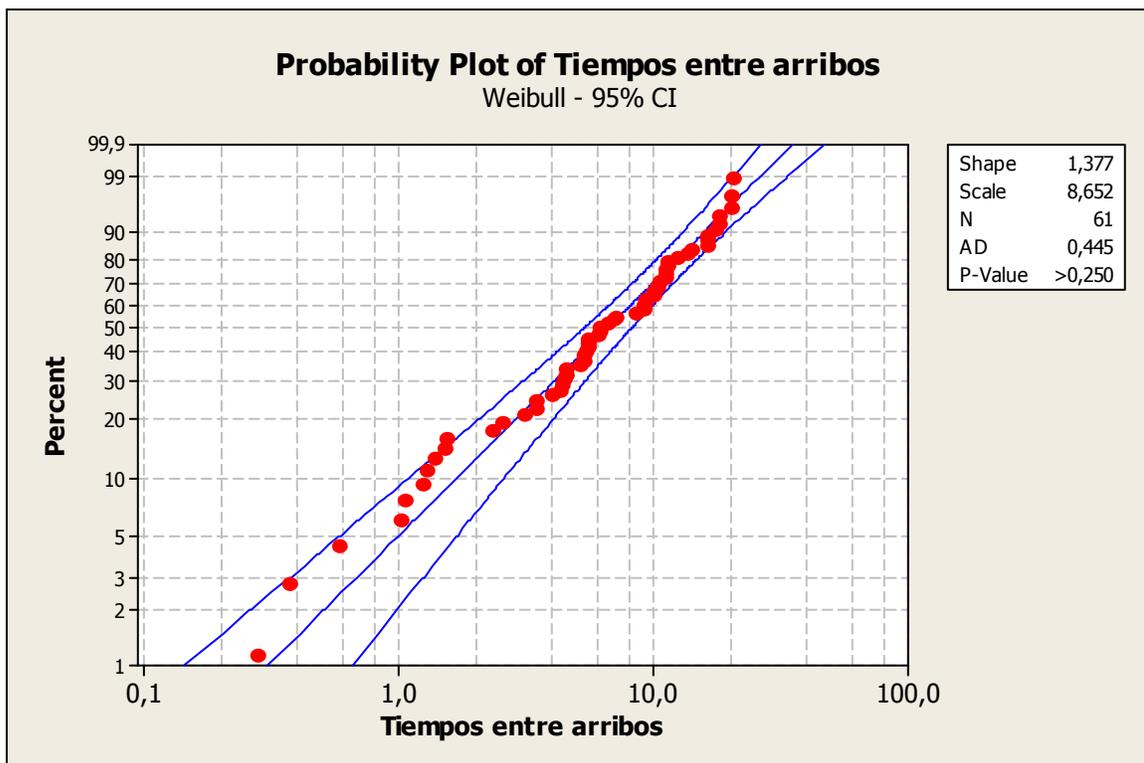
Anexo # 23: Distribuciones de los datos

Distribución para tiempos entre arribos

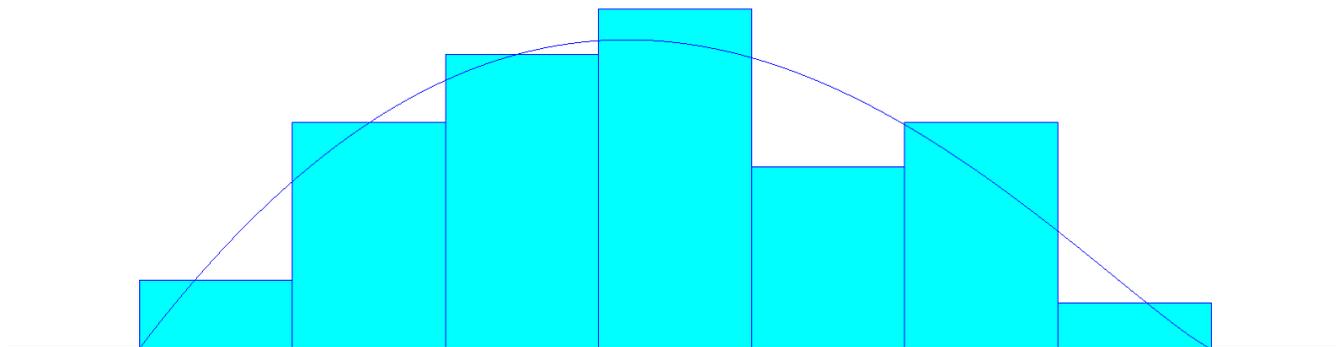


Distribution Summary	
Distribution:	Weibull
Expression:	WEIB(8.65, 1.38)
Square Error:	0.019908
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 6.32
Corresponding p-value	= 0.0441
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0828
Corresponding p-value	> 0.15

Prueba adicional de Anderson Darling para tiempos entre arribos:

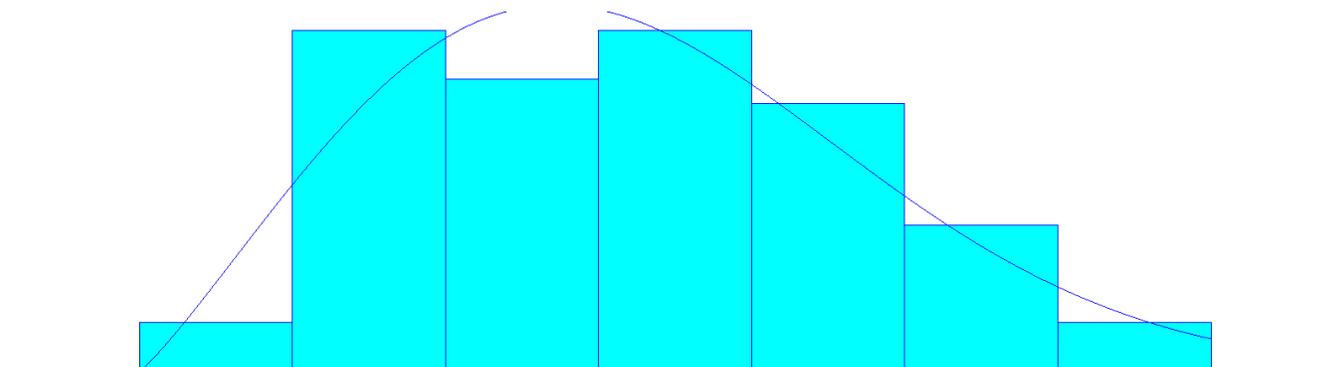


Distribución para tiempos de recepción



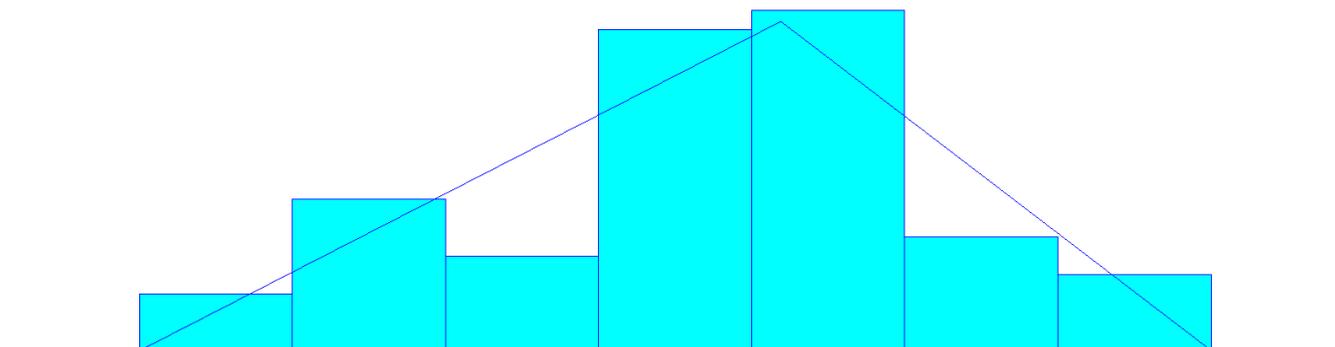
Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$4 + 10 * \text{BETA}(2, 2.2)$
Square Error:	0.005821
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 2.4
Corresponding p-value	= 0.318
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0855
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 18 puntos



Distribution Summary	
Distribution:	Weibull
Expression:	$3 + \text{WEIB}(4.68, 2.15)$
Square Error:	0.005992
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 0.912
Corresponding p-value	= 0.646
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.103
Corresponding p-value	> 0.15

distribución para tiempos de bodega



```

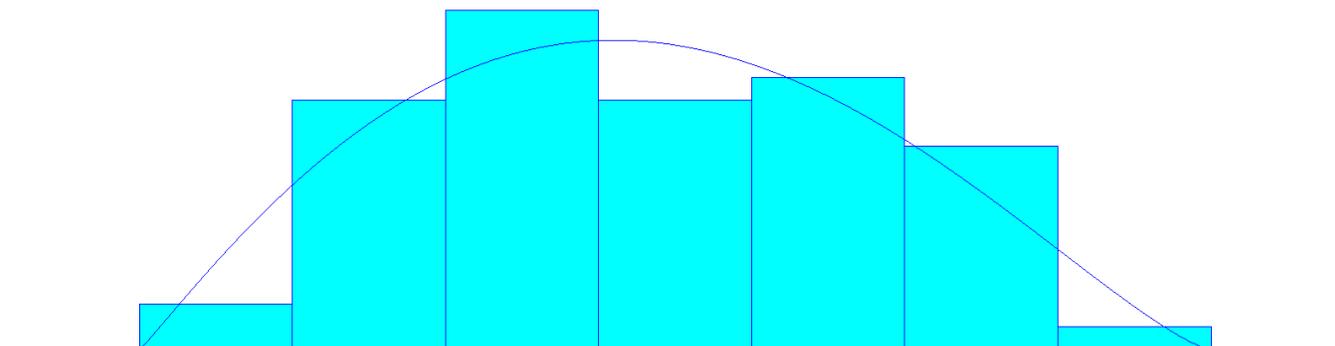
Distribution Summary
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(2, 4.91, 6.87)
Square Error: 0.015579

Chi Square Test
Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 6.18
Corresponding p-value = 0.105

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0998
Corresponding p-value > 0.15

```

Distribución para tiempos de 5000 km



```

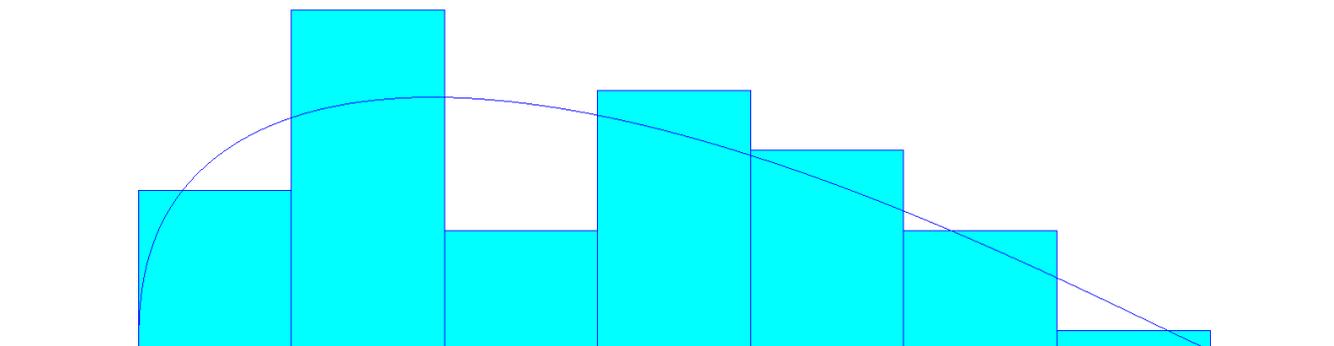
Distribution Summary
Distribution: Beta
Expression: 0.32 + 0.19 * BETA(2.07, 2.35)
Square Error: 0.005342

Chi Square Test
Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 1.57
Corresponding p-value = 0.467

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0528
Corresponding p-value > 0.15

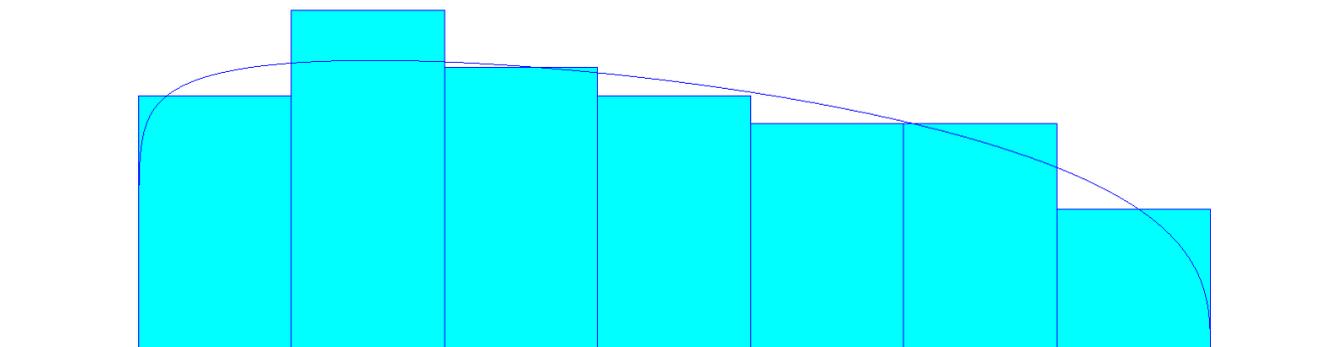
```

Distribución para tiempos de 10000 km

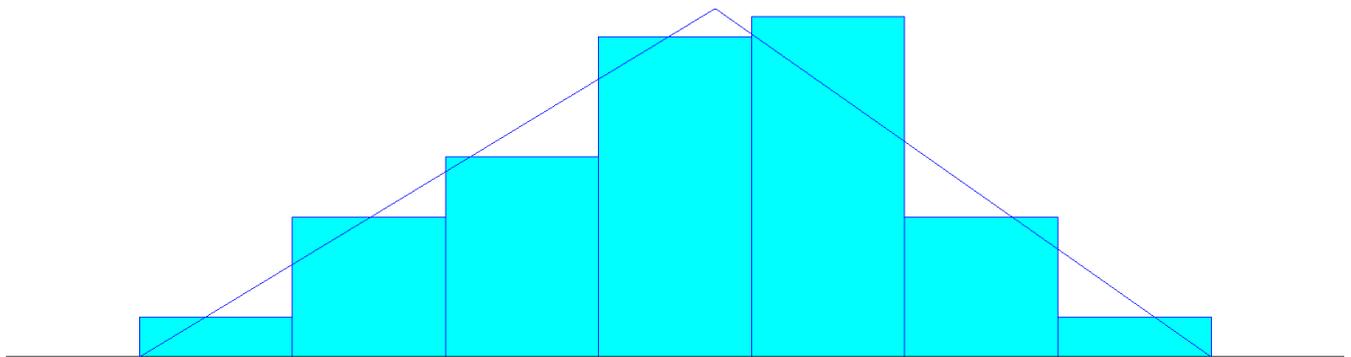


Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$1.39 + 1.05 * \text{BETA}(1.4, 2.05)$
Square Error:	0.018982
Chi Square Test	
Number of intervals	= 6
Degrees of freedom	= 3
Test Statistic	= 5.82
Corresponding p-value	= 0.13
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0807
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 15000 km



Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$0.55 + 2.11 * \text{BETA}(1.1, 1.35)$
Square Error:	0.001211
Chi Square Test	
Number of intervals	= 6
Degrees of freedom	= 3
Test Statistic	= 0.524
Corresponding p-value	> 0.75
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.101
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 20000 km

Distribution Summary

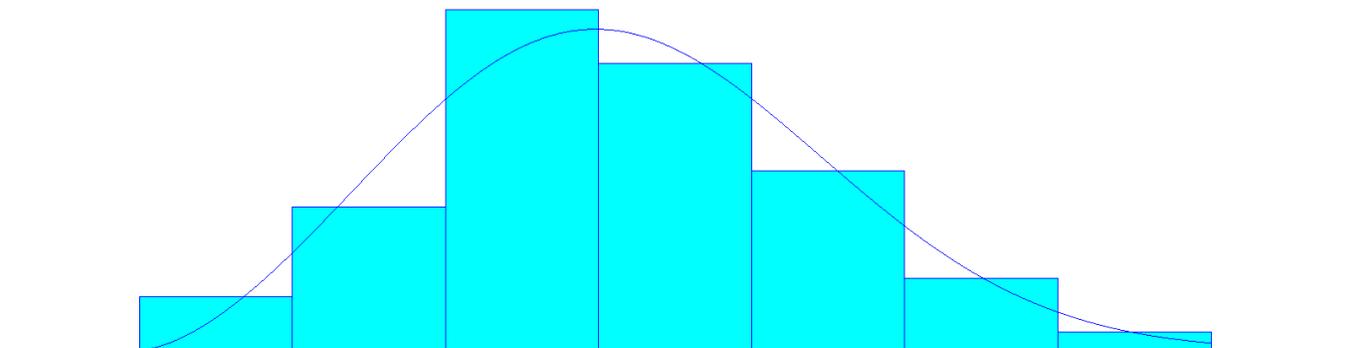
Distribution: Triangular
Expression: TRIA(2, 3.37, 4.55)
Square Error: 0.004533

Chi Square Test

Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 1.59
Corresponding p-value = 0.668

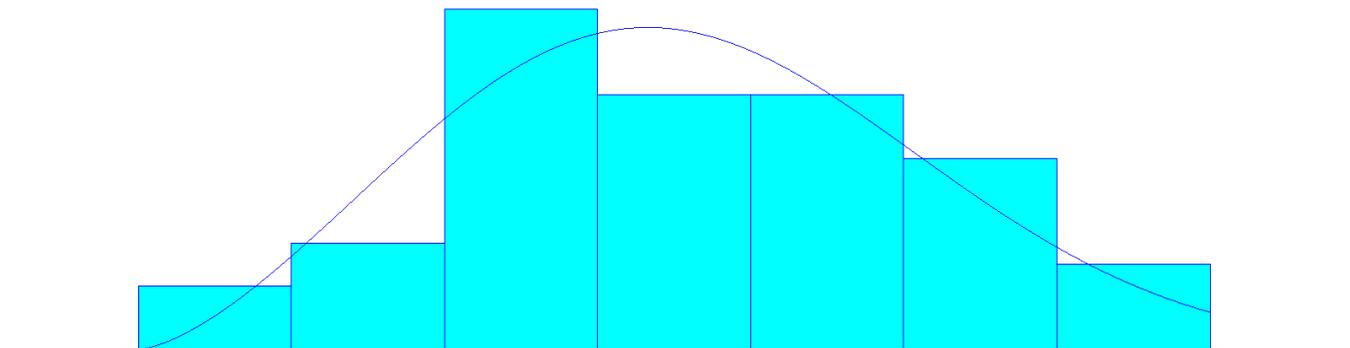
Kolmogorov-Smirnov Test

Test Statistic = 0.0712
Corresponding p-value > 0.15

Distribución para tiempos de 25000 km

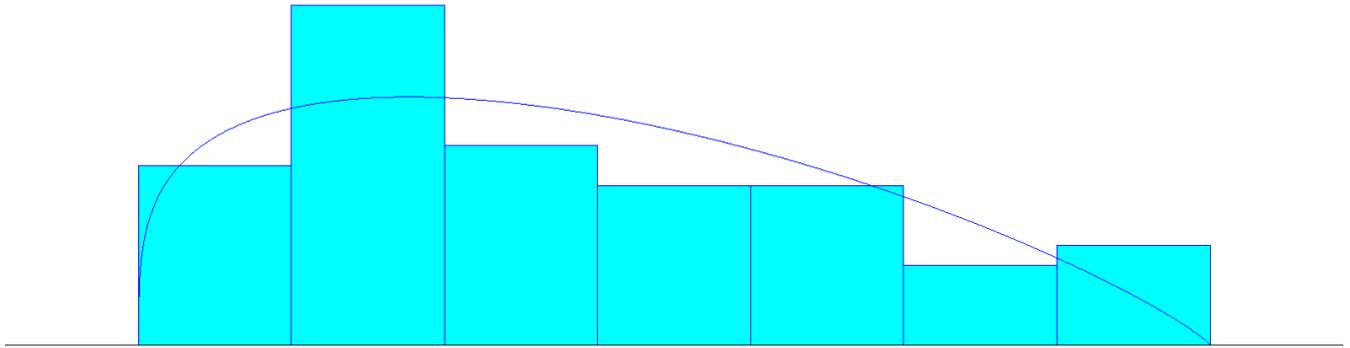
Distribution Summary	
Distribution:	Weibull
Expression:	$0.66 + \text{WEIB}(0.47, 2.63)$
Square Error:	0.002765
Chi Square Test	
Number of intervals	= 4
Degrees of freedom	= 1
Test Statistic	= 0.484
Corresponding p-value	= 0.492
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0595
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 30000 km



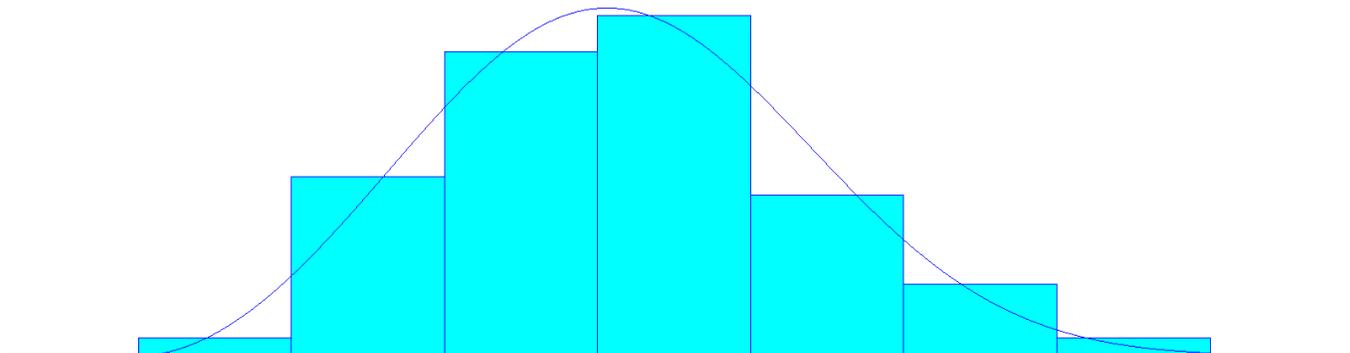
Distribution Summary	
Distribution:	Weibull
Expression:	$2.17 + \text{WEIB}(1.35, 2.51)$
Square Error:	0.007761
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 2.62
Corresponding p-value	= 0.278
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0794
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 35000 km



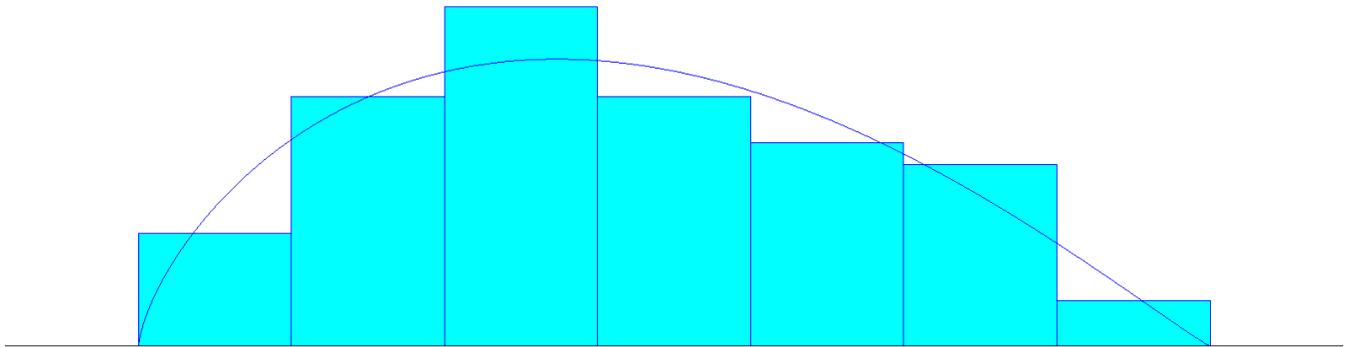
Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$0.7 + 1.44 * \text{BETA}(1.28, 1.84)$
Square Error:	0.012209
Chi Square Test	
Number of intervals	= 6
Degrees of freedom	= 3
Test Statistic	= 3.01
Corresponding p-value	= 0.408
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0888
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 40000 km



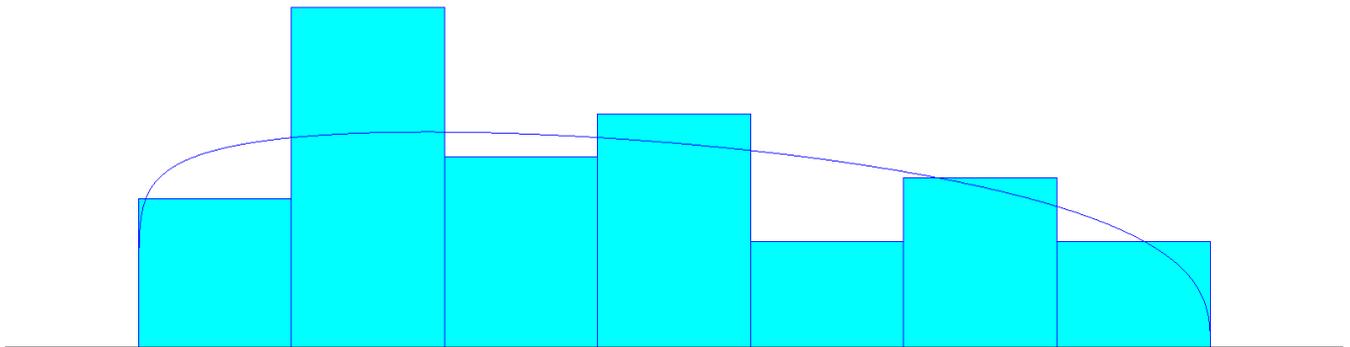
Distribution Summary	
Distribution:	Weibull
Expression:	$1.46 + \text{WEIB}(2.12, 2.87)$
Square Error:	0.001494
Chi Square Test	
Number of intervals	= 4
Degrees of freedom	= 1
Test Statistic	= 0.395
Corresponding p-value	= 0.542
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0825
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 45000 km



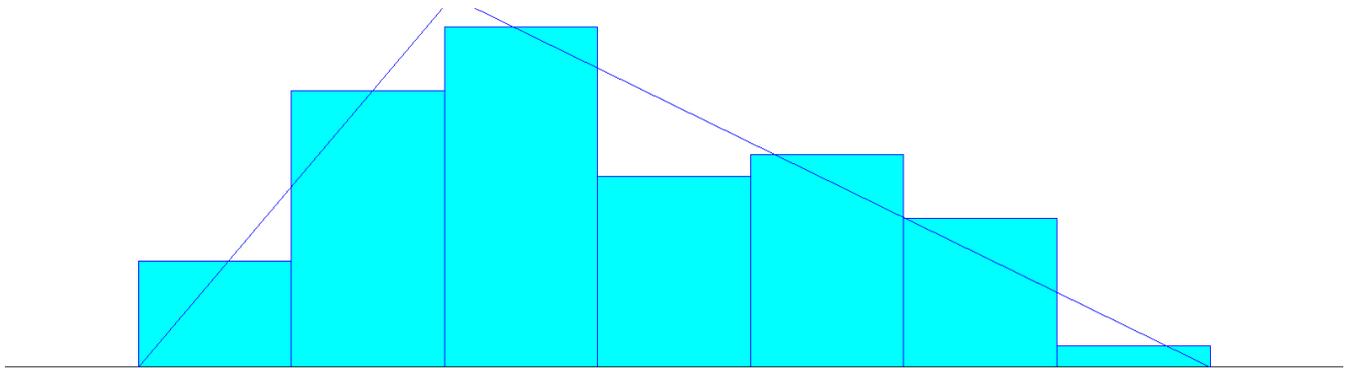
Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$0.7 + 1.55 * \text{BETA}(1.69, 2.08)$
Square Error:	0.002910
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 1.15
Corresponding p-value	= 0.571
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0857
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 50000 km



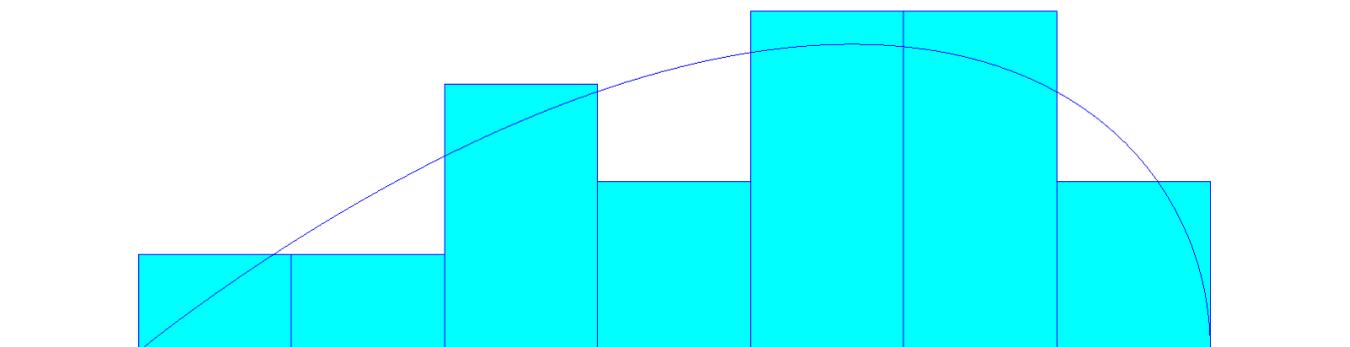
Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$1 + 2 * \text{BETA}(1.13, 1.35)$
Square Error:	0.015246
Chi Square Test	
Number of intervals	= 6
Degrees of freedom	= 3
Test Statistic	= 5.92
Corresponding p-value	= 0.123
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0933
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 55000 km



Distribution Summary	
Distribution:	Triangular
Expression:	TRIA(0.64, 1.18, 2.49)
Square Error:	0.004469
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 3
Test Statistic	= 1.25
Corresponding p-value	= 0.743
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0482
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 60000 km



```

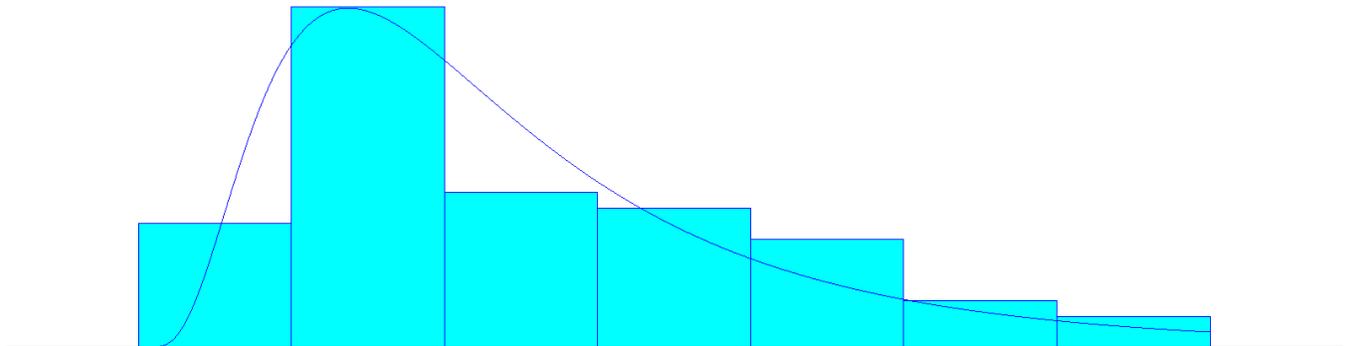
Distribution Summary
Distribution:  Beta
Expression:  1 + 6 * BETA(1.97, 1.49)
Square Error:  0.010465

Chi Square Test
Number of intervals  = 6
Degrees of freedom   = 3
Test Statistic       = 2.74
Corresponding p-value = 0.447

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic       = 0.0957
Corresponding p-value > 0.15

```

Distribución para tiempos de 65000 km



```

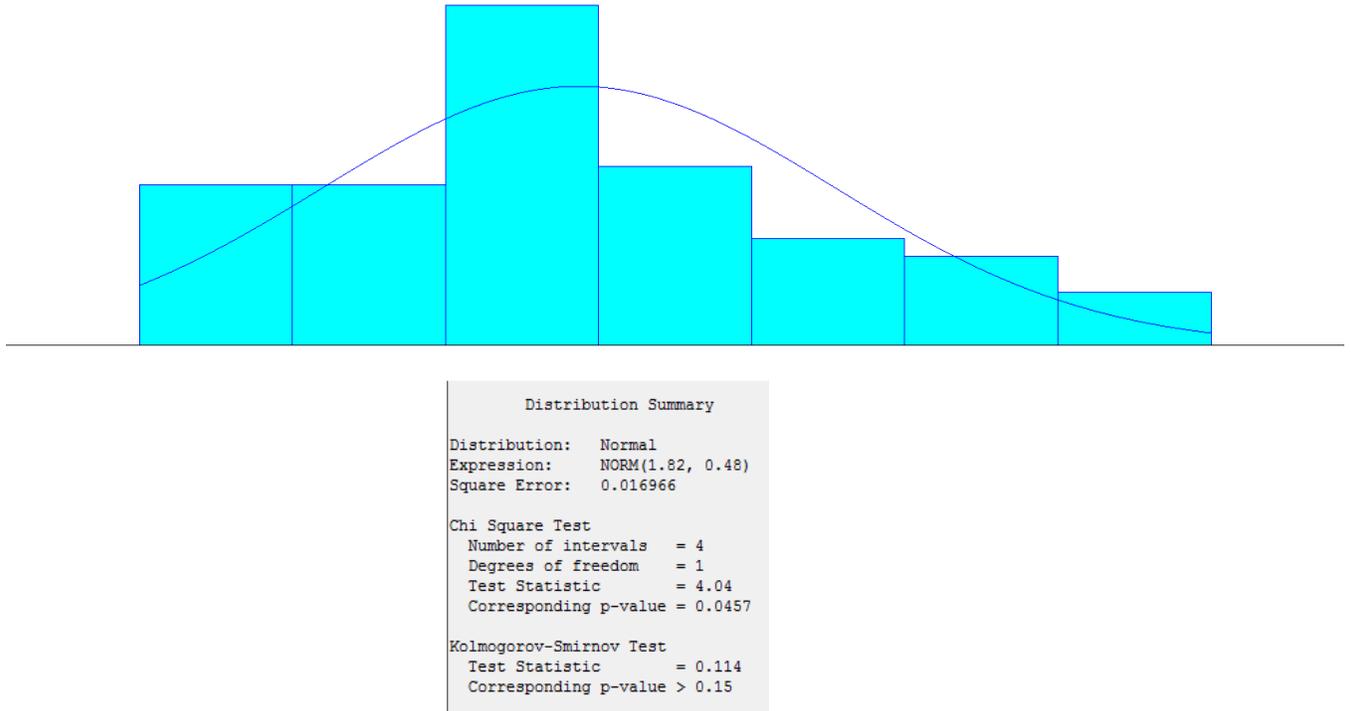
Distribution Summary
Distribution:  Lognormal
Expression:  0.44 + LOGN(0.825, 0.603)
Square Error:  0.008243

Chi Square Test
Number of intervals  = 5
Degrees of freedom   = 2
Test Statistic       = 5.47
Corresponding p-value = 0.0687

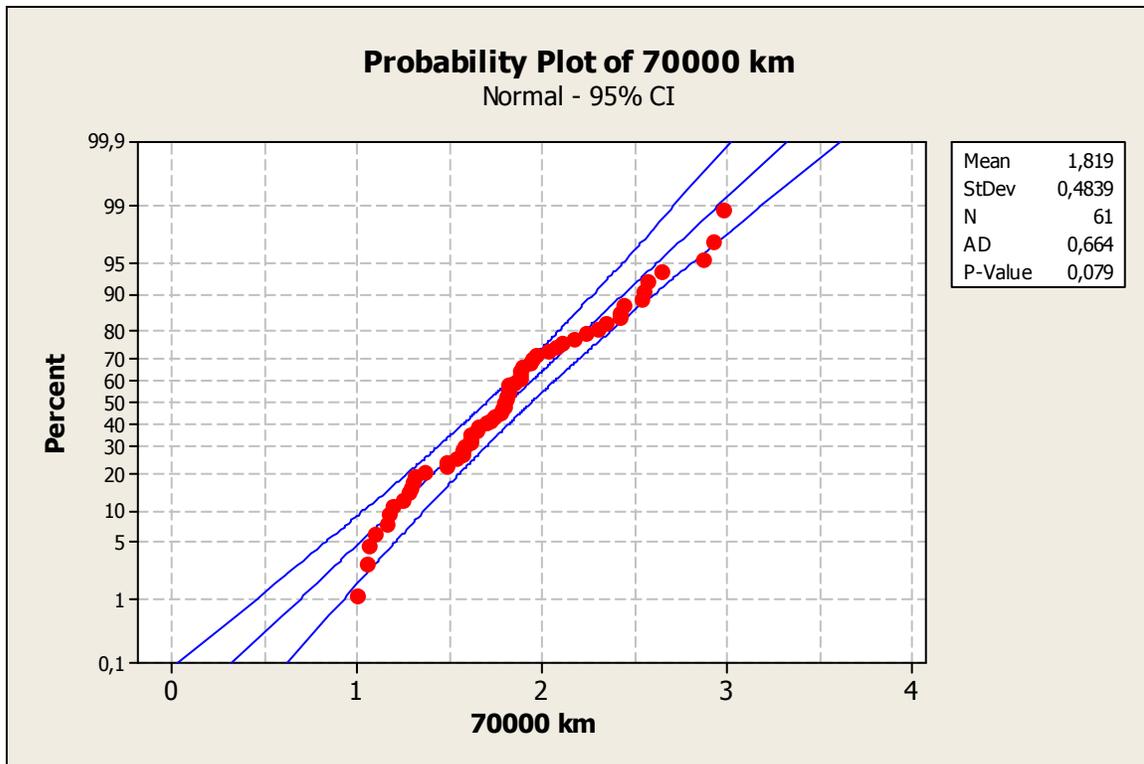
Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic       = 0.0941
Corresponding p-value > 0.15

```

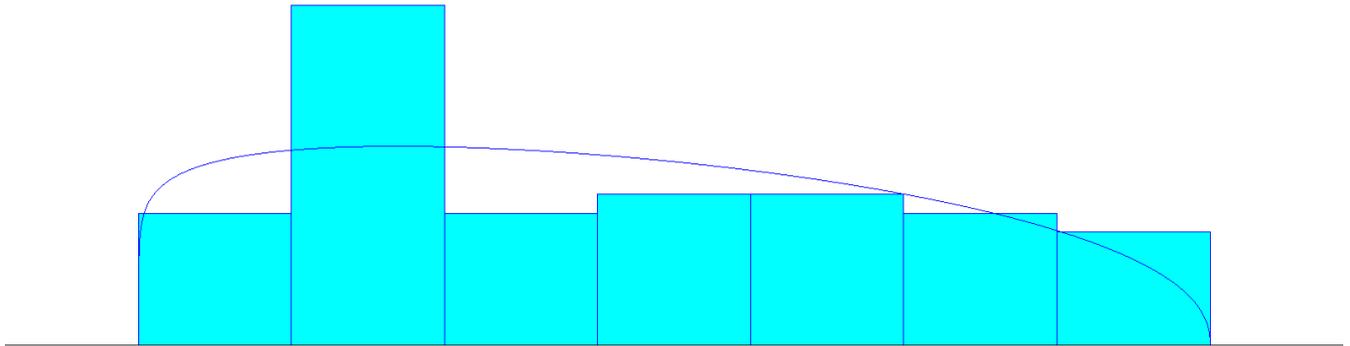
Distribución para tiempos de 70000 km



Prueba adicional de Anderson Darling para tiempos entre arribos:

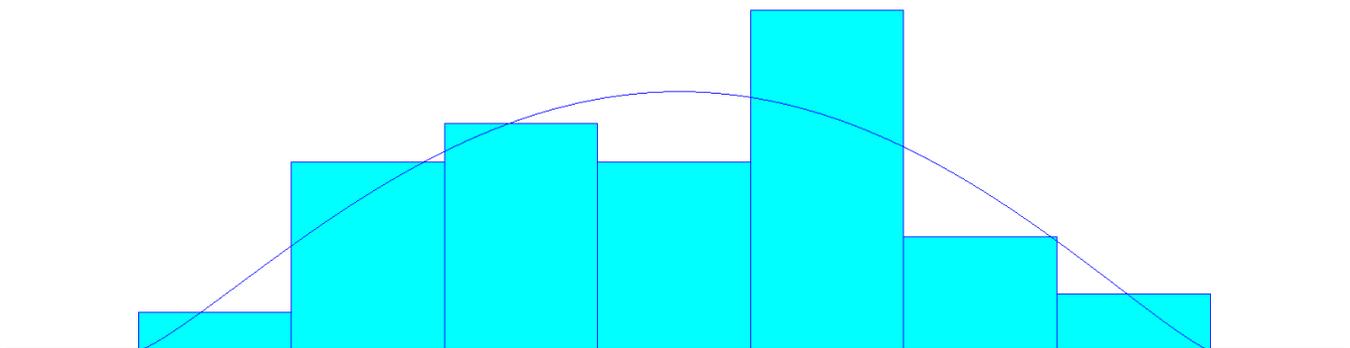


Distribución para tiempos de 75000 km

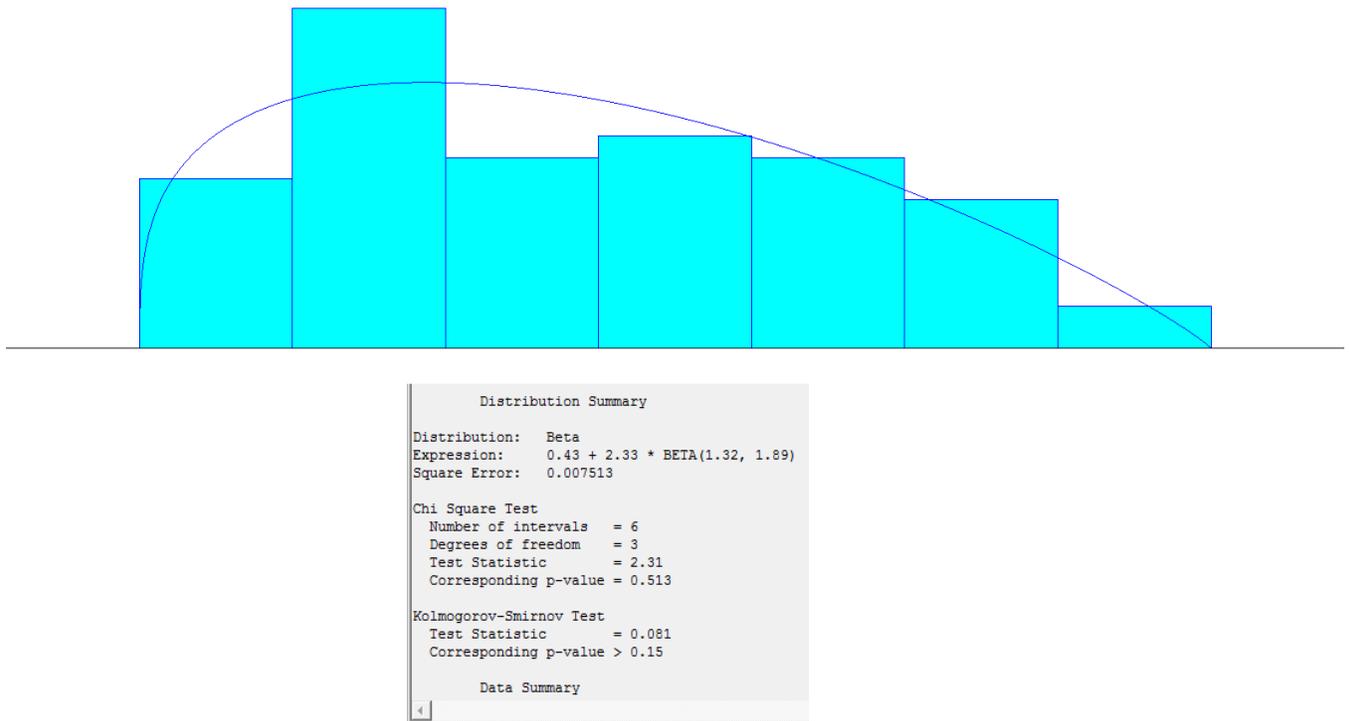
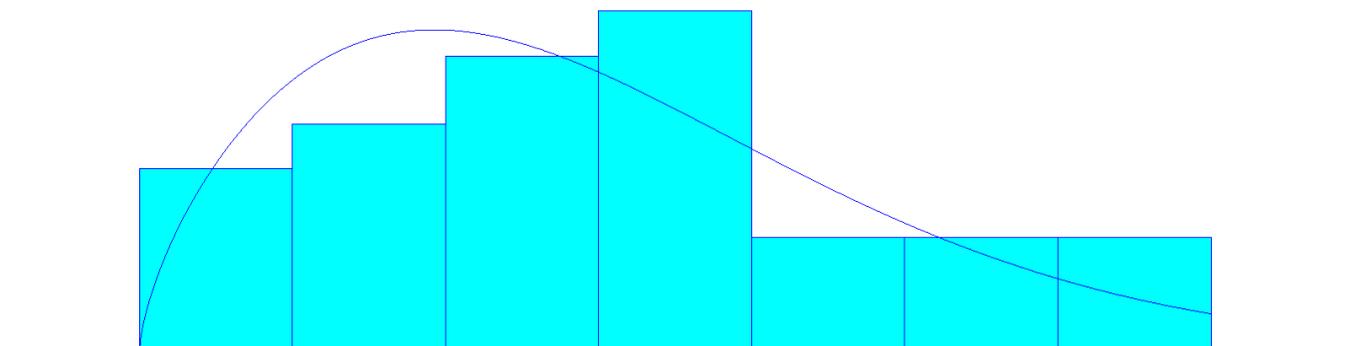


Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$0.46 + 2.54 * \text{BETA}(1.14, 1.43)$
Square Error:	0.021347
Chi Square Test	
Number of intervals	= 6
Degrees of freedom	= 3
Test Statistic	= 7.61
Corresponding p-value	= 0.0564
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0879
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 80000 km



Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$1.12 + 3.61 * \text{BETA}(2.25, 2.23)$
Square Error:	0.014773
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 4.85
Corresponding p-value	= 0.0911
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0797
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de 85000 km*Distribución para tiempos de 90000 km*

```

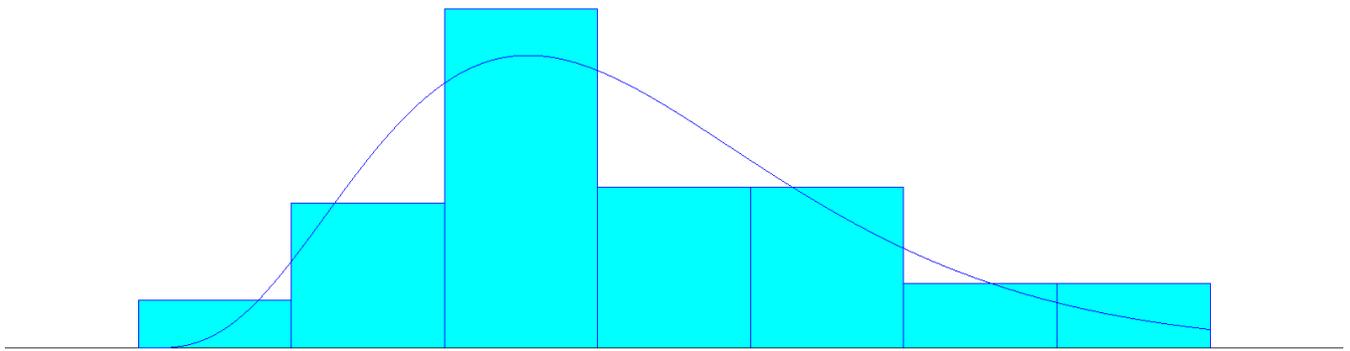
Distribution Summary
Distribution: Weibull
Expression: 2 + WEIB(0.954, 1.67)
Square Error: 0.011876

Chi Square Test
Number of intervals = 6
Degrees of freedom = 3
Test Statistic = 5.13
Corresponding p-value = 0.178

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.107
Corresponding p-value > 0.15

```

Distribución para tiempos de 95000 km



```

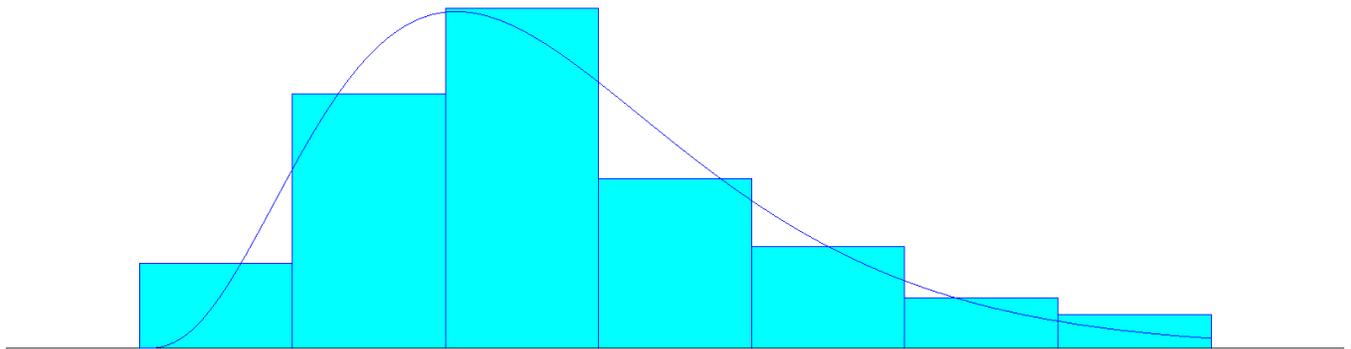
Distribution Summary
Distribution: Gamma
Expression: 0.73 + GAMM(0.0822, 4.71)
Square Error: 0.012463

Chi Square Test
Number of intervals = 5
Degrees of freedom = 2
Test Statistic = 2.83
Corresponding p-value = 0.245

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0862
Corresponding p-value > 0.15

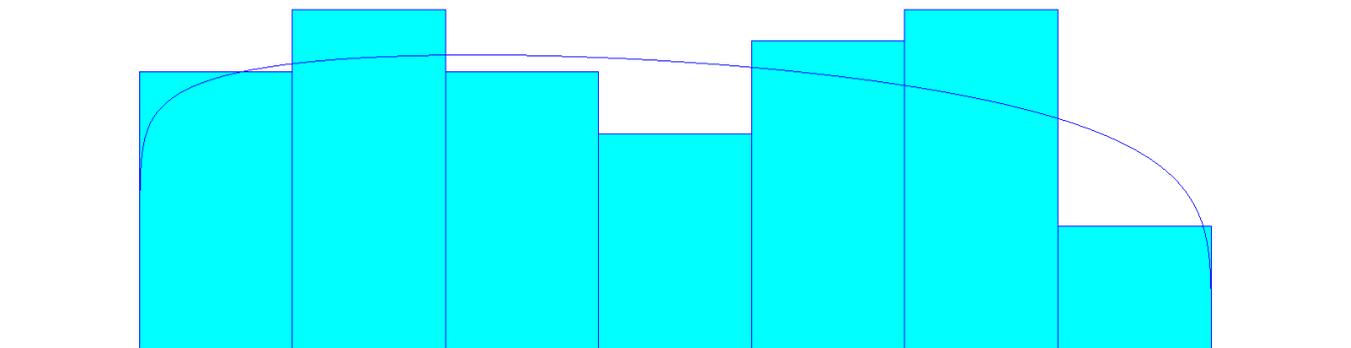
```

Distribución para tiempos de 100000 km



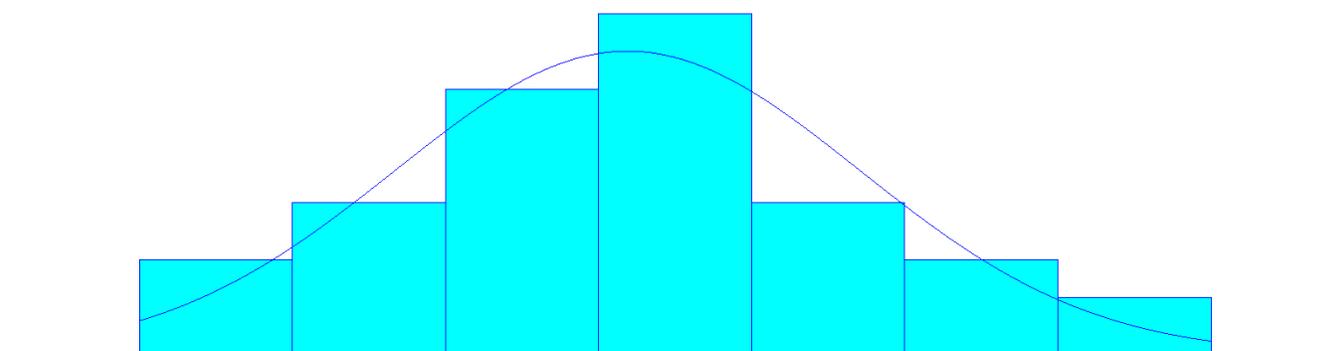
Distribution Summary	
Distribution:	Erlang
Expression:	2.13 + ERLA(0.376, 4)
Square Error:	0.003294
Chi Square Test	
Number of intervals	= 4
Degrees of freedom	= 1
Test Statistic	= 0.657
Corresponding p-value	= 0.442
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0493
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de calidad



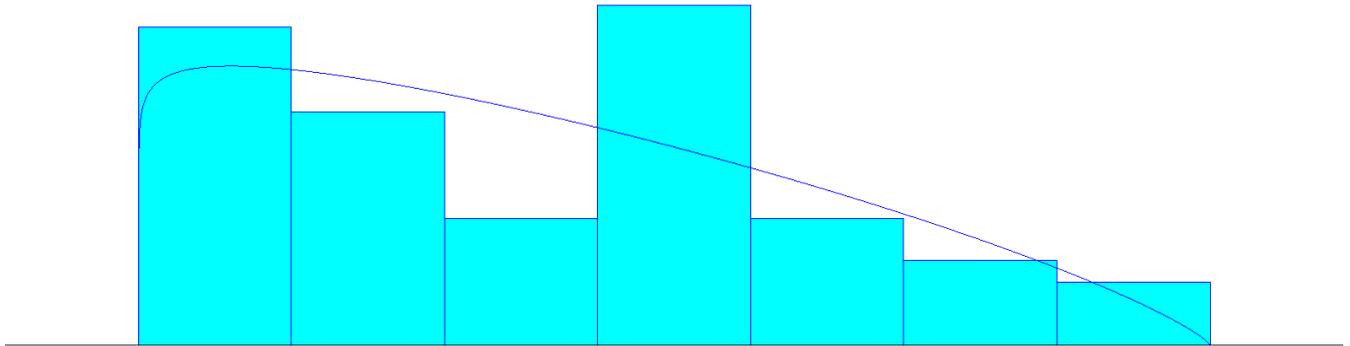
Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	4 + 3.82 * BETA(1.1, 1.22)
Square Error:	0.006126
Chi Square Test	
Number of intervals	= 7
Degrees of freedom	= 4
Test Statistic	= 2.85
Corresponding p-value	= 0.589
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0809
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de lavadora



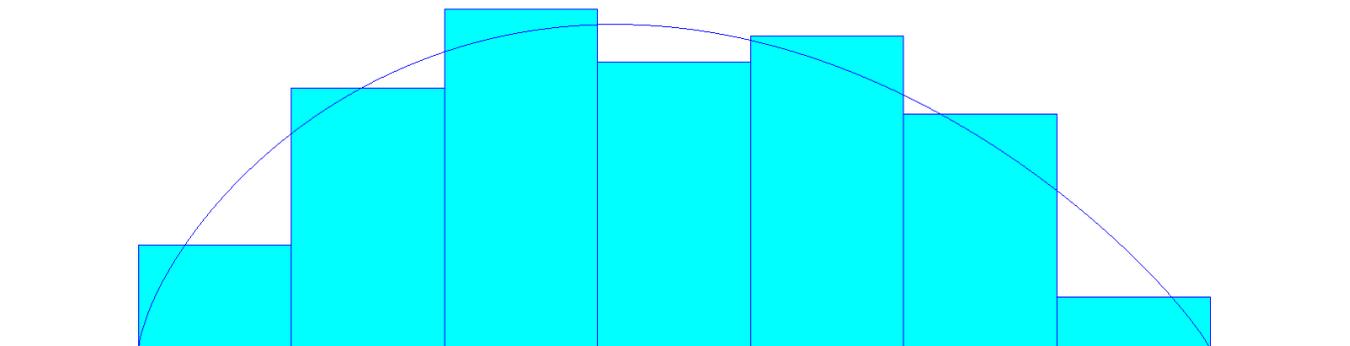
Distribution Summary	
Distribution:	Normal
Expression:	NORM(70.9, 19.9)
Square Error:	0.005472
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 1.55
Corresponding p-value	= 0.471
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0753
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de caja



Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$2 + 2.61 * \text{BETA}(1.07, 1.78)$
Square Error:	0.021686
Chi Square Test	
Number of intervals	= 6
Degrees of freedom	= 3
Test Statistic	= 7.87
Corresponding p-value	= 0.0491
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.125
Corresponding p-value	> 0.15

Distribución para tiempos de entrega



Distribution Summary	
Distribution:	Beta
Expression:	$2 + 0.651 * \text{BETA}(1.69, 1.86)$
Square Error:	0.002114
Chi Square Test	
Number of intervals	= 5
Degrees of freedom	= 2
Test Statistic	= 0.538
Corresponding p-value	> 0.75
Kolmogorov-Smirnov Test	
Test Statistic	= 0.0794
Corresponding p-value	> 0.15

Anexo 24: Resultados luego de correr 16 replicas de la simulación

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.5182	0,12	1.1889	1.9279	0.00	5.9990
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0957	0,01	0.05623059	0.1274	0.00	0.2394
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.9389	0,22	0.3978	1.6606	0.00	5.1458
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.8752	0,09	0.5420	1.1790	0.00	2.0977
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.4280	0,41	2.2694	4.8348	0.00	8.1565

Anexo 25: Tiempos de lavado, secado y tiempo muerto

Lavado (min)	Secado (min)	Tiempo Muerto (TM) (min)	TM/2	Lavado + TM	Secado + TM	Lavado Final (min)	Secado Final (min)
10,17	29,24	43,11	21,555	31,73	50,80	32,13	51,2
16,39	30,07	38,04	19,02	35,41	49,09	35,45	49,09
7,01	15,22	56,55	28,275	35,29	43,50	35,29	43,5
14,32	15,04	53,23	26,615	40,94	41,66	41,34	42,06
17,04	10,1	8,54	4,27	21,31	14,37	21,31	14,37
17,06	4,07	20,09	10,045	27,11	14,12	27,11	14,22
21,07	15,07	34,23	17,115	38,19	32,19	38,19	32,19
11,1	17,17	32,26	16,13	27,23	33,30	27,23	33,3
16,37	19,26	80,08	40,04	56,41	59,30	56,41	59,3
24,08	26,32	19,3	9,65	33,73	35,97	34,13	36,37
17,08	15,35	18,5	9,25	26,33	24,60	26,33	25
13,48	20	26,26	13,13	26,61	33,13	27,01	33,13
20,08	12,06	41,54	20,77	40,85	32,83	41,25	33,23
19,09	33,01	21	10,5	29,59	43,51	29,59	43,51
18,09	29,06	33,07	16,535	34,63	45,60	35,03	46
13,24	26,02	37,41	18,705	31,95	44,73	32,35	45,13
9,05	18,55	30,44	15,22	24,27	33,77	24,27	34,17
29,1	17,11	60,46	30,23	59,33	47,34	59,33	47,34
31,1	35,03	12,16	6,08	37,18	41,11	37,18	41,11
28,02	42,25	14,25	7,125	35,15	49,38	35,15	49,38
31,02	33,01	4,44	2,22	33,24	35,23	33,24	35,23
8,06	27,11	69,23	34,615	42,68	61,73	43,08	62,13
21,52	7,01	24,08	12,04	33,56	19,05	33,56	19,05
13,21	23,04	51,03	25,515	38,73	48,56	39,13	48,56
18,17	13,16	32,48	16,24	34,41	29,40	34,41	29,4
22,48	24,45	48,22	24,11	46,59	48,56	46,59	48,56
19,07	27,06	13,5	6,75	25,82	33,81	26,22	34,21
20,07	26,02	18,41	9,205	29,28	35,23	29,28	35,23
17,1	32	31,36	15,68	32,78	47,68	33,18	48,08
26,17	24,04	27,4	13,7	39,87	37,74	40,27	38,14
20,2	25,12	64,15	32,075	52,28	57,20	52,28	57,2
10,28	8,05	38,16	19,08	29,36	27,13	29,36	27,13
7,25	17,19	55,05	27,525	34,78	44,72	35,18	45,12
9,18	11,42	8,39	4,195	13,38	15,62	13,38	16,02
9,42	14,56	36,54	18,27	27,69	32,83	28,09	33,23
11,05	12,04	23,4	11,7	22,75	23,74	23,15	24,14
13,23	11,58	16,43	8,215	21,45	19,80	21,45	20,2
18	24,28	78,12	39,06	57,06	63,34	57,06	63,34
12,21	24,07	26,2	13,1	25,31	37,17	25,31	37,17
15,28	26,26	23,51	11,755	27,04	38,02	27,04	38,02
14,13	17,34	17,01	8,505	22,64	25,85	23,04	26,25
7,17	17	39,13	19,565	26,74	36,57	27,14	36,57
13,07	21,18	28,11	14,055	27,13	35,24	27,13	35,24
16,07	15,26	39,17	19,585	35,66	34,85	36,06	35,25
19,23	14,34	43,43	21,715	40,95	36,06	41,35	36,06
15,16	16,27	53,24	26,62	41,78	42,89	42,18	43,29
11,02	12,32	25,39	12,695	23,72	25,02	24,12	25,02
13,47	14,34	27,51	13,755	27,23	28,10	27,23	28,1
11,07	11,14	14,44	7,22	18,29	18,36	18,29	18,36
16,59	24,21	63,52	31,76	48,35	55,97	48,35	56,37
8,17	27,06	38,39	19,195	27,37	46,26	27,37	46,26
20,22	12,25	22,31	11,155	31,38	23,41	31,38	23,41
18,35	33,35	31,02	15,51	33,86	48,86	34,26	49,26
19,43	31,13	25,01	12,505	31,94	43,64	32,34	44,04
14,44	16,15	12,02	6,01	20,45	22,16	20,45	22,16
10,07	27,44	36,08	18,04	28,11	45,48	28,11	45,48
5,41	35,11	33,05	16,525	21,94	51,64	22,34	52,04
15,51	12,1	33,01	16,505	32,02	28,61	32,02	29,01
29,54	31,37	40,31	20,155	49,70	51,53	50,1	51,53
9,35	22	17,48	8,74	18,09	30,74	18,09	31,14
10,36	20,15	57,16	28,58	38,94	48,73	39,34	49,13

Anexo 26: Comparación de tiempos de lavado en PROAUTO C.A., Super Wash y las especificaciones de la gerencia.

Lavado (min)	Promedio(min)	Super Wash (min)	Meta (min)
32,13	33,08	13	10
35,45	33,08	13	10
35,29	33,08	13	10
41,34	33,08	13	10
21,31	33,08	13	10
27,11	33,08	13	10
38,19	33,08	13	10
27,23	33,08	13	10
56,41	33,08	13	10
34,13	33,08	13	10
26,33	33,08	13	10
27,01	33,08	13	10
41,25	33,08	13	10
29,59	33,08	13	10
35,03	33,08	13	10
32,35	33,08	13	10
24,27	33,08	13	10
59,33	33,08	13	10
37,18	33,08	13	10
35,15	33,08	13	10
33,24	33,08	13	10
43,08	33,08	13	10
33,56	33,08	13	10
39,13	33,08	13	10
34,41	33,08	13	10
46,59	33,08	13	10
26,22	33,08	13	10
29,28	33,08	13	10
33,18	33,08	13	10
40,27	33,08	13	10
52,28	33,08	13	10
29,36	33,08	13	10
35,18	33,08	13	10
13,38	33,08	13	10
28,09	33,08	13	10
23,15	33,08	13	10
21,45	33,08	13	10
57,06	33,08	13	10
25,31	33,08	13	10
27,04	33,08	13	10
23,04	33,08	13	10
27,14	33,08	13	10
27,13	33,08	13	10
36,06	33,08	13	10
41,35	33,08	13	10
42,18	33,08	13	10
24,12	33,08	13	10
27,23	33,08	13	10
18,29	33,08	13	10
48,35	33,08	13	10
27,37	33,08	13	10
31,38	33,08	13	10
34,26	33,08	13	10
32,34	33,08	13	10
20,45	33,08	13	10
28,11	33,08	13	10
22,34	33,08	13	10
32,02	33,08	13	10
50,1	33,08	13	10
18,09	33,08	13	10
39,34	33,08	13	10

Anexo 27: Comparación de tiempos de secado de PROAUTO C.A., Super Wash y las especificaciones de la gerencia.

Secado (min)	Promedio (min)	Super Wash (min)	Meta (min)
51,2	38	13	10
49,09	38	13	10
43,5	38	13	10
42,06	38	13	10
14,37	38	13	10
14,22	38	13	10
32,19	38	13	10
33,3	38	13	10
59,3	38	13	10
36,37	38	13	10
25	38	13	10
33,13	38	13	10
33,23	38	13	10
43,51	38	13	10
46	38	13	10
45,13	38	13	10
34,17	38	13	10
47,34	38	13	10
41,11	38	13	10
49,38	38	13	10
35,23	38	13	10
62,13	38	13	10
19,05	38	13	10
48,56	38	13	10
29,4	38	13	10
48,56	38	13	10
34,21	38	13	10
35,23	38	13	10
48,08	38	13	10
38,14	38	13	10
57,2	38	13	10
27,13	38	13	10
45,12	38	13	10
16,02	38	13	10
33,23	38	13	10
24,14	38	13	10
20,2	38	13	10
63,34	38	13	10
37,17	38	13	10
38,02	38	13	10
26,25	38	13	10
36,57	38	13	10
35,24	38	13	10
35,25	38	13	10
36,06	38	13	10
43,29	38	13	10
25,02	38	13	10
28,1	38	13	10
18,36	38	13	10
56,37	38	13	10
46,26	38	13	10
23,41	38	13	10
49,26	38	13	10
44,04	38	13	10
22,16	38	13	10
45,48	38	13	10
52,04	38	13	10
29,01	38	13	10
51,53	38	13	10
31,14	38	13	10
49,13	38	13	10

Anexo 28: Diagrama de flujo para el proceso estandarizado de lavado

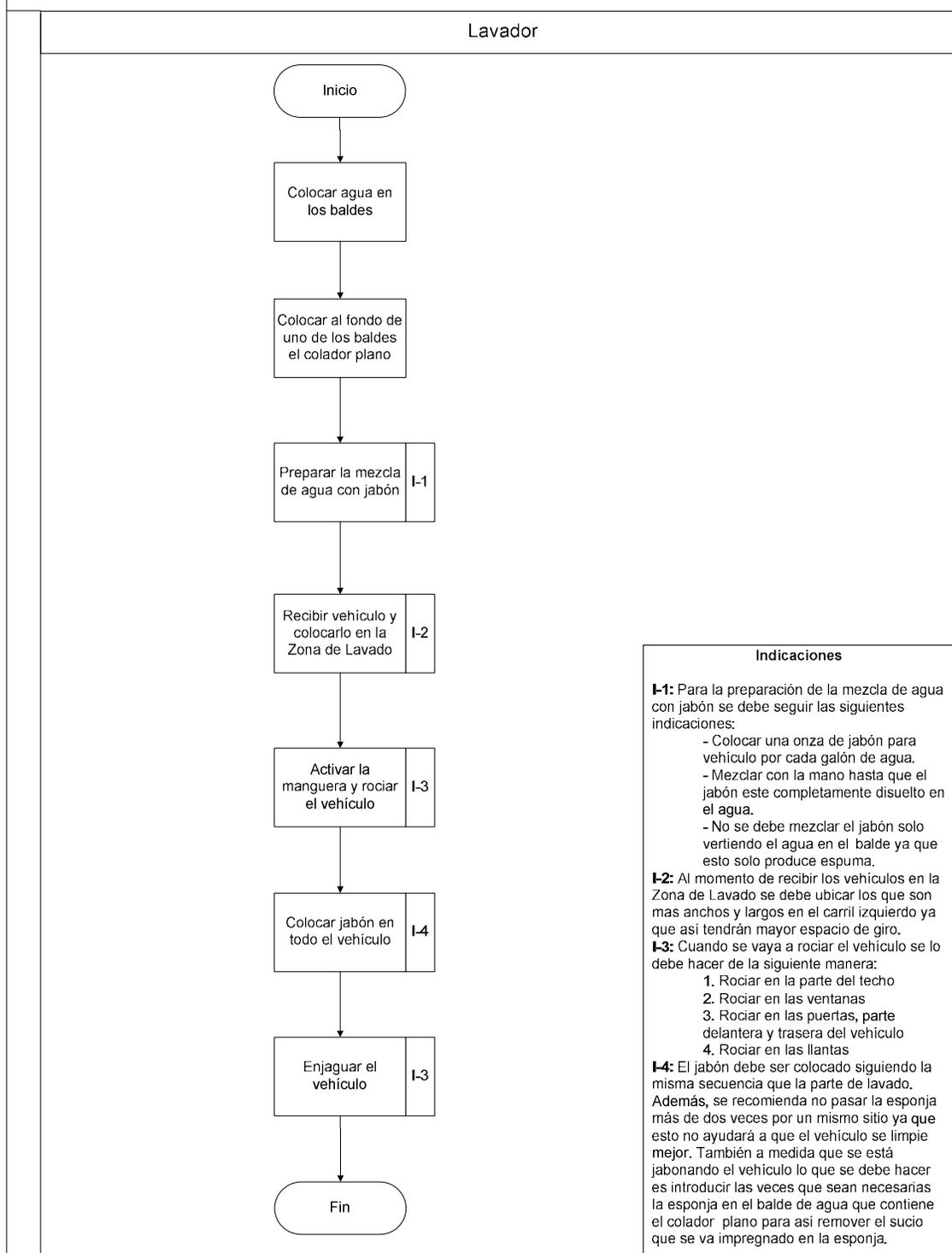
Anexo

Diagrama de Flujo para el Proceso Estandarizado de Lavado

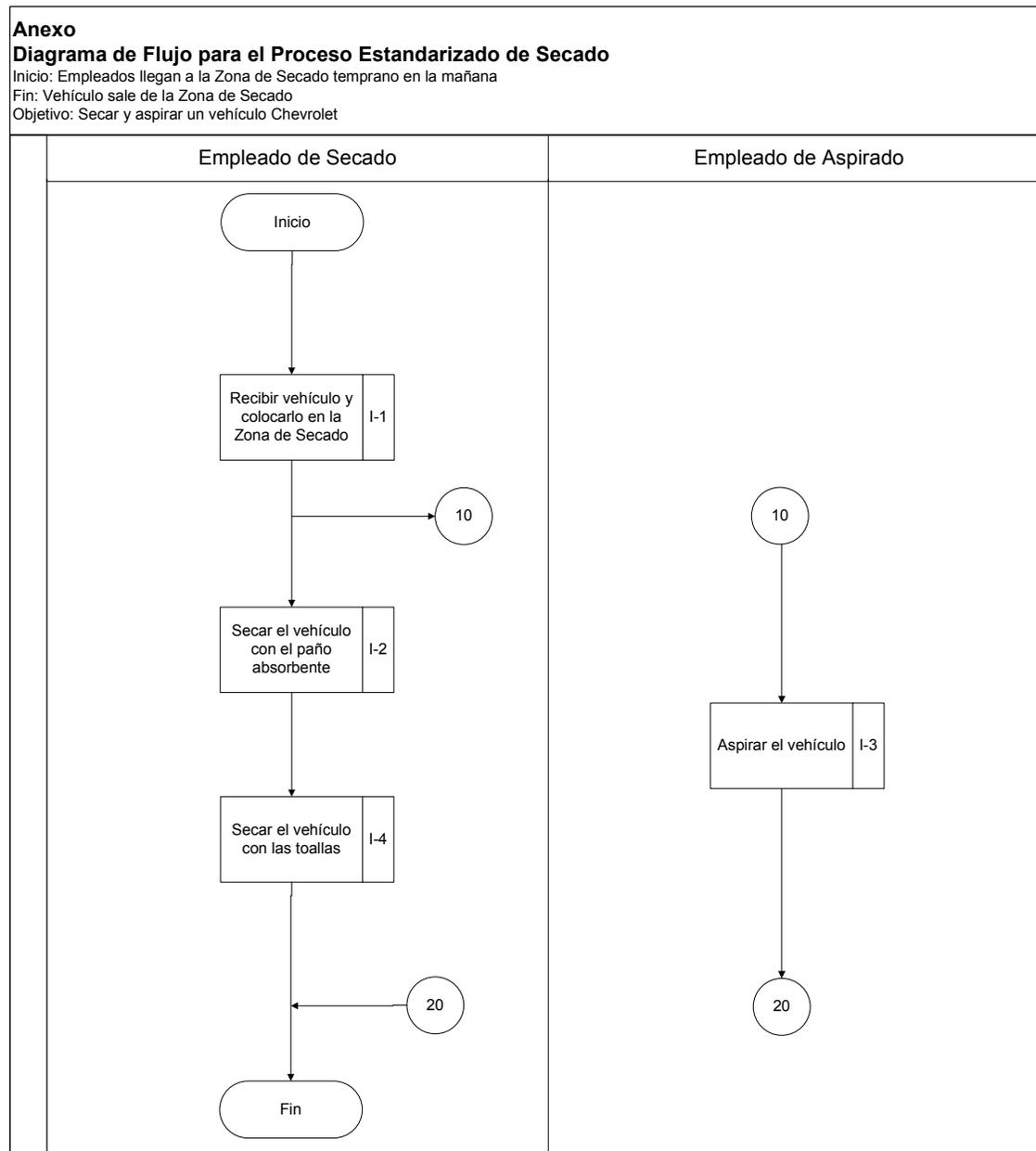
Inicio: Empleados llegan a la Zona de Lavado temprano en la mañana

Fin: Vehículo sale de la Zona de Lavado

Objetivo: Lavar un vehículo Chevrolet



Anexo 29: Diagrama de flujo para el proceso estandarizado de secado



Indicaciones

I-1: Al momento de recibir los vehículos en la Zona de Secado se debe ubicar los que son mas anchos y largos en el carril izquierdo ya que existe mayor espacio.

I-2: Cuando se vaya a secar el vehículo se lo debe hacer de la siguiente manera:

1. Secar la parte del techo
2. Secar las ventanas
3. Secar las puertas, parte delantera y trasera del vehículo
4. Secar los aros de las llantas

I-3: Para aspirar el vehículo se debe hacer de la siguiente forma:

1. Aspirar los asientos desde arriba hacia abajo
2. Aspirar las alfombras
3. Aspirar el piso

I-4: Se deben usar dos toallas, una en cada mano, para secar el vehículo ya que pueden existir residuos de agua. Además se usan dos toallas ya que así se logra secar mas rápido. La manera de secar es igual a lo realizado con el paño absorbente.

Anexo 30: Escenario #1 para el proceso actual: Flujo actual de vehículos con un ingreso promedio de 50 vehículos en los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.8125	0,40	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.6875	0,42	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.5625	0,39	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.6875	0,61	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.3750	0,33	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3750	0,33	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	25.5000	2,29	16.0000	31.0000
Total vehiculos con cita	1.9375	0,69	0.00	4.0000
Total vehiculos sin cita	29.1250	1,87	21.0000	36.0000
Vehiculos que no ingresaron	9.0625	2,91	0.00	20.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.5182	0,12	1.1889	1.9279	0.00	5.9990
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0957	0,01	0.05623059	0.1274	0.00	0.2394
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.9389	0,22	0.3978	1.6606	0.00	5.1458
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.8752	0,09	0.5420	1.1790	0.00	2.0977
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.4280	0,41	2.2694	4.8348	0.00	8.1565

Anexo 31: Escenario #2 para el proceso actual: Promoción del 10% para los clientes que acuden al concesionario los días Jueves y Viernes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.8125	0,40	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.6250	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.6250	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.6875	0,61	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.3750	0,33	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3750	0,33	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	25.2500	2,03	16.0000	30.0000
Total vehiculos con cita	1.7500	0,71	0.00	4.0000
Total vehiculos sin cita	28.6250	1,33	21.0000	32.0000
Vehiculos que no ingresaron	0.00	0,00	0.00	0.00

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.0392	0,14	1.7482	2.6704	0.5295	5.9795
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1286	0,01	0.0963	0.1599	0.00	0.2401
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.2250	0,16	0.7552	1.7367	0.00	5.0746
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.1737	0,04	1.0231	1.2942	0.03676374	2.0818
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	4.5665	0,17	4.0106	5.1161	0.8418	7.6792

Anexo 32: Escenario #3 para el proceso actual: Restricción en la hora máxima de recepción de vehículos hasta las 11:30 am.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.8125	0,40	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.6875	0,42	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.5625	0,39	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.6875	0,61	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.3750	0,33	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	25.5625	1,80	18.0000	30.0000
Total vehiculos con cita	1.6875	0,67	0.00	4.0000
Total vehiculos sin cita	27.5625	1,63	19.0000	33.0000
Vehiculos que no ingresaron	27.5000	2,51	18.0000	35.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.9912	0,04	0.8508	1.1990	0.00	5.9807
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.06205834	0,01	0.04563549	0.07862631	0.00	0.2394
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.5910	0,10	0.3356	0.9553	0.00	4.4315
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.5725	0,05	0.4280	0.7241	0.00	2.1554
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.2168	0,18	1.7469	2.8364	0.00	7.7636

Anexo 33: Escenario #4 para el proceso actual: Flujo actual de vehículos pero aumentando un técnico proveniente de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.8750	0,47	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.6875	0,32	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	1.0000	0,48	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.5000	0,48	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	1.0000	0,78	0.00	5.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.5625	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Total vehiculos atendidos	27.4375	2,09	19.0000	33.0000
Total vehiculos con cita	2.0000	0,85	0.00	5.0000
Total vehiculos sin cita	32.5625	2,10	26.0000	40.0000
Vehiculos que no ingresaron	8.8125	2,59	0.00	15.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.5864	0,12	1.1945	2.0583	0.00	6.0725
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0938	0,01	0.07302552	0.1220	0.00	0.2306
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.9318	0,18	0.4506	1.6701	0.00	4.8716
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.8885	0,07	0.7203	1.1537	0.00	2.0776
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.5006	0,34	2.7141	4.9008	0.00	7.7237

Anexo 34: Escenario #5 para el proceso actual: Flujo actual de vehículos pero aumentando dos técnicos provenientes de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.8750	0,61	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.5625	0,34	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.8750	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	1.2500	0,66	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.6250	0,55	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.6250	0,47	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.4375	0,34	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Total vehiculos atendidos	28.3750	1,44	22.0000	35.0000
Total vehiculos con cita	2.3750	0,85	1.0000	5.0000
Total vehiculos sin cita	35.3750	1,65	30.0000	40.0000
Vehiculos que no ingresaron	8.9375	3,12	0.00	18.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.6407	0,15	1.1802	2.2094	0.00	6.0563
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0972	0,01	0.06561754	0.1320	0.00	0.2294
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.8428	0,20	0.3973	1.5827	0.00	4.4338
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.8994	0,09	0.6553	1.2095	0.00	2.1401
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.4801	0,41	2.4556	4.9917	0.00	8.7755

Anexo 35: Escenario #1 para la propuesta #1: Flujo actual de vehículos con un ingreso promedio de 50 vehículos en los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.3125	0,57	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.7500	0,46	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.6875	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.4375	0,48	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3750	0,33	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	27.5625	1,62	22.0000	32.0000
Total vehiculos con cita	0.9375	0,41	0.00	2.0000
Total vehiculos sin cita	29.5000	1,57	24.0000	34.0000
Vehiculos que no ingresaron	9.4375	2,92	0.00	22.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.5978	0,13	1.2104	1.9922	0.00	6.6114
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0959	0,01	0.07620932	0.1267	0.00	0.2377
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.0207	0,12	0.4679	1.4622	0.00	4.7096
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.4427	0,04	0.3317	0.5833	0.00	0.5833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.1572	0,26	2.0861	4.1644	0.00	7.6270

Anexo 36: Escenario #2 para la propuesta #1: Promoción del 10% para los clientes que acuden al concesionario los días Jueves y Viernes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.3750	0,58	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.7500	0,46	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.6875	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.4375	0,48	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	27.6875	1,82	22.0000	33.0000
Total vehiculos con cita	1.0000	0,43	0.00	2.0000
Total vehiculos sin cita	29.5000	1,44	26.0000	35.0000
Vehiculos que no ingresaron	0.00	0,00	0.00	0.00

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.1163	0,12	1.7675	2.5464	0.5367	6.5827
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1277	0,01	0.1122	0.1440	0.00	0.2302
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.3364	0,11	0.8959	1.6563	0.00	4.5083
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.5833	0,00	0.5833	0.5833	0.5833	0.5833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	4.1637	0,15	3.7285	4.7648	1.2363	7.5490

Anexo 37: Escenario #3 para la propuesta #1: Restricción en la hora máxima de recepción de vehículos hasta las 11:30 am.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.0625	0,57	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.5625	0,43	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.6875	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.3750	0,43	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	27.1250	1,63	23.0000	32.0000
Total vehiculos con cita	1.0000	0,43	0.00	2.0000
Total vehiculos sin cita	27.8125	1,57	24.0000	35.0000
Vehiculos que no ingresaron	28.6250	2,01	23.0000	36.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.0291	0,04	0.8229	1.1871	0.00	6.6039
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.06048866	0,00	0.05088952	0.07597310	0.00	0.2265
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.6351	0,08	0.2266	0.8574	0.00	4.9841
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.2842	0,02	0.2333	0.3333	0.00	0.5833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.0090	0,13	1.3342	2.3103	0.00	7.5011

Anexo 38: Escenario #4 para la propuesta #1: Flujo actual de vehículos pero aumentando un técnico proveniente de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.8125	0,62	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.5000	0,28	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.6875	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.4375	0,39	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.7500	0,50	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.4375	0,34	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Total vehiculos atendidos	31.3125	1,67	23.0000	36.0000
Total vehiculos con cita	1.7500	0,53	0.00	4.0000
Total vehiculos sin cita	32.3750	1,87	25.0000	38.0000
Vehiculos que no ingresaron	10.7500	2,58	5.0000	19.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.5700	0,09	1.2644	1.8606	0.00	6.5264
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0954	0,01	0.07239638	0.1123	0.00	0.2341
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.9019	0,11	0.6043	1.3715	0.00	4.6747
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.4382	0,03	0.3194	0.5000	0.00	0.5833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.0056	0,21	2.3687	3.6167	0.00	7.4194

Anexo 39: Escenario #5 para la propuesta #1: Flujo actual de vehículos pero aumentando dos técnicos provenientes de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.4375	0,64	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.4375	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.6875	0,42	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.7500	0,50	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.8125	0,49	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.5000	0,39	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	35.4375	1,54	30.0000	42.0000
Total vehiculos con cita	2.1250	0,70	0.00	5.0000
Total vehiculos sin cita	35.8750	2,01	28.0000	43.0000
Vehiculos que no ingresaron	8.5000	2,31	2.0000	14.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.6710	0,11	1.4297	2.0171	0.00	6.5479
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1002	0,01	0.07712691	0.1314	0.00	0.2287
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.9368	0,19	0.4984	1.7016	0.00	4.3648
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.4745	0,03	0.4019	0.5534	0.00	0.5833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.1825	0,31	2.5010	4.2578	0.00	7.8633

Anexo 40: Escenario #1 para la propuesta #2: Flujo actual de vehículos con un ingreso promedio de 50 vehículos en los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.8750	0,67	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.8750	0,47	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.4375	0,34	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.6250	0,43	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.3750	0,33	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Total vehiculos atendidos	31.1875	2,08	24.0000	40.0000
Total vehiculos con cita	1.9375	0,63	0.00	4.0000
Total vehiculos sin cita	30.9375	1,79	26.0000	40.0000
Vehiculos que no ingresaron	7.6250	2,86	0.00	18.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.5898	0,12	1.2913	2.0288	0.00	5.9131
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1050	0,01	0.07763210	0.1349	0.00	0.2276
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.1772	0,16	0.5844	2.0039	0.00	5.5185
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.2303	0,02	0.1700	0.2833	0.00	0.2833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.1023	0,27	2.1310	4.2297	0.00	7.2417

Anexo 41: Escenario #2 para la propuesta #2: Promoción del 10% para los clientes que acuden al concesionario los días Jueves y Viernes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.8125	0,59	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.9375	0,53	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.5000	0,43	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Total vehiculos atendidos	30.5000	1,85	23.0000	36.0000
Total vehiculos con cita	1.8750	0,61	0.00	4.0000
Total vehiculos sin cita	29.6875	1,50	24.0000	34.0000
Vehiculos que no ingresaron	0.00	0,00	0.00	0.00

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.9851	0,09	1.7240	2.3476	0.5365	5.9035
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1283	0,00	0.1157	0.1497	0.00	0.2307
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.3956	0,15	0.9484	1.8716	0.00	4.7661
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.2833	0,00	0.2833	0.2833	0.2833	0.2833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.7924	0,18	3.1876	4.3153	0.9056	7.7069

Anexo 42: Escenario #3 para la propuesta #2: Restricción en la hora máxima de recepción de vehículos hasta las 11:30 am.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.6875	0,54	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.8125	0,40	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.5000	0,34	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.4375	0,43	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Total vehiculos atendidos	28.9375	1,80	24.0000	35.0000
Total vehiculos con cita	1.8750	0,64	0.00	4.0000
Total vehiculos sin cita	27.9375	1,77	20.0000	33.0000
Vehiculos que no ingresaron	27.3750	2,73	15.0000	35.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.0283	0,05	0.8610	1.2503	0.00	5.8849
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.06523759	0,01	0.04762493	0.08894899	0.00	0.2287
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.6822	0,13	0.3381	1.3016	0.00	5.2330
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1463	0,01	0.1153	0.1966	0.00	0.2833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.9221	0,18	1.4627	2.8374	0.00	7.3384

Anexo 43: Escenario #4 para la propuesta #2: Flujo actual de vehículos pero aumentando un técnico proveniente de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.3125	0,47	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.4375	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.8750	0,47	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.8125	0,44	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	1.0000	0,51	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.4375	0,34	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Total vehiculos atendidos	34.6875	1,87	30.0000	42.0000
Total vehiculos con cita	2.2500	1,11	0.00	9.0000
Total vehiculos sin cita	33.9375	1,54	30.0000	41.0000
Vehiculos que no ingresaron	10.4375	2,48	0.00	19.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.5180	0,11	1.3210	2.1656	0.00	6.6117
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0974	0,01	0.07753403	0.1420	0.00	0.2330
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.9241	0,18	0.3692	1.6353	0.00	3.9603
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.2198	0,01	0.1757	0.2833	0.00	0.2833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.7592	0,29	2.0242	4.1142	0.00	7.3554

Anexo 44: Escenario #5 para la propuesta #2: Flujo actual de vehículos pero aumentando dos técnicos provenientes de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.0000	0,58	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.7500	0,36	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.6875	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.6250	0,55	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.5000	0,34	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	38.3125	1,66	33.0000	43.0000
Total vehiculos con cita	2.0000	0,73	0.00	4.0000
Total vehiculos sin cita	38.2500	1,55	34.0000	43.0000
Vehiculos que no ingresaron	8.5000	2,17	1.0000	15.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.6503	0,09	1.3889	2.0298	0.00	5.8200
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1072	0,01	0.0903	0.1492	0.00	0.2250
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.8743	0,12	0.4814	1.3183	0.00	4.1350
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.2334	0,01	0.1983	0.2763	0.00	0.2833
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.8653	0,20	2.1851	3.7258	0.00	6.5144

Anexo 45: Escenario #1 para la propuesta #3: Flujo actual de vehículos con un ingreso promedio de 50 vehículos en los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.1875	0,62	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.4375	0,39	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.5625	0,43	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.6875	0,42	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.4375	0,55	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3125	0,38	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	29.6250	2,10	23.0000	36.0000
Total vehiculos con cita	1.8125	0,71	0.00	5.0000
Total vehiculos sin cita	28.8750	1,97	23.0000	35.0000
Vehiculos que no ingresaron	10.6875	2,70	4.0000	20.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.5321	0,14	1.1912	2.1590	0.00	6.0319
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0930	0,01	0.07703566	0.1155	0.00	0.2282
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.9952	0,15	0.6000	1.7476	0.00	4.5705
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1487	0,01	0.1095	0.1784	0.00	0.2000
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.7690	0,26	2.1482	3.9087	0.00	7.3316

Anexo 46: Escenario #2 para la propuesta #3: Promoción del 10% para los clientes que acuden al concesionario los días Jueves y Viernes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.2500	0,71	0.00	5.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.4375	0,39	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.5625	0,43	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.6875	0,42	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.4375	0,55	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3125	0,38	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	29.6250	2,28	21.0000	36.0000
Total vehiculos con cita	1.8125	0,71	0.00	5.0000
Total vehiculos sin cita	29.0000	2,09	23.0000	34.0000
Vehiculos que no ingresaron	0.00	0,00	0.00	0.00

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.0519	0,14	1.7239	2.5941	0.5186	6.0319
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1208	0,01	0.1063	0.1507	0.00	0.2282
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.3357	0,17	0.8263	2.1427	0.00	4.7437
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.2000	0,00	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	3.7085	0,23	3.0192	4.4715	0.8443	7.5306

Anexo 47: Escenario #3 para la propuesta #3: Restricción en la hora máxima de recepción de vehículos hasta las 11:30 am.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.0625	0,60	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.3750	0,33	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.5000	0,39	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.5625	0,39	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.3750	0,55	0.00	4.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.2500	0,24	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.2500	0,31	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.2500	0,31	0.00	2.0000
Total vehiculos atendidos	27.4375	1,62	22.0000	33.0000
Total vehiculos con cita	1.5625	0,67	0.00	5.0000
Total vehiculos sin cita	26.0625	1,51	22.0000	31.0000
Vehiculos que no ingresaron	29.8125	1,98	24.0000	38.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.0079	0,06	0.8525	1.2139	0.00	6.0597
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.05979193	0,00	0.04758039	0.07705253	0.00	0.2306
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.5922	0,11	0.2096	1.0850	0.00	4.7756
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0960	0,01	0.07333333	0.1111	0.00	0.2000
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.7559	0,17	1.1984	2.4638	0.00	7.3216

Anexo 48: Escenario #4 para la propuesta #3: Flujo actual de vehículos pero aumentando un técnico proveniente de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	0.9375	0,53	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.6250	0,47	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.1875	0,21	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.8750	0,47	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.6875	0,42	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.8125	0,49	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3125	0,32	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.1250	0,18	0.00	1.0000
Total vehiculos atendidos	34.7500	1,41	30.0000	39.0000
Total vehiculos con cita	2.0625	0,57	1.0000	4.0000
Total vehiculos sin cita	34.0000	1,46	31.0000	40.0000
Vehiculos que no ingresaron	10.3750	2,90	0.00	20.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.5480	0,10	1.2708	1.8880	0.00	6.0246
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.0984	0,01	0.07364123	0.1321	0.00	0.2322
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.0389	0,20	0.6032	1.9014	0.00	4.7095
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1556	0,01	0.1200	0.2000	0.00	0.2000
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.8409	0,30	2.1306	4.1061	0.00	7.1289

Anexo 49: Escenario #5 para la propuesta #3: Flujo actual de vehículos pero aumentando dos técnicos provenientes de otra sucursal de PROAUTO C.A. los días lunes.

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

User Specified

Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Numero de vehiculos 55000 sin cita	1.6250	0,87	0.00	6.0000
Numero de vehiculos 60000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 60000 sin cita	0.5000	0,39	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 65000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 65000 sin cita	0.8125	0,40	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 70000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 70000 sin cita	0.8125	0,35	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 75000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 75000 sin cita	0.8125	0,49	0.00	3.0000
Numero de vehiculos 80000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 80000 sin cita	0.6875	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 85000 con cita	0.06250000	0,13	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 85000 sin cita	0.3125	0,38	0.00	2.0000
Numero de vehiculos 90000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 90000 sin cita	0.3125	0,26	0.00	1.0000
Numero de vehiculos 95000 con cita	0.00	0,00	0.00	0.00
Numero de vehiculos 95000 sin cita	0.3750	0,27	0.00	1.0000
Total vehiculos atendidos	37.0000	2,51	27.0000	44.0000
Total vehiculos con cita	2.5000	0,80	0.00	5.0000
Total vehiculos sin cita	36.3125	1,89	29.0000	42.0000
Vehiculos que no ingresaron	8.4375	3,17	0.00	15.0000

Mantenimiento Preventivo PROAUTO C.A.

Replications: 16 Time Units : Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	1.7192	0,17	1.3645	2.3754	0.00	6.0366
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1025	0,01	0.08131417	0.1306	0.00	0.2343
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.8836	0,22	0.3704	1.7785	0.00	4.9348
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	0.1650	0,01	0.1286	0.2000	0.00	0.2000
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Vehiculos proauto	2.8704	0,37	2.0529	4.4313	0.00	7.5058