



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA MEDIANTE EL USO DE
SOFTWARE LIBRE PARA EL CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD EN FLOTAS DE
TRANSPORTE

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: ANTHONY PAUL OCHOA LUZURIAGA

LUIS ALFREDO VILLA VILLA

TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Anthony Paul Ochoa Luzuriaga con documento de identificación N° 1900479146 y Luis Alfredo Villa Villa con documento de identificación N° 0301992467; manifestamos que:

Somos autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 01 de julio del 2022

Atentamente,



Anthony Paul Ochoa Luzuriaga

1900479146



Luis Alfredo Villa Villa

0301992467

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros Anthony Paul Ochoa Luzuriaga con documento de identificación N° 1900479146 y Luis Alfredo Villa Villa con documento de identificación N° 0301992467, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Desarrollo de una herramienta informática mediante el uso de software libre para el cálculo de la confiabilidad en flotas de transporte”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz. en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de julio del 2022

Atentamente,



Anthony Paul Ochoa Luzuriaga

1900479146



Luis Alfredo Villa Villa

0301992467

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N° 0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA INFORMÁTICA MEDIANTE EL USO DE SOFTWARE LIBRE PARA EL CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD EN FLOTAS DE TRANSPORTE, realizado por Anthony Paul Ochoa Luzuriaga con documento de identificación N° 1900479146 y por Luis Alfredo Villa Villa con documento de identificación N° 0301992467, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 01 de julio del 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal line across the middle, positioned above a horizontal line.

Ing. Cristian Leonardo García García, PhD.

0103898318

Dedicatoria

A mis padres M^a Cruz y Luis Antonio quienes con su esfuerzo paciencia y dedicación han hecho posible llegar hoy hasta donde me encuentro cumpliendo una gran meta de mi vida, gracias por hacerme una persona de bien capaz de superar las dificultades de la vida.

A ti mi compañera de la vida Sonia por todo el apoyo en cada aspecto importante para poder seguir mejorando como persona, quiero dedicarte hoy y siempre cada uno de mis logros. Gracias por estar siempre en las buenas, pero también en las malas ya que tu apoyo refuerza mi voluntad para luchar y seguir creciendo.

Finalmente quisiera dedicar esta tesis a mis hermanas que con su cariño, aliento y apoyo pude completar sin grandes dificultades mi carrera como profesional, por extender la mano en los momentos difíciles, por aconsejarme en la vida, de verdad muchas gracias hermanitas, siempre las llevaré en mi corazón.

Luis Alfredo Villa Villa

Dedicatoria

A mis Padres José Ochoa y Clara Luzuriaga quienes me han apoyado en todo el transcurso de mi vida personal y académica, gracias a su esfuerzo, paciencia y compañía me han permitido llegar a este punto de mi vida y alcanzar mis metas.

A mis hermanos Jonathan Ochoa y Vanessa Ochoa, por cuidar de mi desde muy pequeño y siempre brindarme su apoyo en cualquier adversidad y situación que se ha presentado en mi vida, brindándome consejos y aliento para seguir adelante y no dejarme vencer por los problemas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas las personas que me han apoyado en varios momentos de mi vida, mis amistades y familiares cercanos los cuales siempre me han dado esperanza y consejos para culminar mi carrera.

Anthony Paul Ochoa Luzuriaga

Agradecimientos

Quiero agradecer primeramente a Dios por bendecirme siempre con el alimento y el trabajo de mis padres y hermanos además de permitirme llegar a este punto de mi vida, con salud y con las personas que más quiero, mi familia.

Realizo un profundo agradecimiento a las autoridades, docentes y personal de la Universidad Politécnica Salesiana, por abrir mi mente y permitirme desarrollar grandes cualidades humanas y técnicas, en todo este proceso educativo.

Agradezco al Ingeniero Cristian García por su enseñanza y acompañamiento en el desarrollo de este proyecto brindando su disposición, valores y enseñanzas con las cuales he logrado cumplir mis objetivos planteados.

Anthony Paul Ochoa Luzuriaga

Agradecimientos

Quisiera agradecer a cada una de las autoridades y personal de la Universidad Politécnica Salesiana por abrirme las puertas al conocimiento y poder mejorar mis capacidades como profesional. De la misma manera quisiera dar gracias a dios por ser fuente de fuerza y salud para mi familia quienes con su apoyo hicieron posible la culminación de la carrera.

De igual manera a mi tutor de tesis y docente Ingeniero Cristian García por su desempeño como guía en el desarrollo del presente documento prestando siempre su mano en las incertidumbres y cuestiones que aborda el presente trabajo.

Finalmente, gracias a mi compañero de tesis y carrera Anthony Ochoa quien supo dar lo mejor de un profesional y con su conocimiento y su buen hacer ser un pilar y un apoyo en todos los aspectos del proyecto de titulación.

Luis Alfredo Villa Villa

RESUMEN

En la actualidad la mayor parte de empresas cuenta con flotas de transporte para desarrollar sus actividades, los vehículos cuentan con un grado de confiabilidad que hace referencia al mantenimiento y disponibilidad. En este orden de ideas se prevé la necesidad de contar con una herramienta informática que facilite el análisis de confiabilidad de cada vehículo. El desarrollo de la herramienta se basa en un análisis de modelos estadísticos enfocados a calcular la confiabilidad, como lo es Weibull y Crow-AMSAA, destacando sobre otros modelos de distribución (Gaussiana, exponencial, log-normal, Rayleigh, Makeham). En base al análisis anterior se realiza la selección de un lenguaje de programación libre, destacando Python y RStudio de otros lenguajes (Java, C, Visual Basic, Octave) por su aplicación en ciencia de datos enfocada a confiabilidad, sin embargo, comparando los dos lenguajes de programación, sobresale Python al contar con la librería Reliability de readthedocs mismo que tiene embebido librerías para el cálculo de confiabilidad, entre ellos Weibull y Crow-AMSAA. Se utiliza la distribución de programación Anaconda Distribución que incluye la aplicación cliente-servidor “Jupyter”, un intérprete de Python que también cuenta con otras librerías que complementan a Reliability (NumPy, pandas, matplotlib). Se obtiene una herramienta que genera indicadores de confiabilidad, en primero mediante Weibull se ofrece graficas de ajuste probabilidad de fallo, funciones de Weibull y la confiabilidad, en segundo mediante Crow-AMSAA se obtiene gráficas del crecimiento de confiabilidad y la tasa de ocurrencia de fallas. Finalmente se evalúa la herramienta mediante un caso práctico de flota de 10 camionetas Chevrolet DMax (usadas), destacando que el 70% de eventos(fallas) se presenta a los 20 días según los datos proporcionados por la empresa. Las camionetas 4x4 C62 y C72 tienen la menor confiabilidad esto se orienta a sus componentes, conductor y el tipo de conducción.

Palabras Claves: Confiabilidad, Python, Weibull, Crow-AMSAA, datos, fallas.

Abstract

Nowadays companies have transport fleets for develop their activities, vehicles have a reliability grade that referred to maintenance process and availability. In this order of ideas stands of needs of an informatic tool that made easy the vehicles reliability analysis. The development of the tool is based in a statistic method analysis focused on reliability, these are Weibull and Crow-AMSAA models that can be discerned of other distribution models (Gaussian, exponential, log-normal, Rayleigh, Makeham). A selection free software is held based on previous analysis, stand out Python and RStudio of other languages (Java, C, Visual Studio, Octave) for their application in data science focused on reliability, nevertheless, comparing both software Python Stand out, it has the Reliability library of readthedocs that has a lot of information of various model focus to reliability, among them Weibull and Crow-AMSAA. Is used Anaconda Distribution software that have Jupyter, a Python interpreter that have other libraries to complement Reliability (NumPy, pandas, matplotlib). The tool is obtained, it generates reliability indicators, first by means of Weibull is generate plots of failure probability fit, Weibull functions, and reliability, second by means of Crow-AMSAA is generate plots of reliability growth and rate of occurrence of failures. Finally, the tool is evaluated by a practice case of a 10 pickups fleet, they are Chevrolet Dmax (used), where stand up that 70% of events (failures) present in 20 days according to the provided company data. The 4x4 pickups C62 and C72 have the less reliability this is oriented to their components, the driver and type of driving.

Keywords: Reliability, Python, Weibull, Crow-AMSAA, data, failures.

Tabla de Contenidos

INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA.....	2
Antecedentes.....	2
Importancia y Alcances.....	2
Delimitación.....	3
Objetivos.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Capítulo 1. Fundamentos Teóricos Y Estado Del Arte.....	5
Confiabilidad De Equipos.....	5
Sistemas En Serie.....	8
Sistemas En Paralelo.....	8
Sistemas Mixtos.....	9
Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad RCM.....	10
Confiabilidad De Elementos.....	10
Modelos Estadísticos	11
Modelo De Weibull.....	11
Modelo De Crow-AMSAA.....	15
Método De Regresión De Rango.....	16
Método De Máxima Verisimilitud.....	17
Flotas De Transporte.....	20
Capítulo 2. Análisis De Software Libre.....	23
Lenguajes De Programación.....	23
Software R.....	23
Python.....	24
Reliability.....	26
Comparativa Entre Los Lenguajes De Programación.....	29
Capítulo3. Desarrollo De Herramienta Informática Para El Análisis De Confiabilidad.	30
Instalación de recursos necesarios.	30
Programación de la herramienta	33
Programación Weibull	34
Programación Crow-AMSAA	38
Interfaz de la herramienta	41
Capítulo 4. Evaluación de la herramienta informática.....	44
Recolección De Datos.....	44
Análisis De Datos	45
Indicadores de Confiabilidad del Modelo de Weibull	48
Indicadores De Confiabilidad Del Modelo De CROW-AMSAA.....	53
Evaluación De Los Datos De La Flota	55
CONCLUSIONES	63

RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	69
Anexo 1. Especificaciones del vehículo modelo de la flota.	69
Anexo 2. Tablas de datos sin filtrado de la empresa.....	70
Anexo 3. Tablas de datos organizados de las camionetas	80
Anexo 4. Creación de la interfaz gráfica	99

Lista de tablas

Tabla 1. Descripción de los modelos estadísticos de Weibull y Crow AMSAA.....	18
Tabla 2. Comparación de las características de los modelos Weibull y Crow-AMSAA.	19
Tabla 3. Modelos estadísticos enfocados al cálculo de confiabilidad.	19
Tabla 4. Clasificación de Flotas de Transporte vehicular.....	21
Tabla 5. Vehículos de la categoría N1.....	22
Tabla 6. Comparación de Python y R.....	29
Tabla 7. Formato de datos para Weibull Camioneta 79.....	45
Tabla 8. Formato de datos para Crow-Amsaa (Camioneta 79).	46
Tabla 9. Listado de camionetas de análisis.....	47
Tabla 10. Lista de resultados de Confiabilidad.....	57
Tabla 11. Especificaciones Técnicas Max.....	69
Tabla 12. Datos sin filtrar C53.....	70
Tabla 13. Datos sin filtrar C55.....	71
Tabla 14. Datos sin filtrar C56.....	72
Tabla 15. Datos sin filtrar C61.....	73
Tabla 16. Datos sin filtrar C62.....	74
Tabla 17. Datos sin filtrar C63.....	75
Tabla 18. Datos sin filtrar C67.....	76
Tabla 19. Datos sin filtrar C72.....	77
Tabla 20. Datos sin filtrar C78.....	78
Tabla 21. Datos sin filtrar C79.....	79
Tabla 22. Datos filtrados de la camioneta 53.....	81
Tabla 23. Datos filtrados de la camioneta 55.....	82
Tabla 24. Datos filtrados de la camioneta 56.....	84
Tabla 25. Datos filtrados de la camioneta 61.....	86
Tabla 26. Datos filtrados de la camioneta 62.....	89
Tabla 27. Datos filtrados de la camioneta 63.....	91
Tabla 28. Datos filtrados de la camioneta 67.....	93
Tabla 29. Datos filtrados de la camioneta 72.....	95
Tabla 30. Datos filtrados de la camioneta 78.....	96
Tabla 31. Datos filtrados de la camioneta 79.....	97

Lista de figuras

Figura 1. Curva de la bañera.	5
Figura 2. Operación de un equipo en función del tiempo.	7
Figura 3. Sistema en serie.	8
Figura 4. Sistema en paralelo.	9
Figura 5. Sistema mixto.	9
Figura 6. Parámetro de forma β	11
Figura 7. Ilustración de la tasa de fallo.	14
Figura 8. Logo R Studio.	23
Figura 9. Logo Python	24
Figura 10. Ratings de Lenguajes de programación.	26
Figura 11. Interfaz de la librería "reliability"	27
Figura 12. Logo Librería NumPy.	28
Figura 13. Logo librería pandas	28
Figura 14. Logo librería matplotlib.	28
Figura 15. Software Anaconda	30
Figura 16. Icono de Anaconda Navigator	31
Figura 17. Anaconda Navigator Fuente: Captura local	31
Figura 18. Launcher de JupyterLab	32
Figura 19. Línea de comando JupyterLab	33
Figura 20. Dataframe ingresado al código de Python formato Weibull.	35
Figura 21. Gráfica del ajuste de probabilidad de fallo mediante Weibull C55.	35
Figura 22. Gráficas de funciones de Weibull C72.	36
Figura 23. Gráfica de confiabilidad mediante Weibull C61.	37
Figura 24. Dataframe ingresado al código de Python formato Crow-AMSAA	39
Figura 25. Gráfica de crecimiento de la confiabilidad mediante Crow-AMSAA C55.	39
Figura 26. Gráfica de crecimiento de la confiabilidad mediante Crow-AMSAA C56.	40
Figura 27. Gráfica de la tasa de ocurrencia de fallas C61.	41
Figura 28. Interfaz de la herramienta de confiabilidad	42
Figura 29. Diagrama de funcionamiento de la herramienta de confiabilidad.	43
Figura 30. Indicador de la confiabilidad.	49
Figura 31. Función de la Distribución de Fallas Acumuladas CDF.	51
Figura 32. Gráficas de los indicadores para el modelo de Weibull.	52
Figura 33. Función de Probabilidad de Fallo.	53
Figura 34. Crecimiento de la Confiabilidad.	54
Figura 35. Gráfica de la tasa de ocurrencia de falla.	55
Figura 36. Vehículo modelo de la flota de análisis.	56
Figura 37. Ejemplo de Ventana tk	100
Figura 38. Ejemplo de algunas extensiones de Visual Studio Code.	100
Figura 39. Creación del código para interfaz gráfica en Visual Studio Code.	101
Figura 40. Interfaz gráfica final	101

INTRODUCCIÓN

El proyecto propuesto sobre el “Desarrollo de una herramienta informática mediante el uso de software libre para el cálculo de la confiabilidad en flotas de transporte”, proporciona la investigación y desarrollo de un software mediante el cual se consiga calcular la confiabilidad de las flotas de transporte de cualquier tipo de empresa, la misma que proporcionará indicadores de acuerdo con cada vehículo y cada elemento de este, enfocándose al mantenimiento logrando minimizar costos y tiempos de parada.

Se generará una herramienta en un software libre que implementa un lenguaje de programación adecuado para el tratamiento y análisis de datos los cuales provienen de los históricos de las empresas que cuenten con flotas de transporte.

PROBLEMA

Antecedentes

Los softwares empleados en la gestión del mantenimiento tienen costos involucrados que no todas las empresas son capaces de asumir, ya sea por el tema económico o porque desde los departamentos de mantenimiento no han sido capaces de demostrar los beneficios técnico–económicos que ello representa. Evaluar la confiabilidad de las flotas de transporte representa una mejor organización en una empresa además de reflejar crecimiento económico, reduciendo tiempos de parada con mantenimientos más programados, mejorando la disponibilidad de los vehículos.

Con este precedente, pocas empresas desean invertir en software de gestión de la confiabilidad, ya que requieren de herramientas informáticas que cuentan con licencias de coste elevado y así tener mejores logros empresariales.

Importancia y Alcances

El beneficio a empresas de cualquier región que cuenten con flotas de transporte, generando una contribución al crecimiento organizacional y económico de la empresa, en función de la programación de uso y mantenimiento de sus vehículos para así obtener una herramienta en buenas condiciones la cual permite saber acerca del funcionamiento de los inyectores y si estos presentan fallas, además de adquirir conocimiento acerca de cómo realizar el correcto diagnóstico de un inyector a diésel de manera práctica.

Delimitación

El presente proyecto centra su aplicación en el análisis de la confiabilidad sobre los datos obtenidos de una flota de vehículos pertenecientes a una empresa específica de la ciudad de Cuenca. Sin embargo, el uso de la herramienta que se tiene como resultado es aplicable a cualquier empresa que posea flotas vehiculares y que lleven un control informático de las reparaciones de estos.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una herramienta informática mediante el uso de software libre para el cálculo de la confiabilidad en flotas de transporte.

Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de las técnicas estadísticas utilizadas a través de la comparación de distintos métodos estadísticos para el cálculo de la confiabilidad en flotas de transporte.
- Analizar las diferentes herramientas de software libre disponible mediante de la evaluación y comparación de varios lenguajes de programación existentes en el mercado para el cálculo de la confiabilidad en flotas de transporte.
- Modelar una herramienta informática mediante el uso de un lenguaje de programación en software libre para el cálculo de la confiabilidad en flotas de transporte.
- Validar la herramienta informática, mediante la aplicación de un caso de estudio para verificar el nivel de impacto que tiene la confiabilidad de los vehículos en una empresa.

Capítulo 1.

Fundamentos Teóricos Y Estado Del Arte

Confiabilidad De Equipos

Existen diferentes problemas o fallos que se dan en el uso de los diferentes equipos o sistemas los cuales a lo largo de su vida útil representaran cierto grado de confianza en su labor. Es en este aspecto donde la confiabilidad centra su análisis al determinar la posibilidad de que un equipo no falle respecto a cierto tiempo de operación. Además, se debe tener en cuenta que la confiabilidad varía según el estado o el tiempo de operación del equipo por lo que se debe diferenciar las etapas en las que trabaja. Desde este punto de vista, la figura (1) representa las etapas de la vida de un equipo desde su puesta en marcha hasta la obsolescencia de este.

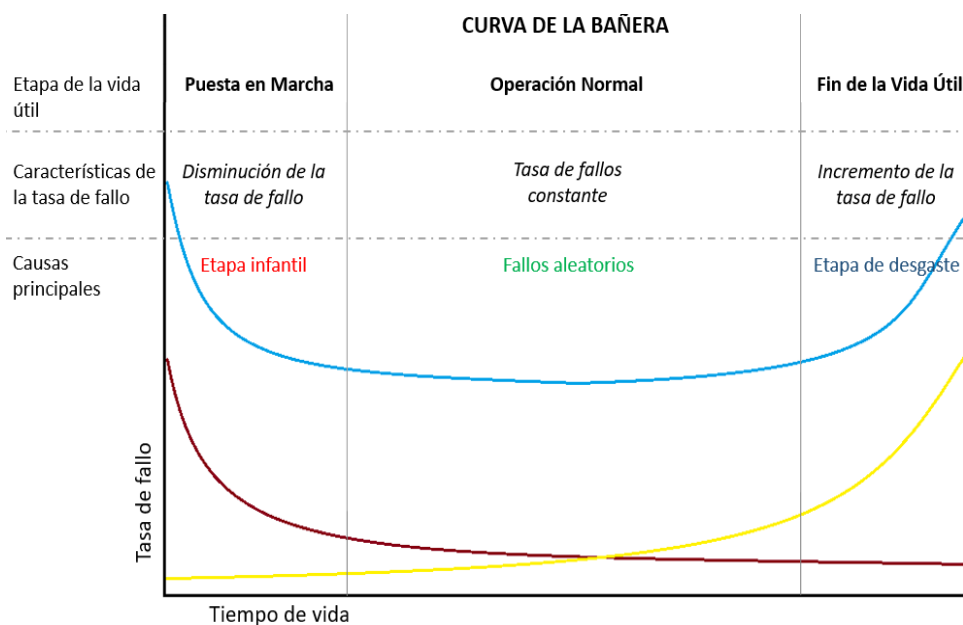


Figura 1. Curva de la bañera.

Fuente: Autores

Se puede diferenciar entonces, tres etapas por las que debe transcurrir un equipo a lo largo de su vida útil. La primera etapa, conocida como “etapa infantil” se da durante la puesta en marcha

o inicio de la operación del equipo que se caracteriza por una decreciente tasa de fallo causadas por aspectos relacionados con fallos de diseño, operación inadecuada o ambiente de operación diferente para la que el equipo fue diseñado. La segunda etapa de operación normal del equipo donde las fallas se dan debidas al funcionamiento o trabajo habitual del mismo y donde se encuentra una tasa de fallo constante y de carácter aleatorio. Finalmente se puede diferenciar una etapa final de desgaste con una tasa de fallo creciente y que al final de esta se da el fin de la vida útil del equipo.

El cálculo de la confiabilidad de equipos pretende analizar y predecir este comportamiento que presentan los equipos en función de los eventos que se puedan suscitar a lo largo de la vida de un vehículo, así como de sus eventos o fallas. Se puede calcular así la confiabilidad $R(t)$ mediante la ecuación de Weibull:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{MTBF}\right)} \quad [1]$$

t : tiempo acumulado

MTBF: tiempo promedio entre fallas

La confiabilidad puede ser interpretada también como la disponibilidad para que un equipo pueda operar. La disponibilidad (d) se calcula:

$$d = \frac{MTBF}{MTBF+MTR} \quad [2]$$

Donde:

d : disponibilidad

MTR: tiempo promedio de reparación

Por otro lado, la recopilación de datos de falla es fundamental a la hora de generar parámetros e indicadores de la confiabilidad que determinen las acciones correctivas y preventivas pertinentes. La figura (2) muestra datos del tiempo de buen funcionamiento (TBF) y de los tiempos que se ocupan hasta poner en marcha nuevamente los mismos o tiempos de reparación (TR).

Por otro lado, la recopilación de datos de falla es fundamental a la hora de generar parámetros e indicadores de la confiabilidad que determinen las acciones correctivas y preventivas pertinentes. La figura (2) muestra datos del tiempo de buen funcionamiento (TBF) y de los tiempos que se ocupan hasta poner en marcha nuevamente los mismos o tiempos de reparación (TR).

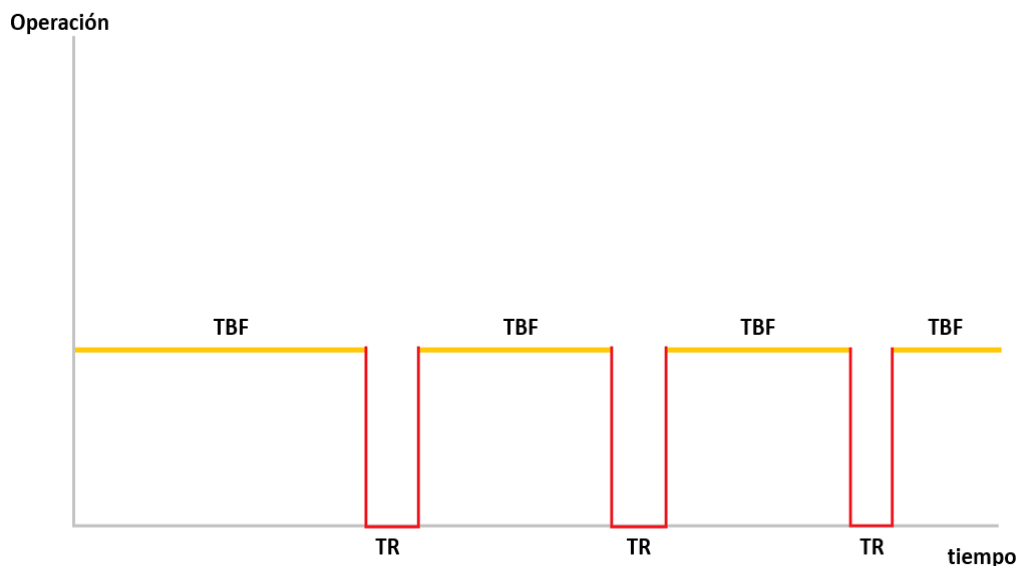


Figura 2. Operación de un equipo en función del tiempo.

Fuente: Autores

Por otra parte, la probabilidad de fallo complementa el estudio de la confiabilidad, ya que hace referencia a la posibilidad de que el equipo falle y este es un aspecto de análisis. Por lo tanto, la confiabilidad $R(t)$ más la probabilidad de fallo $F(t)$ siempre será igual a la unidad:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad [3]$$

Donde:

$R(t)$: confiabilidad

$F(t)$: probabilidad de fallo

A la hora de realizar el análisis de confiabilidad se debe tener en cuenta que los equipos están formados por diferentes componentes, sistemas y subsistemas que a su vez pueden ser reparables o no reparables. Debido a esta condición que presentan los equipos el análisis de la confiabilidad debe tomar en cuenta la existencia de sistemas o subsistemas que trabajen en serie o en paralelo dentro del equipo general.

Sistemas En Serie

Son aquellos donde si se da una falla de algún elemento, todo el sistema fallará también debido a que los mismos trabajan en concordancia y que el funcionamiento de cada uno depende de los demás. La figura (3) representa un sistema en serie.

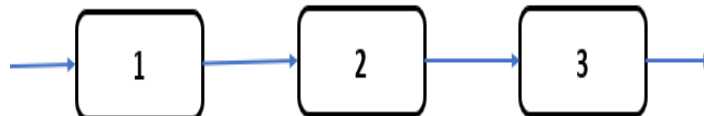


Figura 3. Sistema en serie.

Fuente: Autores

Sistemas En Paralelo

Son aquellos donde para que el sistema deje de funcionar normalmente, todos sus componentes deben fallar debido a que estos trabajan de manera independiente. La figura (4) muestra este tipo de sistema.

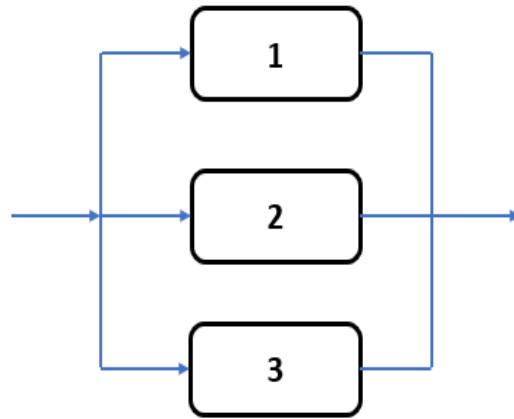


Figura 4. Sistema en paralelo.

Fuente: Autores

Sistemas Mixtos

Son aquellos que combinan los sistemas anteriores y muestran características combinadas de funcionamiento. Este tipo de sistema se acerca más a la realidad que está presente en los equipos como los son los vehículos, computadoras, electrodomésticos, etc. La figura (5) muestra el esquema de este tipo de sistema.

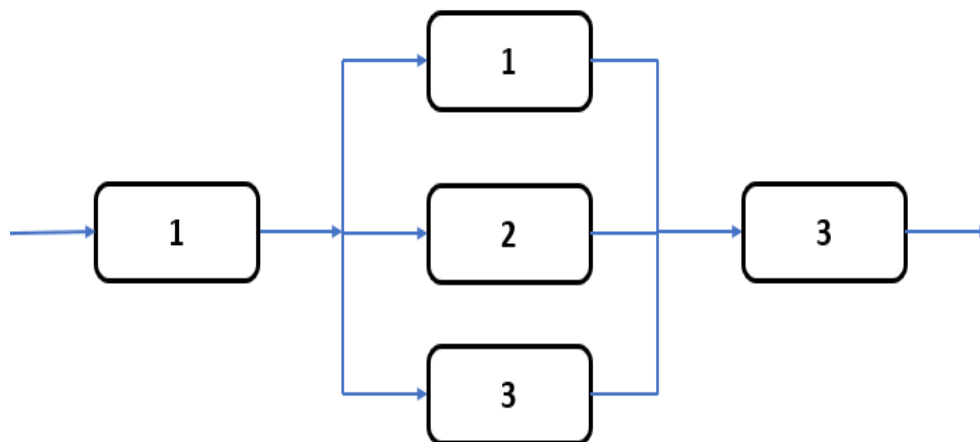


Figura 5. Sistema mixto.

Fuente: Autores

Mantenimiento Centrado En La Confiabilidad RCM

RCM (Reliability Centered Maintenance) es un modelo de mantenimiento enfocado en preservar o hacer más eficiente un vehículo desde la fabricación, los procesos operativos y la vida de un vehículo dependiendo de las distintas formas en las que puede fallar, con el fin de preservarlo y hacerlo más eficiente además se puede conjugar este modelo con varios tipos de mantenimiento que se enfocan a la preservación y disponibilidad del vehículo como el mantenimiento preventivo y el mantenimiento programado.

Confiabilidad De Elementos

En función al tipo de vehículo y los elementos que se pueden encontrar en el mismo, se debe realizar un cuestionamiento de acuerdo con los siguientes aspectos. (Moubray, 2004)

- Las funciones que desempeña.
- El modo en las que puede fallar.
- Las causas de la falla.
- El efecto que tiene la falla.
- La importancia de la falla.
- Métodos para evitar la falla.
- Estrategias necesarias cuando no se puede evitar la falla.

El proceso RCM analiza los distintos modos de falla y el efecto que tienen sobre un sistema determinado, para este proyecto se toma en consideración al vehículo como un sistema. Se puede encontrar fallas funcionales se pueden exponer como una incapacidad e indisponibilidad, estos pueden ser tratados bajo los patrones de falla que puedan existir en función de la edad, frecuencia de operación, detalles de fabricación. (Poveda & Lozano, 2012)

Modelos Estadísticos

Modelo De Weibull

La distribución de Weibull es una expresión semi-empírica que representa la vida de los componentes. Esta distribución presenta una gran versatilidad a la adaptación de los datos debido a su parámetro de forma β el cual dependiendo de su valor es capaz de representar distribuciones normales ($\beta=1$), exponenciales ($\beta<1$) o lognormales ($\beta>1$). (Burgos & Lobelo, 2008)

La acción de este parámetro se puede observar en la figura (6) donde se le dio diferentes valores a este factor.

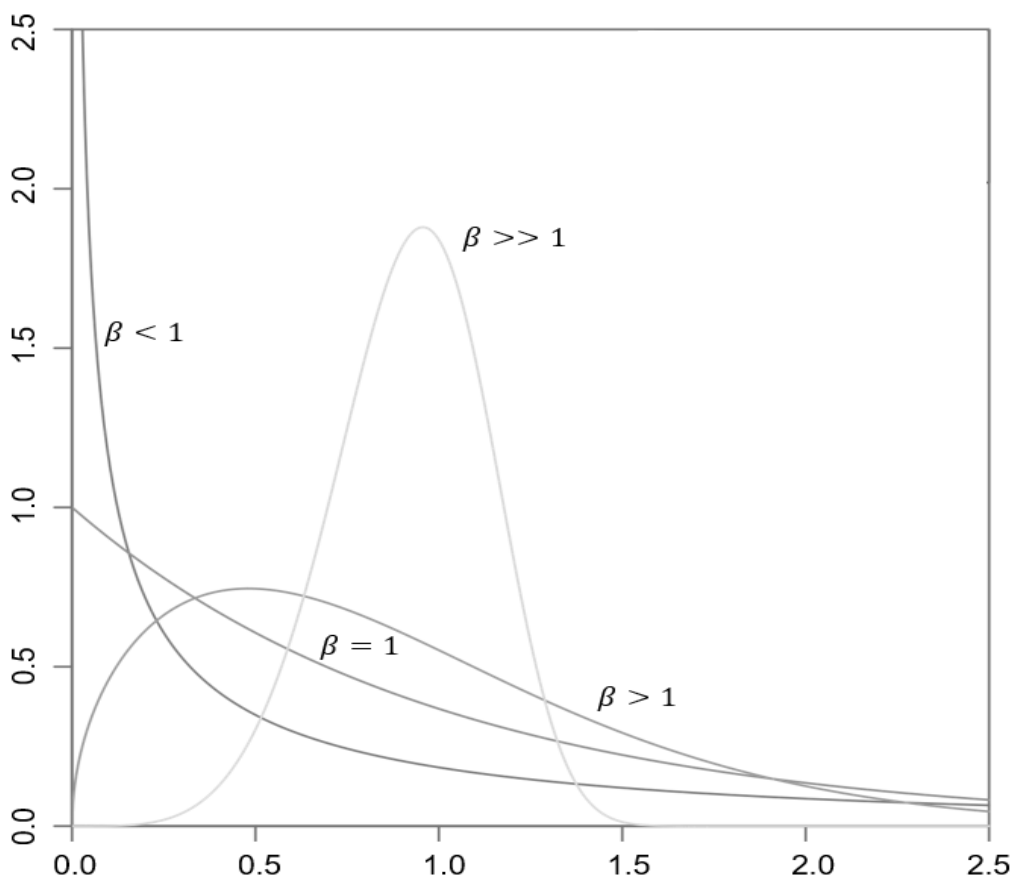


Figura 6. Parámetro de forma β .

Fuente: Autores

Se considera a los tres parámetros para el cálculo de la distribución de densidad de Weibull denominado como $f(t)$:

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha} \right)^\beta} \quad [4]$$

Donde:

$f(t)$: función de densidad de probabilidad

β : es el parámetro de forma

α : es el parámetro de escala

γ : es el parámetro de localización

t : tiempo de análisis de datos

De esta forma queda definida el PDF para el modelo de Weibull de 3 parámetros. Cabe mencionar que existe el modelo de 2 parámetros usado donde no se considera los datos previos al incremento de la tasa de falla. Se tendrá entonces para el PDF sin el parámetro de localización γ :

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta} \quad [5]$$

Donde:

$f(t)$: función de densidad de probabilidad

β : es el parámetro de forma

α : es el parámetro de escala

t : tiempo de análisis de datos

Tomando en cuenta que se determinan los parámetros de Weibull se obtendrá los valores que influirán en al cálculo de la confiabilidad.

De esta forma se puede encontrar la confiabilidad según la distribución de Weibull:(Burgos & Lobelo, 2008)

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta} \quad [6]$$

Donde:

R(t): Confiabilidad

β : es el parámetro de forma

α : es el parámetro de escala

γ : es el parámetro de localización

t: tiempo de análisis de datos

Por su parte se tiene la distribución de probabilidad acumulada F(t):

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad [7]$$

Donde:

F(t): distribución de probabilidad acumulada

β : es el parámetro de forma

α : es el parámetro de escala

t: tiempo de análisis de datos

La tasa de falla determina el número o la cantidad de fallas por la unidad de tiempo que se tiene. Representa también, el comportamiento habitual de la vida de un equipo como se puede observar en la figura (7).(Salazar et al., 2017)

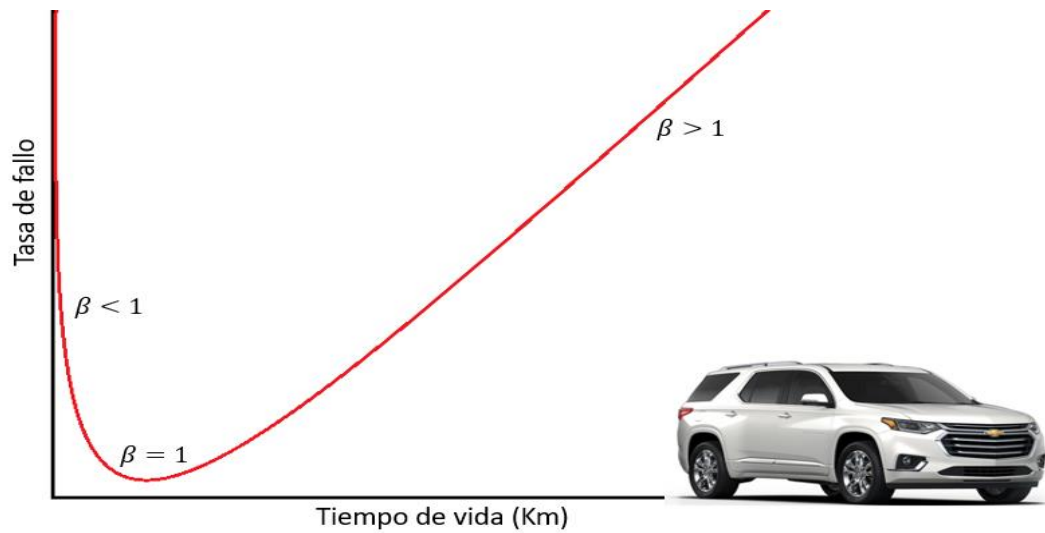


Figura 7. Ilustración de la tasa de fallo.

Fuente: Autores

La función de la tasa de fallos se representa por:

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad [8]$$

Donde:

$\lambda(t)$: tasa de fallos en el tiempo

β : es el parámetro de forma

α : es el parámetro de escala

γ : es el parámetro de localización

t: tiempo de análisis de datos

Si se considera la tasa de falla constante ($\lambda(t) = \text{constante}$), entonces se puede calcular de la siguiente manera:

$$\lambda(t) = \frac{\#fallas}{t_{operación}} \quad [9]$$

Donde:

$\lambda(t)$: tasa de fallos en el tiempo

$\#fallas$: número de fallas

$t_{operación}$: es el tiempo en operación del análisis

Modelo De Crow-AMSAA

La distribución de Crow-AMSAA se utiliza como un indicador en el crecimiento de la confiabilidad adaptándose a la tasa de fallos que es variable, este modelo se postula como una extensión y mejora al modelo de Duane realizado por J.T Duane, enfocándose a la representación de este modelo como un proceso no homogéneo de Poisson, de acuerdo con la función de densidad de Weibull.(Wang, 2020)

La función de intensidad $\rho(t)$ se representa por la siguiente ecuación:

$$\rho(t) = \lambda\beta t^{\beta-1} \quad [10]$$

Donde:

$\rho(t)$: función de intensidad

t : es el tiempo acumulado

λ : es parámetro de escala

β : es el parámetro de forma

La cantidad de fallos acumulados $n(t)$ que se han registrado frente al tiempo acumulado se denotan por:

$$n(t) = \lambda t^\beta \quad [11]$$

Donde:

$n(t)$: cantidad de fallos acumulados

Aplicando \ln se demuestra que la ecuación [13] es una línea recta en escala logarítmica.

$$\ln n(t) = \lambda + \beta \ln t \quad [12]$$

Se puede contrastar al modelo de Crow-AMSAA como un proceso de Poisson, además se puede encontrar algunos métodos de mejor ajuste a la línea característica construida en función de los tiempos de falla. (Comerford, 2005)

Se puede determinar a β como la pendiente del crecimiento característico de acuerdo con las fallas que se presenten en el sistema, teniendo en cuenta que si:

- $\beta > 1$ refleja una tasa de fallas creciente.
- $\beta < 1$ refleja una tasa de fallas decreciente.
- $\beta = 1$ refleja tasa de fallas constante.

Método De Regresión De Rango

El parámetro de forma o pendiente del crecimiento β característica se obtiene a partir de la ecuación:

$$\beta = \ln \left(\frac{n \sum n(t)t - \sum n(t) \sum t}{n \sum t^2 - (\sum t)^2} \right) \quad [13]$$

Donde:

n : número de fallas o eventos

El parámetro de escala λ se obtiene a partir de la ecuación:

$$\lambda = \ln(n(t) - t\beta) \quad [14]$$

Método De Máxima Verisimilitud

El parámetro de forma o pendiente del crecimiento β característica se obtiene a partir de la ecuación:

$$\beta = \frac{n}{(n-1) \ln t_n - \sum_{i=1}^{n-1} \ln t_i} \quad [15]$$

El parámetro de escala λ se obtiene a partir de la ecuación:

$$\lambda = \frac{n}{T^\beta} \quad [16]$$

Donde:

T : tiempo total de prueba

Se puede representar la tasa de fallos como la ecuación:

$$C(t) = \frac{n(t)}{t} = \lambda t^{\beta-1} \quad [17]$$

La confiabilidad de este modelo se puede representar por la ecuación:

$$R(t) = e^{(-\lambda t^\beta)} \quad [18]$$

El modelo de análisis Crow-AMSAA destaca por su aplicación en sistemas reparables en función de las fallas acumuladas que se pueden generar a lo largo de un periodo de estudio o el tiempo operativo del vehículo.(Comerford & Zealand, 2005)

Por otra parte, dado que ambos modelos son empleados en el análisis y estimación de las fallas, se hace necesario diferenciar la metodología y el alcance de cada uno de los métodos debido a que para este análisis se comparará los dos modelos y según el caso determinará la elección del más adecuado. La tabla (1) muestra la descripción de los métodos.(Tang et al., 2015)

Tabla 1. Descripción de los modelos estadísticos de Weibull y Crow AMSAA.

COMPARACIÓN ENTRE LOS MODELOS WEIBULL – CROW AMSAA	
<i>Modelo de Weibull</i>	<i>Modelo de Crow AMSAA</i>
Su función es mejor en las fallas más tempranas al considerar tiempos de funcionamiento hasta la falla.	Su función está centrada en el análisis de modos de falla en sistemas mixtos.
No se toma en cuenta las causas y modos de falla.	Usado para analizar y monitorear el crecimiento de la confiabilidad.
Su análisis está centrado en modos de falla únicos o en buscar al “eslabón más débil”.	Es usado para reflejar el comportamiento de sistemas reparables, es decir, que se puede modelar a un componente reemplazado en diferentes ocasiones.
Presenta flexibilidad para adaptarse a las diferentes fases de la curva de la bañera.	Se puede controlar combinaciones de modos de falla.

Una vez que se define ambos métodos estadísticos, aclarando las bondades de ambas en la aplicación de la confiabilidad, se toma en comparación las características que presentan ambos métodos para lo cual la tabla (2) muestra dicha comparación.

Tabla 2. Comparación de las características de los modelos Weibull y Crow-AMSAA.

MODELOS CARACTERÍSTICAS	Weibull	Crow-AMSAA
	<i>Tiempos de falla</i>	Tiempos entre fallas
<i>Campo de operación</i>	Elementos	Sistemas combinados
<i>Uso en elementos reemplazados</i>	no	Si
<i>Análisis de la confiabilidad</i>	Confiabilidad de un tiempo concreto	Crecimiento acumulado de confiabilidad
<i>Toma en cuenta causas y modos de falla</i>	No	Si
<i>Adaptación a la curva de la bañera</i>	Si	Si

Estos modelos estadísticos pueden ser comparados a su vez con diferentes distribuciones que serán aplicados según sus características y su campo de aplicación. La tabla (3) muestra una comparación entre los diferentes modelos estadísticos para el análisis de datos.

Tabla 3. Modelos estadísticos enfocados al cálculo de confiabilidad.

Herramientas	Descripción	Ecuaciones	Fuente
<i>Normal / Gaussiana</i>	Modelo teórico que aproxima eficazmente el valor de una variable aleatoria a una situación ideal.	$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$ $R(t) = 1 - \int_{-\infty}^t \phi(\tau) d\tau$	Fuente: (Burgos Sequeda & Lovelo Díaz, 2008)
<i>Exponencial</i>	Modelo continuo de distribución usada para modelar tiempos de espera de un evento.	$f(t) = \lambda * e^{-\lambda t}$ $t \geq 0$ $R(t) = e^{-\lambda t}$	Fuente: (Burgos Sequeda & Lovelo Díaz, 2008)

Log-Normal	Modelo de distribución de probabilidad continua para una variable aleatoria que tiene un logaritmo distribuido normalmente.	$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \frac{1}{t} e^{\left(-\frac{1}{2} \frac{\ln t - m}{\sigma}\right)^2}$ $t \geq 0$ $R(t) = 1 - \int_0^t f(u) du$	Fuente: (Burgos Sequeda & Lovelo Díaz, 2008)
Weibull	Distribución de probabilidad continua que hace uso de parámetros para adaptarse a los datos.	$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t - \gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1} * e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta}$ $t > \gamma$ $R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\alpha}\right)^\beta}$	Fuente: (Burgos Sequeda & Lovelo Díaz, 2008)
Crow-AMSAA	Modelo estadístico que proporciona un análisis estadístico del crecimiento de un proceso.	$R(t) = e^{(-\lambda t^\beta)}$	Fuente: (Burgos Sequeda & Lovelo Díaz, 2008)
Ley de Rayleigh	Distribución de probabilidad continua.	$f(t) = \left(\frac{2}{\alpha^2}\right) t e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^2}$ $R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^2}$	Fuente: (Castaño Reyes & Monroy Osorio, 2011)
Gompertz Makeham	Modelo que tiene crecimiento exponencial y tiene en cuenta un término dependiente e independiente.	$f(t) = (\lambda_0 + \lambda_1 e^{\alpha T}) * e^{-\frac{\lambda_0 T \alpha + \lambda_1 (e^{\alpha T} - 1)}{\alpha}}$ $R(t) = e^{-\frac{\lambda_0 T \alpha + \lambda_1 (e^{\alpha T} - 1)}{\alpha}}$	Fuente: (Burgos Sequeda & Lovelo Díaz, 2008)

Flotas De Transporte

Las flotas de transporte son una agrupación de vehículos que pueden o no ser del mismo tipo, los cuales son propiedad de una entidad pública o privada. Dentro de la operación de esta, existen diversas actividades que diferencian el desarrollo de los activos. Actualmente debido al crecimiento vehicular en las ciudades y de las mismas flotas de empresas de transporte resulta necesario el uso de la tecnología para gestionarlas, en función del tipo de vehículos con los que se pueda contar.

El objetivo de una flota de transporte radica en lograr una mejor eficiencia en los procesos operativos de una empresa, los vehículos deben cumplir con ofrecer seguridad, confort y eficacia en la actividad a la cual están destinados.



En el mundo existen varios tipos de flotas de transporte de acuerdo con el tipo de empresa y el campo de aplicación que tengan las mismas, en función a flotas de transporte vehicular se encuentran clasificadas por distintas categorías representadas en la tabla (4). (Valdez & Leonidas, 2012)

Tabla 4. Clasificación de Flotas de Transporte vehicular.

Clasificación de Flotas Vehiculares	
Según su tamaño	Pequeñas de hasta 10 vehículos
	Medianas de hasta 30 vehículos
	Grandes con más de 30 vehículos
Según su aplicación	Transportar personas
	Transportar Mercadería
	Transportar Maquinaria Pesada
	Gestión de obras públicas o privadas
	Gestión de actividades agrícolas
Según el tipo de vehículos	Livianos o Turismo
	Maquinaria Semipesada
	Maquinaria Pesada
Según su distribución geográfica	Mantenimiento en taller único
	Mantenimiento en distintos talleres
Según la ruta y vialidad	Fuera de ruta (off-road) o todo terreno
	Vehículo de Carretera

El tipo de vehículo seleccionado para el análisis de esta herramienta se basa en una flota pequeña de vehículos livianos, bajo la Norma Técnica Ecuatoriana 2656 se pueden destacar a la categoría N1 que incluye a: Camioneta, Camioneta doble Cabina. Tal como se puede apreciar en la Tabla (5) obtenida de NTE INEN 2656. (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2016)

Tabla 5. Vehículos de la categoría N1.

Código	Tipo	Imagen	Descripción
CMT	Camioneta		Vehículo diseñado para el transporte de carga y mercancías. El habitáculo de pasajeros puede ser: cabina simple o cabina y media, según diseño del fabricante. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.3
CMTDC	Camioneta doble cabina		Vehículo especialmente, diseñado para el transporte de carga y mercancías, con capacidad máxima de 5 plazas. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.1.3

Capítulo 2.

Análisis De Software Libre

Lenguajes De Programación

Software R

R es un software libre de programación bajo licencia GNU creado por Ross Ihaka y Robert Gentleman en Nueva Zelanda para calcular, analizar y gestionar los datos, así como proyectar diferentes gráficos acordes a los datos. El conjunto de múltiples herramientas de programación reunidos en un espacio o ambiente de trabajo hacen que este lenguaje de programación llamado R sea bastante potente y flexible pudiendo además ampliar dichas cualidades añadiendo distintas librerías y paquetes específicos para el campo de aplicación.(Jiménez, 2019)



Figura 8. Logo R Studio

Fuente: Anaconda Navigator

Entre las diferentes opciones y posibilidades que presenta esta herramienta se puede distinguir las siguientes características:

- Ofrece gran cantidad de herramientas estadísticas usadas para el análisis de datos.
- Permite la extensión de la programación acorde a la capacidad y necesidad del usuario pudiendo crear nuevas bibliotecas con un lenguaje relativamente simple.

- Aporta gran potencia en cuanto al cálculo numérico.
- Disponible para diferentes varios sistemas operativos (Windows, Mac, Linux, otros).
- Presenta actualizaciones gracias a su comunidad extendida
- Sus módulos lo hacen más ligero.
- Ofrece calidad y capacidad gráfica de gran potencia.
- Es gratuito y libre.

Python

Es un lenguaje de programación orientado a objetos, creado por el Holandés Guido van Rossum en los inicios de los años 90, se encuentra bajo una licencia de software libre, de una implementación canónica conocida como CPython. (Ortiz, 2010)



Figura 9. Logo Python

Fuente: Página oficial de Python

Este software se ha popularizado mucho en la actualidad para el impulso de ciencia de datos, inteligencia artificial, computación científica, estableciéndose en un nivel muy avanzado como lenguaje de programación. Es de código abierto que además cuenta con varias librerías las cuales pueden ser propias o creadas y modificadas por desarrolladores. (Martin et al., 2021)

Se encuentra en uno de los primeros lenguajes más populares y preferidos por los usuarios en el mundo de la programación o el análisis de datos, algunas de sus características se detallan a continuación (Challenger et al., 2014):

- Posee un nivel de aprendizaje alto y rápido.
- Pose gran cantidad de estructura de datos.
- Tiene sintaxis muy legible y expresiva.
- Numerosas bibliotecas de acuerdo con el campo de aplicación.
- Disponible para diferentes sistemas operativos (Windows, Mac, Linux, otros).
- Está orientado a objetos con estilo de programación imperativo procedimental
- Se puede programar en alto nivel con aplicaciones de gran tamaño.
- Se tiene el soporte de una comunidad muy grande en el ámbito de programar.
- Es gratuito y libre
- Se utiliza de forma comercial a gran escala.

Otros lenguajes de programación gratuitos permiten varios tipos de estudios como: ciencia de datos, programación orientada a objetos, cálculo de procesos de control, cálculos matemáticos, manejo simple de información, algunos de estos potentes softwares son: C, Java, Visual Basic, Octave. Cada uno se enfoca a distintos tipos de usuarios, pero basan todo su criterio en los mismos parámetros, Python destaca en entre la gran cantidad de lenguajes existentes debido que es un software a escala comercial, con la mejor capacidad de aprendizaje posible.

La Figura (10) expone la participación de los dos softwares analizados en este proyecto (R y Python) siendo Python un lenguaje de programación muy demandado en la actualidad de forma comercial.
















Pos. Jan 2022	Pos. Jan 2021	Programming Language	Ratings	Chart Ratings
1	3	Python	13.58%	
2	1	C	12.44%	
3	2	Java	10.66%	
4	4	C++	8.29%	
5	5	C#	5.68%	
6	6	Visual Basic	4.74%	
7	7	JavaScript	2.09%	
8	11	Assembly language	1.85%	
9	12	SQL	1.80%	
10	13	Swift	1.41%	
11	8	PHP	1.40%	
12	9	R	1.25%	
13	14	Go	1.04%	
14	19	Delphi/Object Pascal	0.99%	
15	20	Classic Visual Basic	0.98%	

Figura 10. Ratings de Lenguajes de programación.

Fuente: <https://statisticsanddata.org/data/the-most-popular-programming-languages-1965-2022-new-update/>

Reliability

Una de las principales librerías de interés para el cálculo de confiabilidad es “Reliability” y se puede instalar directamente o desde el intérprete de Python con la línea de código: “pip install reliability”.

Es esta librería proporciona una guía de distintos procesos estadísticos enfocados a la ingeniería de confiabilidad que se puede acceder a información gratuita con ejemplos, ingresando a: <https://reliability.readthedocs.io/en/latest/>

Los procesos y modelos estadísticos se encuentran de forma gratuita en esta página web que se los puede usar sin restricción, a diferencia de otras herramientas de pago como Reliasoft.

La biblioteca puede ser expuesta mediante un navegador o un archivo PDF como un libro de estudio, sin embargo, se recomienda utilizar la información en la web debido a la facilidad de búsqueda de elementos, ejemplos y códigos que brinda reliability, así también el beneficio de tener acceso a la traducción automática del navegador Google Chrome.

A continuación, se presenta la interfaz de la página web de reliability de Readthedocs:

Figura 11. Interfaz de la librería "reliability"

Fuente: Librería Reliability de Readthedocs

Con respecto a los procesos y ejemplos proporcionados por Reliability se puede encontrar que dentro de la programación de los procesos Weibull y Crow-AMSAA se utiliza otras librerías, entre las cuales se puede rescatar a: NumPy, pandas y matplotlib. Cada una de estas librerías sirven de complemento a Reliability para tener la facilidad del proceso de manejo de datos, así como la forma de presentar los resultados. (Reliability, 2022)

- NumPy es una librería enfocada en la computación científica proporcionando el análisis enfocado a objetos como matrices, para más información consultar en la documentación de: <https://numpy.org/>



Figura 12. Logo Librería NumPy

Fuente: Página oficial Numpy

- Pandas es una librería que brinda instrucciones y herramientas para trabajar con ciencia de datos en Python, para más información consultar en la documentación de: <https://pandas.pydata.org/>



Figura 13. Logo librería pandas

Fuente: Página oficial pandas

- Matplotlib es una librería que crea o genera gráficas interactivas o estáticas en función de datos y procesos generados, para más información consultar en la documentación de: <https://matplotlib.org/>



Figura 14. Logo librería matplotlib

Fuente: Página oficial matplotlib

Comparativa Entre Los Lenguajes De Programación

Actualmente R y Python representan ser una poderosa herramienta en el análisis de datos estadísticos, trabajan directamente con expresiones matemáticas, así como de herramientas de visualización muy intuitivas con los usuarios. Sin embargo, a continuación, se expone una diferenciación de ambos lenguajes en función de la capacidad e información que se tiene en el mundo de la ingeniería.

Tabla 6. Comparación de Python y R

Lenguaje de Programación Características	Python	R Studio
<i>Lenguaje de programación fácil e intuitivo</i>	•	•
<i>Disponible en Anaconda Distribution</i>	•	•
<i>Ejecutable en Jupyter Lab o Jupyter Notebook</i>	•	-
<i>Procesos de Weibull integrados</i>	•	•
<i>Procesos de Crow-AMSSA integrados</i>	•	-
<i>Compatible con librería Reliability</i>	•	-
<i>Compatible con librerías: NumPy, pandas, matplotlib</i>	•	-
<i>Compatible con paquetes de interfaz gráfica como producto</i>	•	-

• Si aplica

- No aplica

Debido a estas cualidades, la herramienta informática se desarrollará en el ambiente de Python debido a que tiene gran dominio y enfoque al análisis de confiabilidad, con gran información y recursos disponibles en la web.

Capítulo3.

Desarrollo De Herramienta Informática Para El Análisis De Confiabilidad.

Instalación de recursos necesarios.

Python es un lenguaje de programación enfocado a objetos que tiene su forma de trabajo en la raíz del sistema operativo en el cual este instalado, para el análisis e investigación de este proyecto se utilizará un intérprete de Python que aporta un mejor entorno de aprendizaje, su nombre es Jupyter, se encuentra disponible de forma gratuita en la web bajo el apoyo de Anaconda Distribution que es una plataforma de código abierto. A continuación, se presenta la página de presentación de Anaconda donde se puede obtener el archivo de instalación. (<https://www.anaconda.com/products/distribution>)

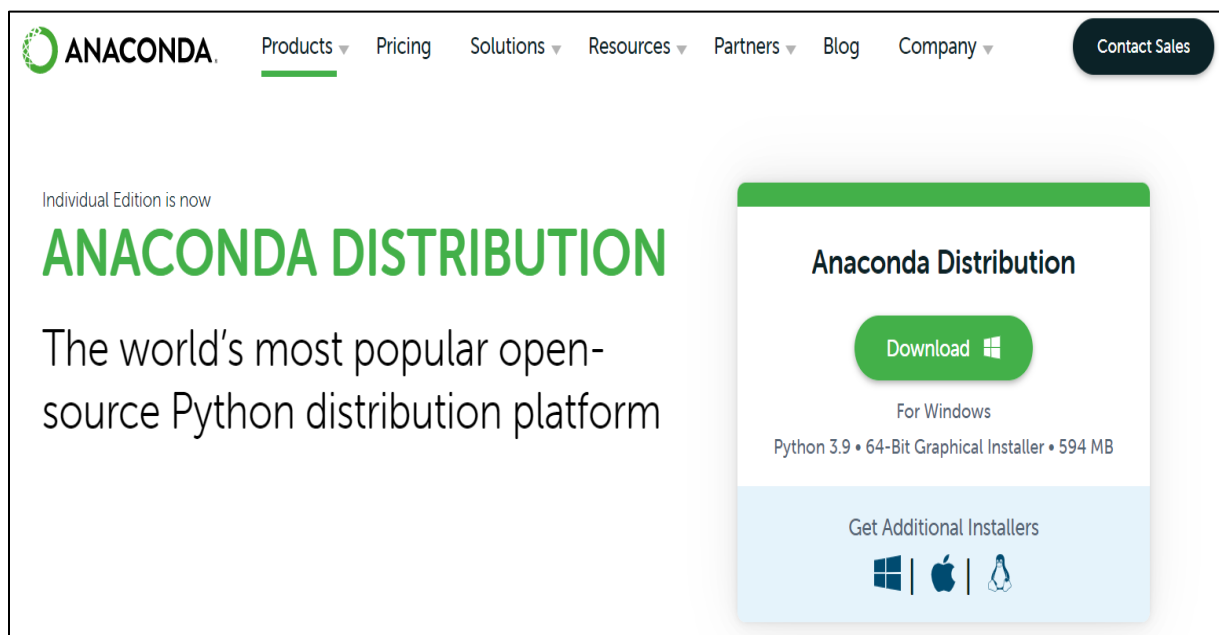


Figura 15. Software Anaconda

Fuente: <https://www.anaconda.com/products/distribution>

En primer lugar, se descarga el instalador de acuerdo con el sistema operativo del ordenador donde se realizará el proyecto.

Una vez instalado se puede encontrar en el ordenador la siguiente aplicación:

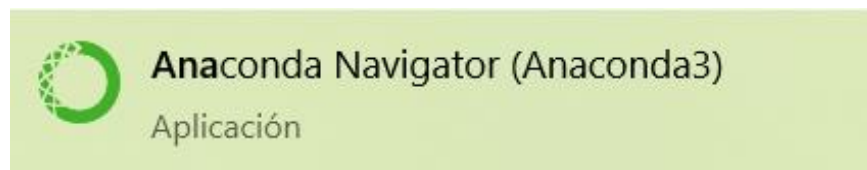


Figura 16. Icono de Anaconda Navigator

Fuente: Captura Local.

Dentro del software Anaconda se puede encontrar distintas aplicaciones enfocadas a la programación, incluyendo a R y otros intérpretes de lenguajes de programación tal como se muestra en la figura (17)., JupyterLab y Jupyter Notebook son plataformas que sirven para desarrollar códigos abiertos de Python3.

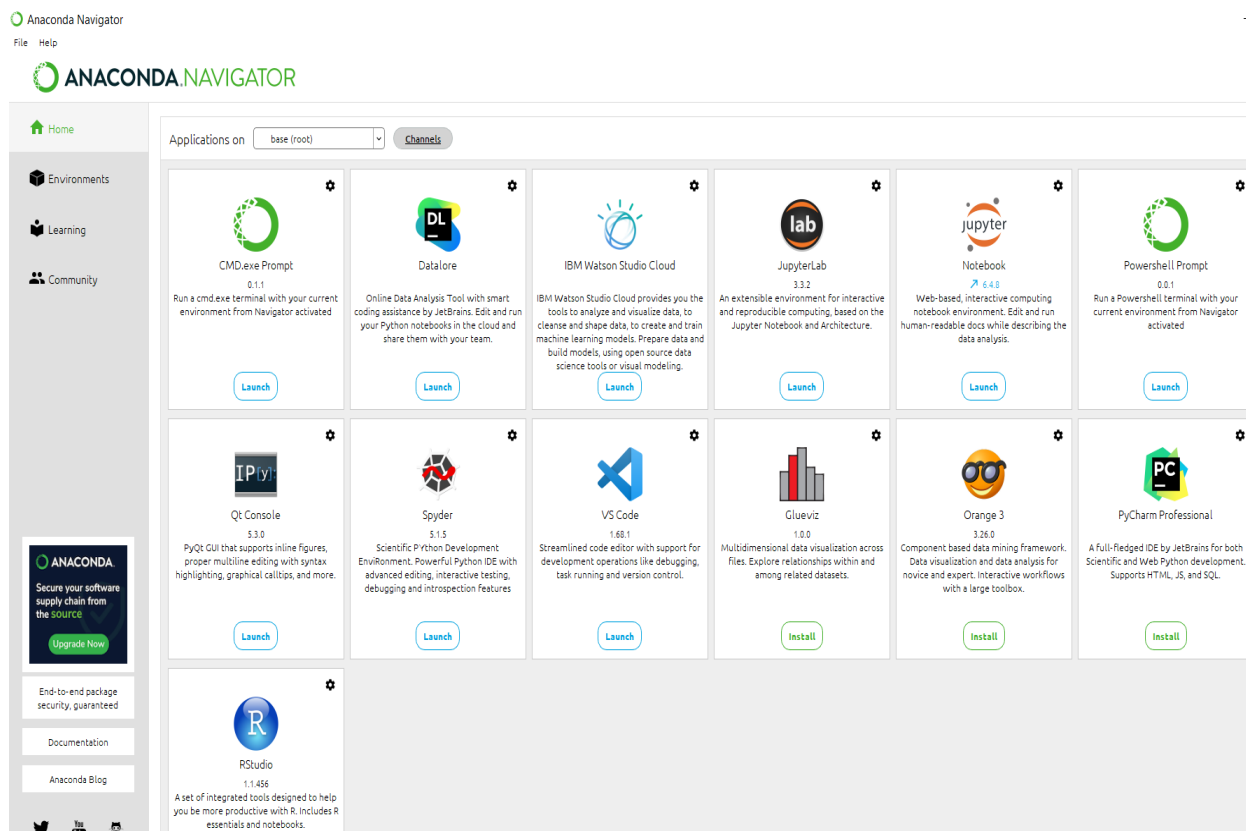


Figura 17. Anaconda Navigator

Fuente: Captura local

En segundo lugar, se instala JupyterLab o Jupyter Notebook, una vez instalados estos intérpretes de Python se ejecutarán en el navegador de preferencia del usuario, sin embargo, los códigos y notebooks elaborados si tendrán una base de archivo en la memoria o disco local donde se haya preestablecido cuando se guarde.

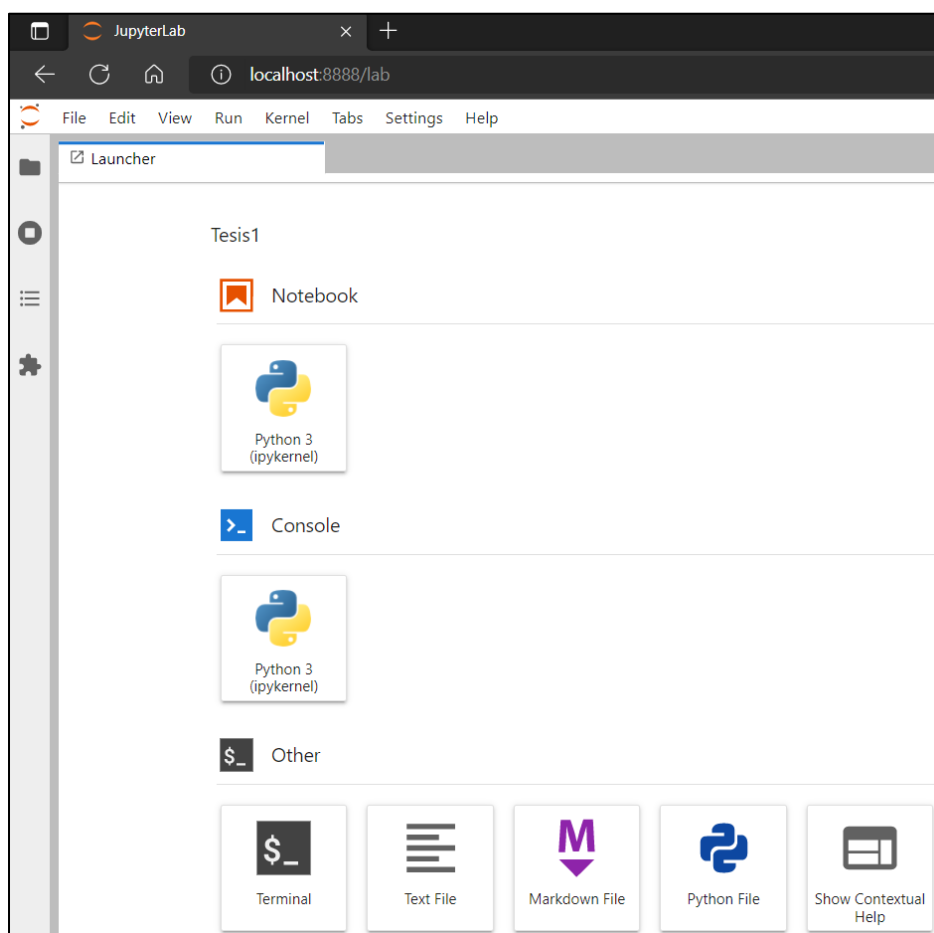


Figura 18. Launcher de JupyterLab

Fuente: Captura local

Dentro de Jupiter Lab se puede encontrar el notebook de Jupyter el cual está generado para trabajar en base a Python 3, esto quiere decir que se trabajará con Python en un ambiente virtual sin el riesgo de ejecutar o compilar el código propio del ordenador, lo cual podría resultar algo ligeramente peligroso para el mismo.

Se selecciona Python 3 como notebook

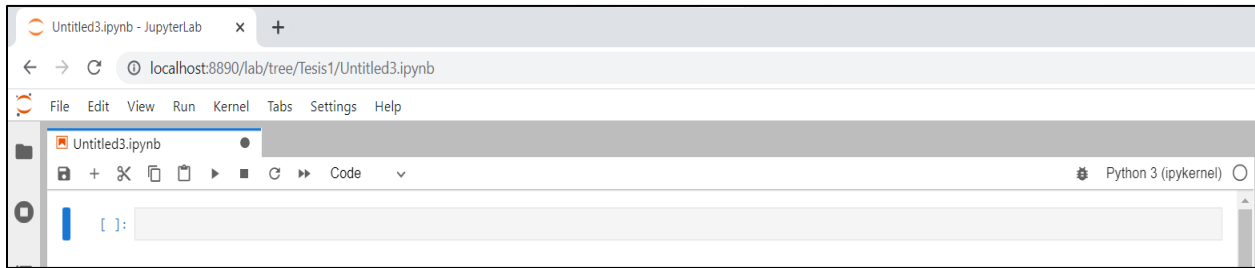


Figura 19. Línea de comando JupyterLab

Fuente: Captura Local

Dentro del intérprete de Python se debe instalar las librerías necesarias con las que se desarrollara el código fuente.

Estas librerías son: Reliability, NumPy, pandas, matplotlib.

A excepción de Reliability, el resto de las librerías ya se encuentran integradas en Anaconda Distribution.

En caso de no usar Anaconda Distribution y usar otro método para ejecutar e interpretar Python, se puede instalar estas librerías con el comando:

```
pip install
```

Pip (Python Install Package) es un administrador de paquetes para Python permitiendo descargar e instalar diversas librerías y recursos necesarios para el desarrollo de un proyecto.

Programación de la herramienta

En primer lugar, se ejecuta la instalación de la librería reliability

```
pip install reliability
```

En segundo lugar, se importan los demás complementos necesarios para integrar los modelos Weibull y Crow-AMSAA respectivamente, desde las librerías previamente instaladas.

Programación Weibull

Primero, se procede a cargar cada librería y procesos de Weibull en el proyecto

```
import numpy as np

import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt

from reliability.Fitters import Fit_Weibull_2P_grouped

from reliability.Distributions import Weibull_Distribution

from reliability.Probability_plotting import plot_points

import matplotlib.pyplot as plt

from numpy import array
```

Segundo, se ingresa el archivo en formato .xlsx con el que se desea trabajar

```
filename= 'D:/Anthony Ochoa/DATOSPYPYTHON/Datoscamionetawb.xlsx'

df_fallas = pd.read_excel(io=filename)
```

Tercero, se desarrolla el ajuste de Weibull bajo el comando Fit_Weibull_2P el cual hace referencia un enfoque de dos parámetros, los cuales son el parámetro de forma β y el parámetro de escala α , para poder utilizar este comando la librería reconoce los títulos de las columnas del dataframe sean: “category”, “time” y “quantity”.

```
wb=Fit_Weibull_2P_grouped(dataframe=df_fallas,

show_probability_plot=True, CI_type='time', method='MLE')
```


In [25]: `df_fallas.head()`

Out[25]:

	time	quantity	category
0	1	1	F
1	4	1	F
2	9	4	F
3	3	1	F
4	2	17	F

Figura 20. Dataframe ingresado al código de Python formato Weibull.

Fuente: Captura Local

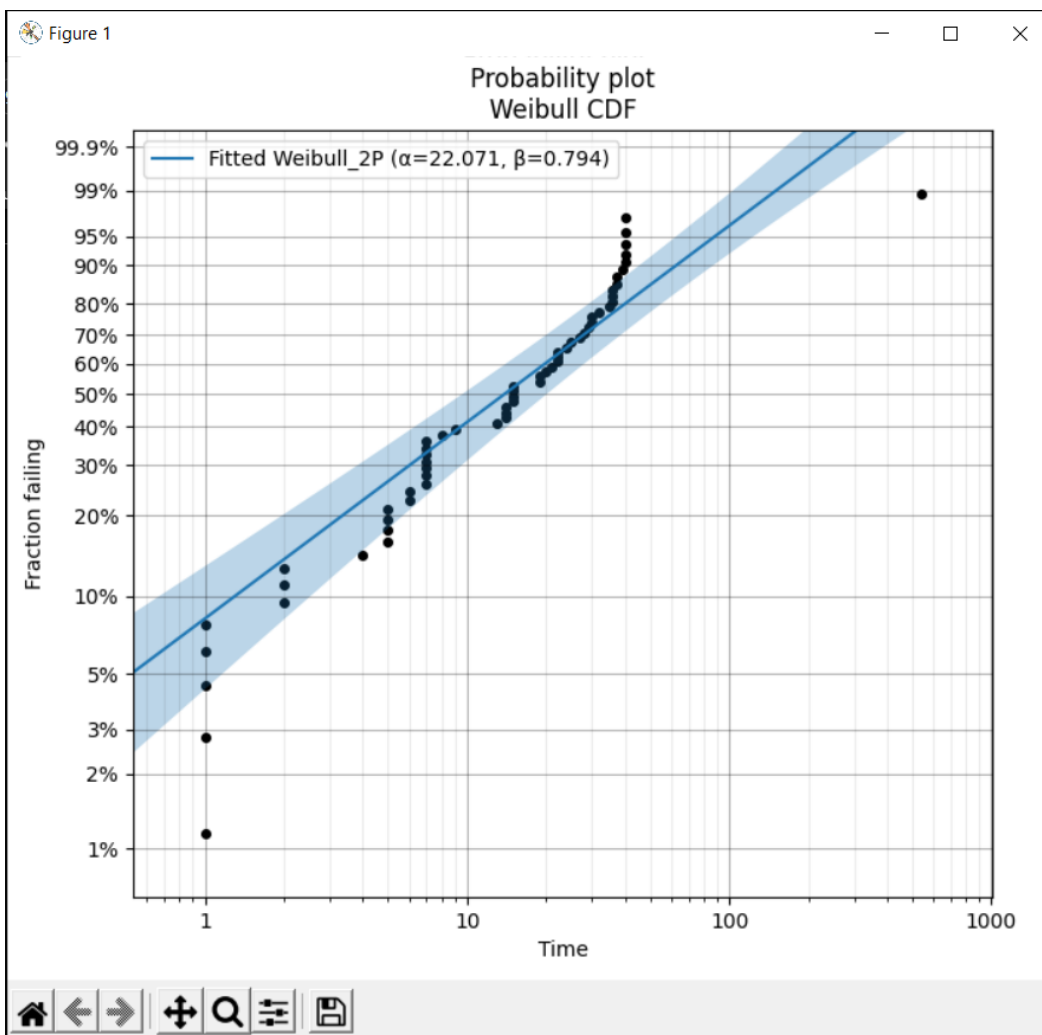


Figura 21. Gráfica del ajuste de probabilidad de fallo mediante Weibull C55.

Fuente: Captura Local

Cuarto, con el comando `distribution.plot` se obtiene todas las gráficas de las 5 funciones características de Weibull

```
type(wb)
```

```
wb.distribution.plot()
```

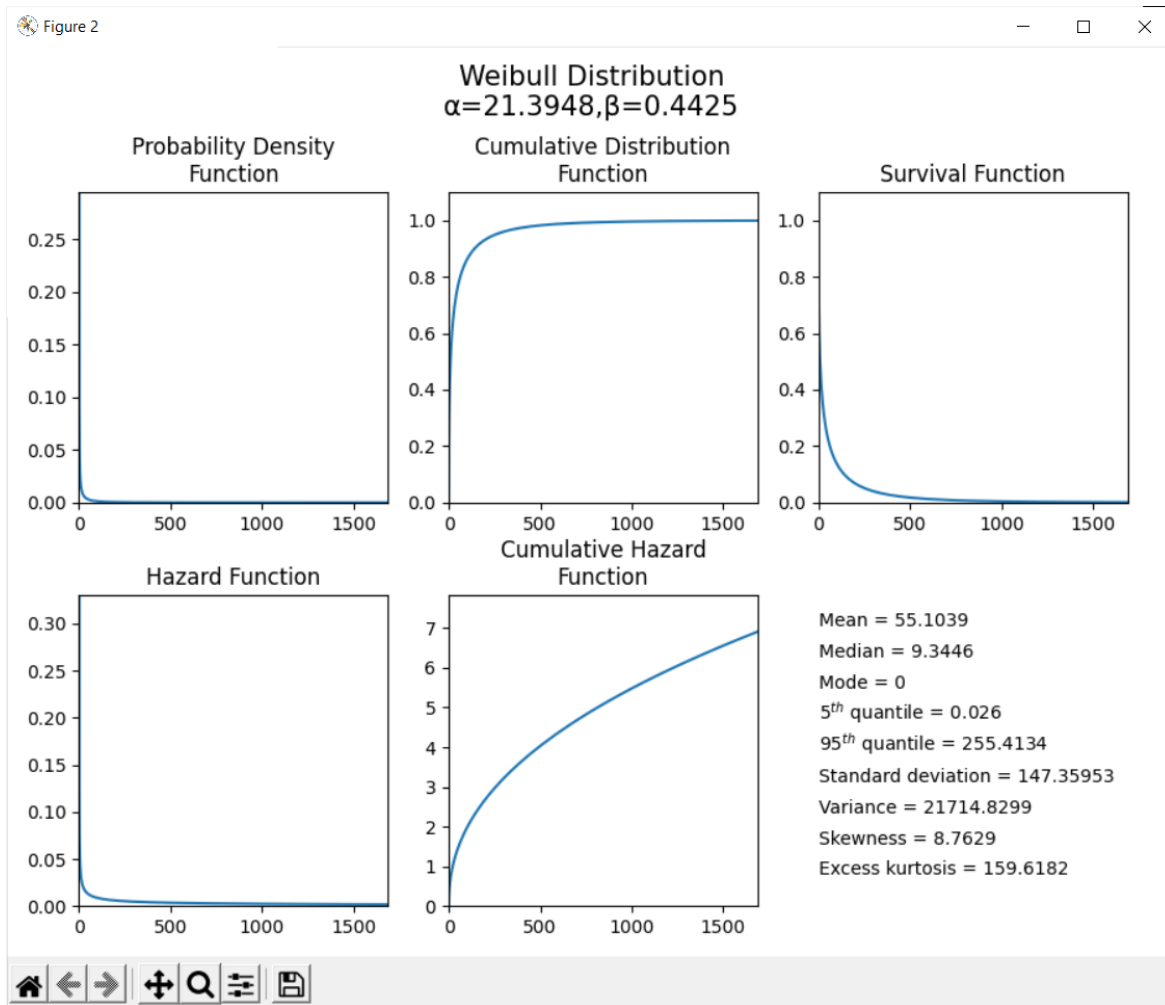


Figura 22. Gráficas de funciones de Weibull C72.

Fuente: Captura Local

Quinto, previo a obtención de la confiabilidad se debe transformar los datos de los tiempos de falla a matriz con el comando `numpy`:

```
x=df_fallas['time']
```

```
dt=x.to_numpy()
```

```
print(dt)
```

Sexto, se obtiene los indicadores de confiabilidad desde la ecuación $R(t)$, en Python corresponde el identificador SF para cargar esta expresión.

```
wb.distribution.SF(label='Fitted Distribution',color='steelblue')
```

```
plot_points(failures=dt,func='SF',label='failure data',color='red')
```

```
plt.legend()
```

```
plt.show()
```

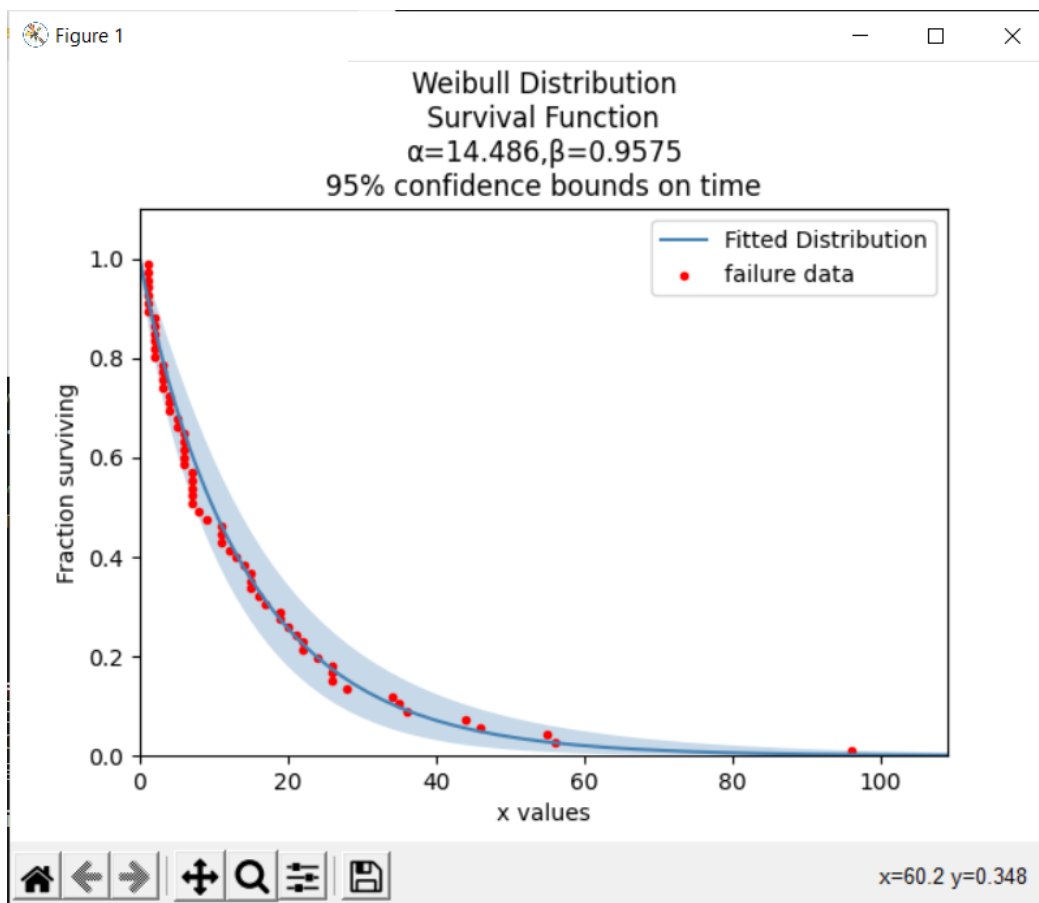


Figura 23. Gráfica de confiabilidad mediante Weibull C61.

Fuente: Captura Local

Programación Crow-AMSAA

Primero, se procede a cargar cada librería y el proceso de Crow-AMSAA en el proyecto

```
import reliability.Repairable_systems as rcra

from reliability.Repairable_systems import reliability_growth

from reliability.Repairable_systems import ROCOF

import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

import pandas as pd
```

Segundo, se ingresa el archivo en formato xlsx con el que se desea trabajar

```
filename= 'D:/Anthony Ochoa/DATOSPYTHON/Datoscamioneta.xlsx'

df_fallas = pd.read_excel(io=filename)
```

Tercero, previo a obtención del crecimiento de la confiabilidad se debe transformar los datos de los tiempos de falla acumulados a matriz con el comando numpy:

```
x=df_fallas['days']

dt=x.to_numpy()

print(dt)
```

Cuarto, se obtiene el indicador del crecimiento de la confiabilidad mediante el proceso de Crow-AMSAA, de igual manera como en el proceso de Weibull se recomienda que los títulos de las columnas del dataframe sean: “category”, “time” y “quantity”.

```
cra=reliability_growth(times=dt, model='CrowAMSAA', target_MTBF=None,
log_scale=False, show_plot=True, print_results=True)
```

```
plt.show()
```

```
[43]: df_failures.head()
```

```
[43]:
```

	days	faults
0	1	1
1	2	4
2	6	9
3	7	3
4	24	2

Figura 24. Dataframe ingresado al código de Python formato Crow-AMSAA

Fuente: Captura Local

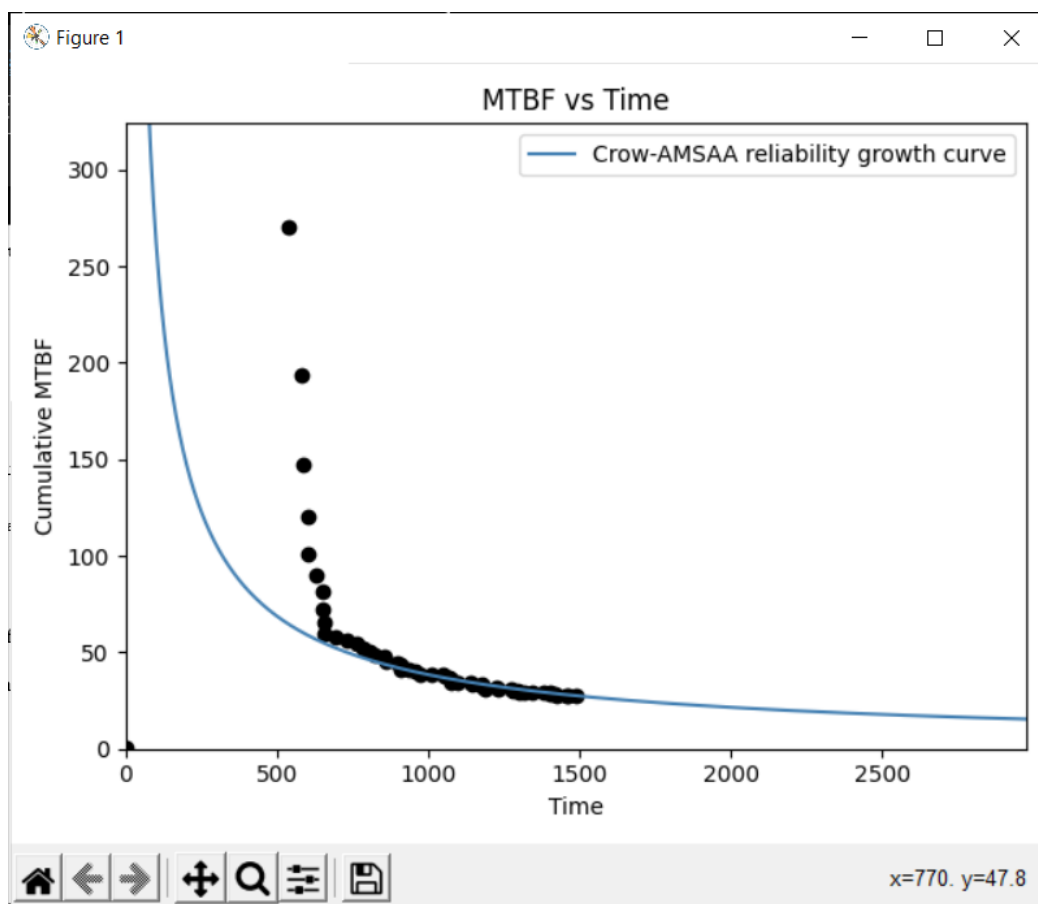


Figura 25. Gráfica de crecimiento de la confiabilidad mediante Crow-AMSAA C55.

Fuente: Captura Local

Si se desea obtener la gráfica del crecimiento de la confiabilidad en escala logarítmica (log scale), sin embargo, no se recomienda esta gráfica debido a la irregularidad de los datos, para ello se debe utilizar la línea de código:

```
cra=reliability_growth(times=dt, model='CrowAmsaa', target_MTBF=None,  
log_scale=True, show_plot=True, print_results=True, color= 'blue')  
  
plt.show()
```

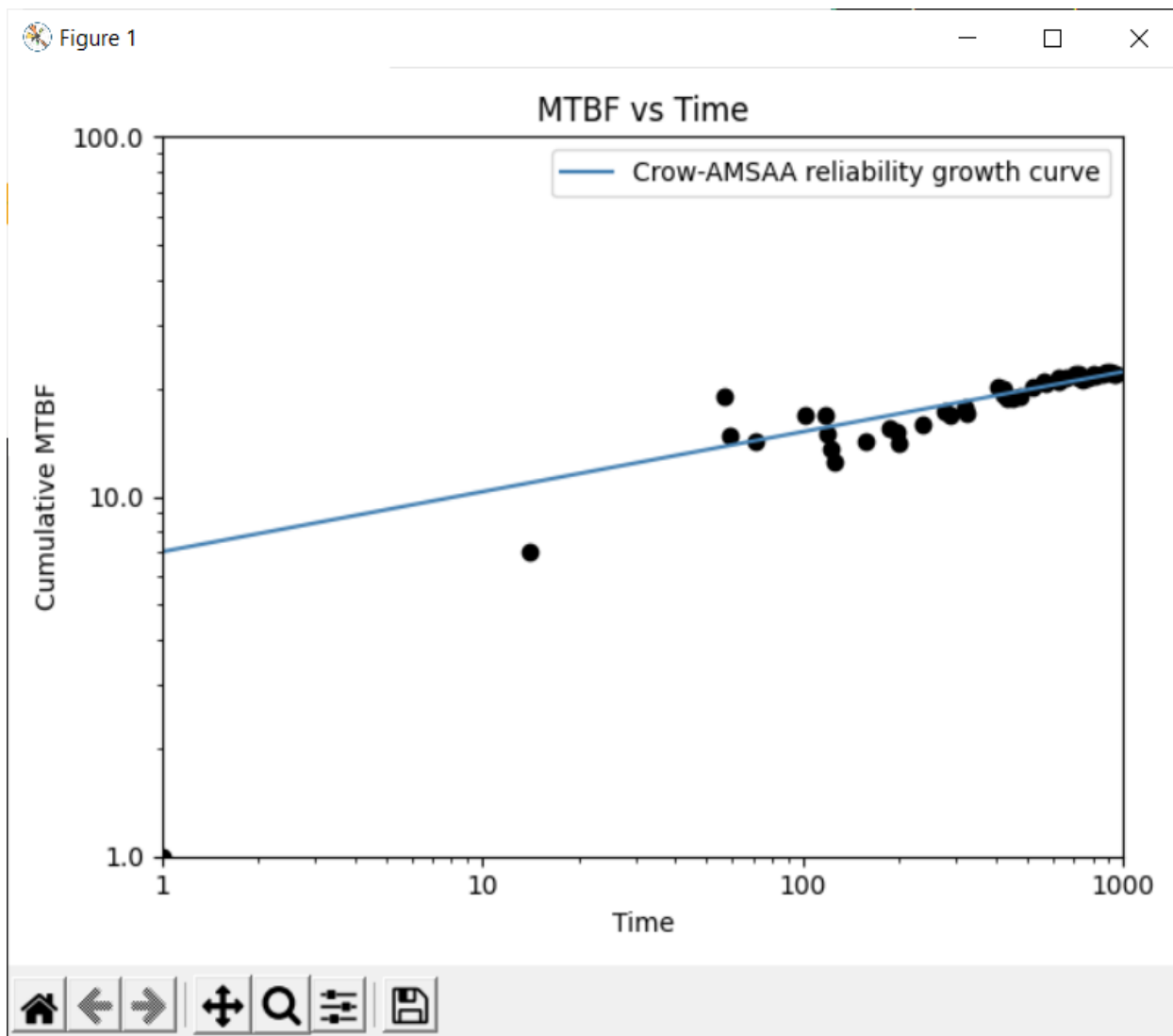


Figura 26. Gráfica de crecimiento de la confiabilidad mediante Crow-AMSAA C56

Fuente: Captura Local

Adicional al crecimiento de la confiabilidad se puede obtener la tasa de ocurrencia de fallas que se identifica en la librería Reliability como ROCOF:

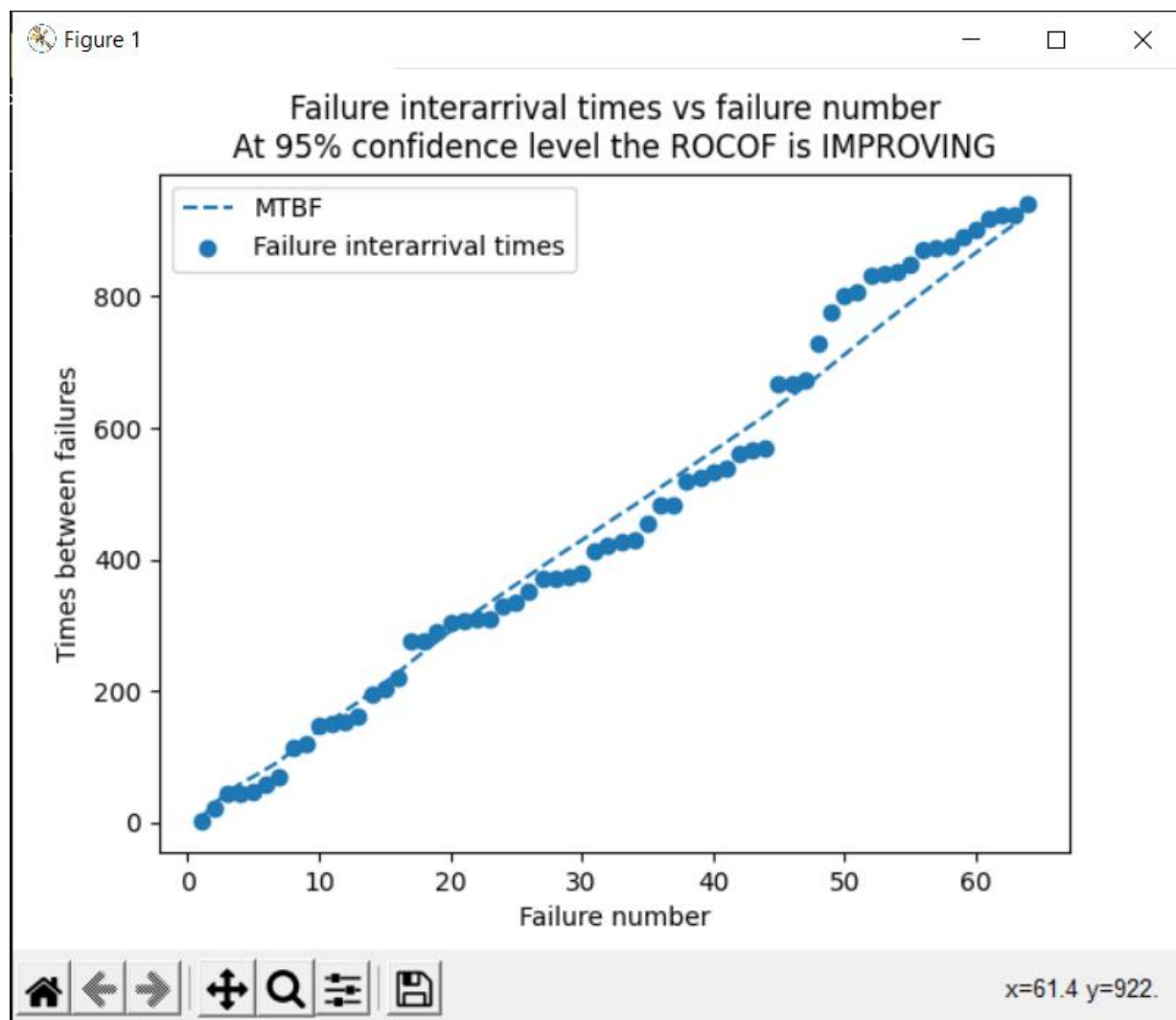


Figura 27. Gráfica de la tasa de ocurrencia de fallas C61.

(Fuente: Autores)

Interfaz de la herramienta

A continuación, en la figura (28) se expone la interfaz gráfica de la herramienta para calcular la confiabilidad en flota de vehículos, se cuenta con dos opciones de procesos, correspondientes al modelo Weibull y el modelo Crow-AMSAA respectivamente, cabe recalcar que para el proceso de Weibull se necesita que los títulos de las columnas del dataframe sean:

“category”, “time” y “quantity”, mientras que en Crow-AMSAA los títulos de las columnas del dataframe deberían ser: “days”



Figura 28. Interfaz de la herramienta de confiabilidad

Fuente: Autores

En la figura (29). Se puede apreciar el diagrama de funcionamiento de la herramienta informática para el cálculo de la confiabilidad en flota de vehículos

El proceso con el botón Weibull: en primero, genera la gráfica del ajuste de los datos por medio de Weibull, en segundo, ofrece las gráficas de todas las funciones de Weibull disponibles y en tercero, brinda la gráfica de confiabilidad mediante Weibull y como baja a través del tiempo.

El proceso con el botón Crow-AMSSA: en primero, genera la gráfica del crecimiento de la confiabilidad en escala logarítmica (log scale), en segundo, ofrece la gráfica del crecimiento de

la confiabilidad (Crow-AMSSA) y en tercero, brinda una gráfica adicional que corresponde a la tasa de crecimiento de ocurrencia de fallas.

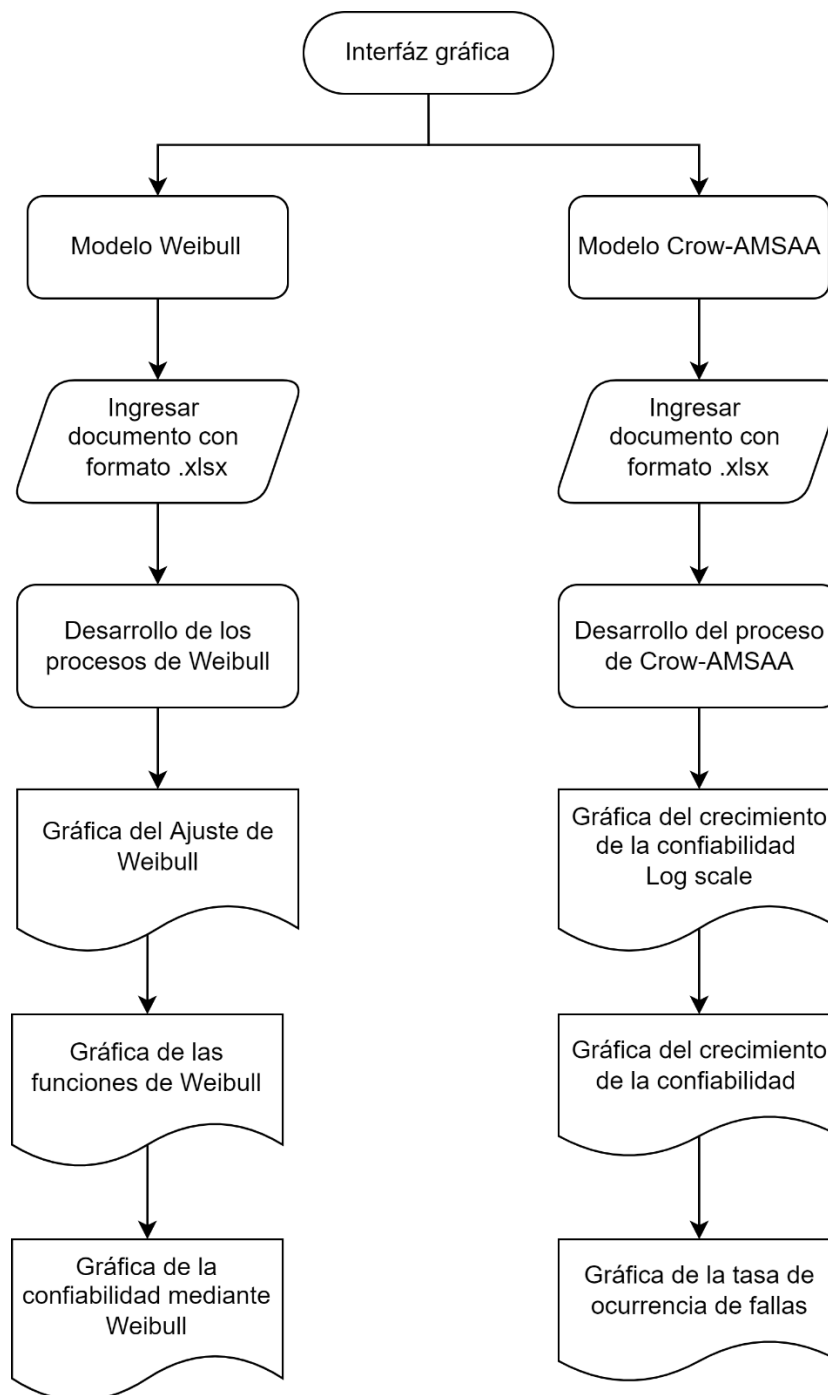


Figura 29. Diagrama de funcionamiento de la herramienta de confiabilidad

Capítulo 4.

Evaluación de la herramienta informática.

Recolección De Datos

Para la recolección de datos se hace necesario un análisis exhaustivo de las empresas del sector que trabajen con flotas de vehículos. El proceso inicia con la selección de la empresa que cumpla con las características que se enlista a continuación:

- La empresa debe presentar un historial de fallas riguroso
- Los datos deben presentar relatividad baja o nula
- El tamaño de los datos sea al menos de diez reparaciones o fallas
- La empresa trabaje con una flota mínima de diez vehículos

Para el presente proyecto la empresa seleccionada de nombre reservado a los derechos de la misma empresa posee una flota de vehículos 30 vehículos ligeros de tipo camioneta (modelo Luv Dmax CD y DMAX 4x4) que se dedica al transporte de personas en las labores administrativas en su mayoría. Además, la empresa cuenta con maquinaria pesada como estabilizadoras, montacargas, excavadoras, motoniveladoras, rodillos, así como vehículos tipo jeep o furgonetas que en el presente documento no serán analizados debido que el análisis es concretamente para un grupo de vehículos. El mantenimiento de estos vehículos lo realiza con un taller cercano a la empresa en cuestión y cada uno de las modificaciones o reparaciones que sufren cada vehículo es anotado y digitalizado en un historial de fallas donde además se tiene el kilometraje de la reparación y la fecha de estas acciones. El anexo 2 muestra con mas detalle el registro de datos de la empresa en cuestión.

Una vez designada la empresa de análisis, se realiza una entrevista con el dueño o gerente de la empresa. Respalda el planteamiento del proyecto técnico con una exposición detallada y cuantificada al gerente y personal relacionado con la parte administrativa de recolección de datos, se obtuvo el acceso a estos con los cuales trabajará la herramienta.

Análisis De Datos

Previa a la aplicación de la herramienta se debe realizar un filtrado de los datos con un formato específico para que las metodologías puedan desarrollarse. El formato con la que se trabaja en la herramienta se puede ver en la tabla (7) y (8):

Tabla 7. Formato de datos para Weibull Camioneta 79.

Time	Quantity	Category
1	1	F
4	1	F
9	4	F
3	1	F
2	17	F
2	11	F
3	9	F
1	6	F
1	5	F
1	23	F
16	6	F
1	3	F
1	17	F
1	4	F
1	1	F

Para el cálculo de la confiabilidad desarrollado con el modelo de Weibull se tiene las columnas de “Time”, “Quantity” y “Category” que hacen referencia a los tiempos entre fallas, la cantidad de fallas presentadas en cada ciclo y la categoría (selección entre fallas censuradas C y datos de falla no censurados F) de las fallas del vehículo. A partir del enlistado de los datos que para el ejemplo corresponde a la camioneta 79 que será usado para la obtención de los ejemplos de indicadores de la confiabilidad.

Tabla 8. Formato de datos para Crow-Amsaa (Camioneta 79).

Days	Faults
1	1
2	4
6	9
7	3
24	2
35	2
44	3
50	1
55	1
78	1
84	16
87	1

De forma similar la tabla de datos de aplicación para el modelo de Crow-Amsaa se representa por dos columnas que son el tiempo acumulado en días (“Days) y el número de fallas (Faults). En este caso, la camioneta será también aplicada para determinar las gráficas de los

indicadores de este modelo. Se puede así, seguir con la introducción de los datos y el procesado de los mismos resultandos en el indicador del crecimiento de la confiabilidad.

Una vez ordenado los datos de falla, se realiza el guardado del archivo en una carpeta donde el analista decida conservar y con la extensión de este poder aplicar a la herramienta como se indicó en el capítulo anterior.

En el presente proyecto, para la evaluación de la herramienta se hará uso de diez conjuntos de datos de fallas de una flota de vehículos de camionetas. Dichos datos fueron filtrados, organizados y reubicados según el formato indicado para poder aplicar a la herramienta en nuestro caso de estudio. La tabla (9) muestra el grupo de vehículos de análisis:

Tabla 9. Listado de camionetas de análisis.

N°	Vehículo	Modelo	Kilometraje (inicio-final)	Código
1	CAMIONETA 53	LUV DMAX CD	535642-635000	C53
2	CAMIONETA 55	LUV DMAX CD	365000-440005	C55
3	CAMIONETA 56	LUV DMAX CD	436000-531000	C56
4	CAMIONETA 61	LUV DMAX CD	470000-535000	C61
5	CAMIONETA 62	CHEVROLET LUV 4X4	584715-608000	C62
6	CAMIONETA 63	LUV DMAX CD	395000-465390	C63
7	CAMIONETA 67	LUV DMAX CD	315000-420000	C67
8	CAMIONETA 72	CHEVROLET LUV DMAX 3.0L 4X4	246558-340200	C72

9	CAMIONETA 78	LUV DMAX CD	452247-465880	C78
10	CAMIONETA 79	LUV DMAX CD	445000- 517892	C79

En la tabla anterior se describe el desgaste del vehículo según el rango de kilometraje que se tiene para la obtención de datos y esto influye de forma directa en la interpretación de los datos. Se puede ver también que existen dos vehículos de modelo diferente que tienen características de todo terreno, el cual presenta un comportamiento respecto al desgaste relativamente diferente al resto.

Cabe recalcar que los datos recolectados presentan diferentes fechas, cantidad de datos de falla, diferente desgaste y un manejo de diferentes usuarios que pueden afectar al comportamiento del desgaste. Los datos de falla según el modelo de recolección que la empresa de estudio posee para cada una de las camionetas se encuentran en el anexo 2 de este documento donde se especifica cada uno de las reparaciones y mantenimientos realizados.

Indicadores de Confiabilidad del Modelo de Weibull

Para este modelo una vez que se introduce los datos en el formato específico, la herramienta procesará los datos aplicando las ecuaciones reflejadas en el capítulo uno como la distribución acumulada, la tasa de fallos, la función de densidad de fallos o la función de confiabilidad. Sin embargo, cabe mencionar, que para el usuario de la herramienta la interacción con ecuaciones y cálculos no se refleja en la interfaz en ningún momento pudiendo aportar únicamente los datos de falla. Dicha simplificación de la herramienta hace más amigable a la herramienta con el usuario para que pueda de cierto modo centrar su análisis en la interpretación de las gráficas resultantes.

La resultante que es capaz de procesar la herramienta es diferida por la cantidad de gráficas obtenidas a partir de los datos de un vehículo (en este caso será la camioneta 79 de la empresa), el cual puede presentar diferentes modos de falla, necesidades de mantenimiento preventivo o correctivo y que estos pueden analizarse desde diferentes perspectivas. La capacidad y la velocidad de cálculo y análisis hacen de la herramienta muy versátil para este tipo de análisis. Uno de los indicadores más relevantes para el caso de estudio que se presenta es el indicador de la confiabilidad (Survival Function) como se ilustra en la figura (30):

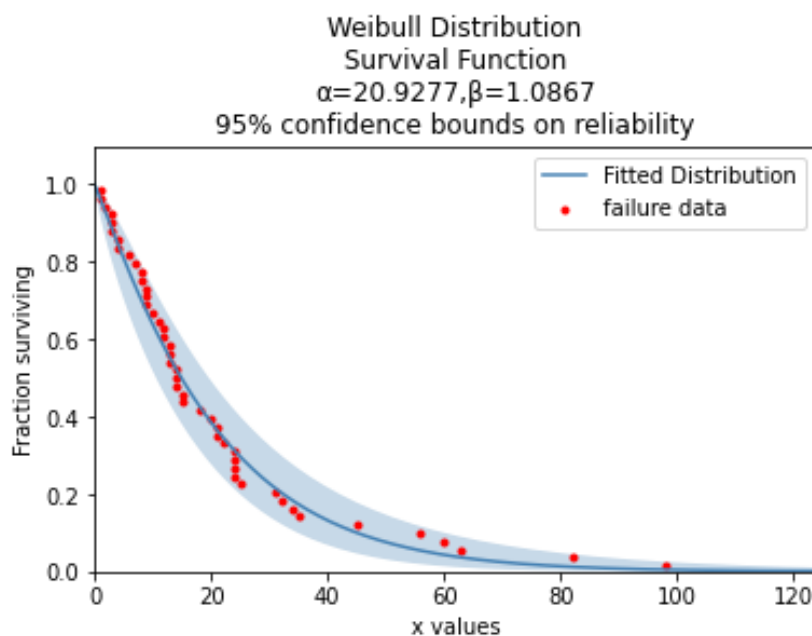


Figura 30. Indicador de la confiabilidad.

(Fuente: Autores)

El cálculo de Weibull se basa en el ajuste a los datos mediante el cálculo de los parámetros α y β del modelo como se tiene en la ecuación [4]. En este sentido, la gráfica resultante de la herramienta muestra el valor calculado de dichos parámetros de los que parten la determinación de los indicadores.

Del mismo modo la distribución de los datos en color rojo se presenta en la gráfica anterior y estos representan como el porcentaje de confiabilidad (reflejado en el eje y) se reduce según pase el tiempo (eje x). Es así que se establece un ajuste de los datos (en color azul) que refleja como la incidencia de los MTBFS durante los primeros días del análisis hacen que la confiabilidad se reduzca rápidamente para este ejemplo en concreto y que variará según sea el caso. Cabe recalcar, además, que la confiabilidad de los resultados obtenidos es establecida al 95% para que los datos sean muy próximos a la realidad.

Además del indicador de la confiabilidad, la herramienta presenta otros resultados que están directamente relacionados con el análisis de la confiabilidad como lo son la función de la distribución de fallas acumuladas (CDF), la función de densidad de la probabilidad (PDF), la función de probabilidad de falla (Hazard Function) entre otras. Además, es importante mencionar que el uso e interpretación de los indicadores depende del tipo de estudio que la empresa requiera en un momento determinado por lo que el alcance de la herramienta dependerá de las intenciones que posea el usuario y según el criterio que se le quiera dar. En este aspecto las figuras (31), (32) y (33) ilustran los diferentes indicadores que resultan del análisis que es capaz de procesar la herramienta.

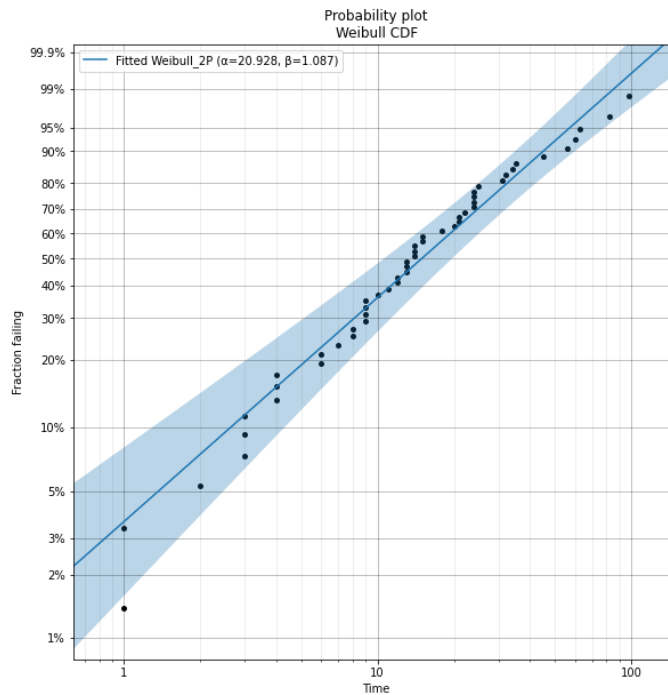


Figura 31. Función de la Distribución de Fallas Acumuladas CDF.

(Fuente: Autores)

Este indicador de la distribución de fallas acumuladas muestra como el porcentaje de falla incrementa según el tiempo lo que puede ser relevante a la hora de realizar diferentes análisis de los fallos que se presentan según un referente de comportamiento normal que tenga cierto vehículo.

En el ejemplo se puede ver como existe una acumulación de los fallos alrededor de los 20 días y que ello representa hasta el 70% de los fallos que se dieron en el automóvil.

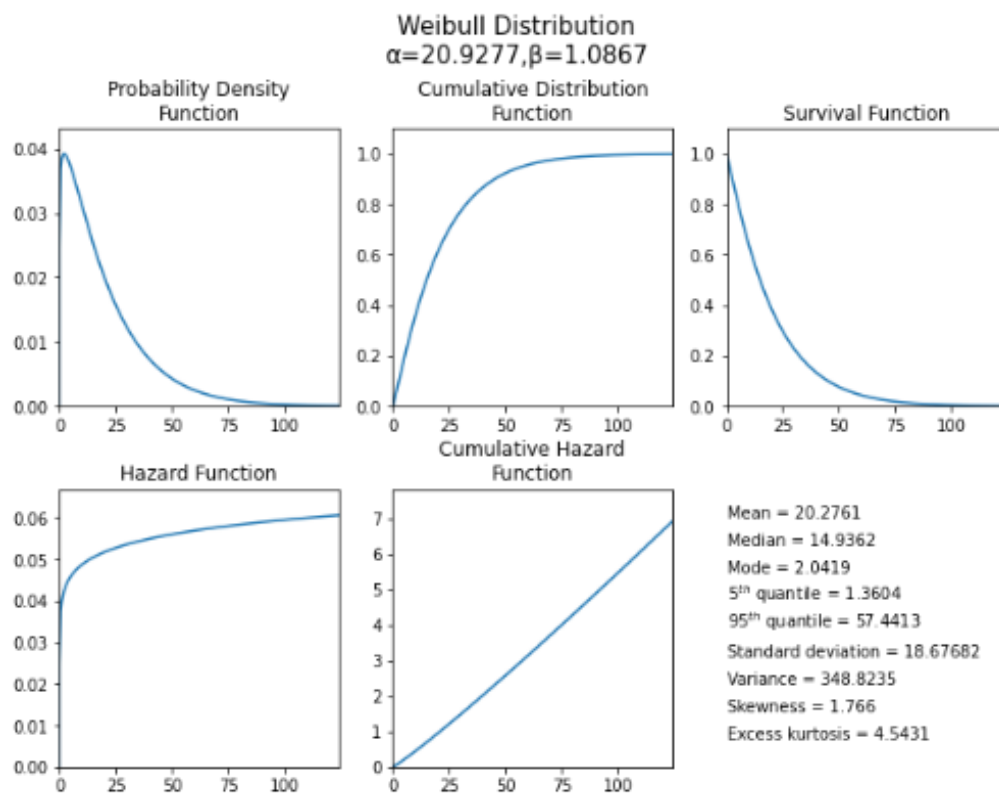


Figura 32. Gráficas de los indicadores para el modelo de Weibull.

(Fuente: Autores)

Este indicador refleja diferentes valores de utilidad como la media, la mediana, la moda, la desviación estándar, el exceso de Kurtosis, además de otras gráficas como la función de densidad de probabilidad o la función de la distribución acumulada partiendo también del cálculo de los parámetros de Weibull.

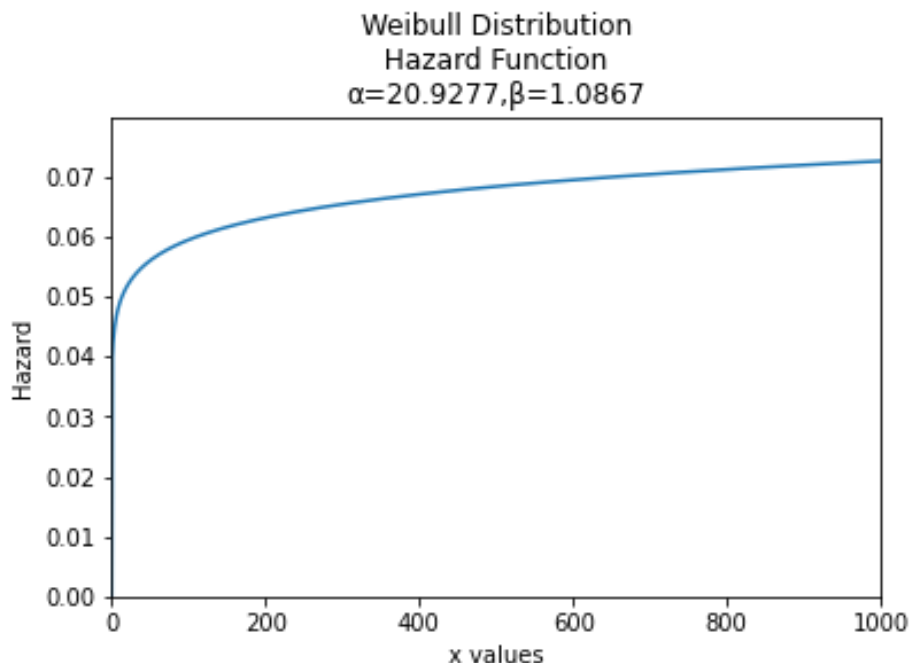


Figura 33. Función de Probabilidad de Fallo.

(Fuente: Autores)

Otro de los indicadores que la herramienta es capaz de calcular es la función de ocurrencia o probabilidad de fallo que tiene como contrapartida la confiabilidad como ya se explicó en capítulos anteriores ya que el hecho de que un activo presente un porcentaje de probabilidad de fallo significa que tiene una confiabilidad acorde a esta. Es así que la gráfica resultante muestra como el porcentaje de probabilidad de falla se incrementa según transcurre el tiempo. Y es algo similar lo que se observó en la gráfica de la confiabilidad que para su caso la gráfica presentaba un carácter decreciente a diferencia de la gráfica en cuestión.

Indicadores De Confiabilidad Del Modelo De CROW-AMSAA

Del mismo modo una vez introducido los datos y su consiguiente procesamiento de estos, la herramienta es capaz de proporcionar en este caso el indicador del crecimiento de la confiabilidad (Reliability growth) que están basado en las ecuaciones citadas en el capítulo uno

respecto al modelo de Crow-Amsaa. Es así como, a partir de los datos de la empresa, la gráfica presenta como la confiabilidad desarrolla un crecimiento basado en las tareas de mantenimiento, las reparaciones y las acciones que tengan que ver con el estado de los activos para modificar de esta forma el crecimiento de la confiabilidad. De la misma manera y en la misma gráfica, la herramienta es capaz de graficar la distribución de los puntos representados por los MTBFs acumulados respecto al tiempo. Para este modelo se puede mencionar que la versatilidad de análisis presenta menor alcance y que a pesar de ello la capacidad de esta dependerá también del usuario. La figura (34) muestra estos indicadores.

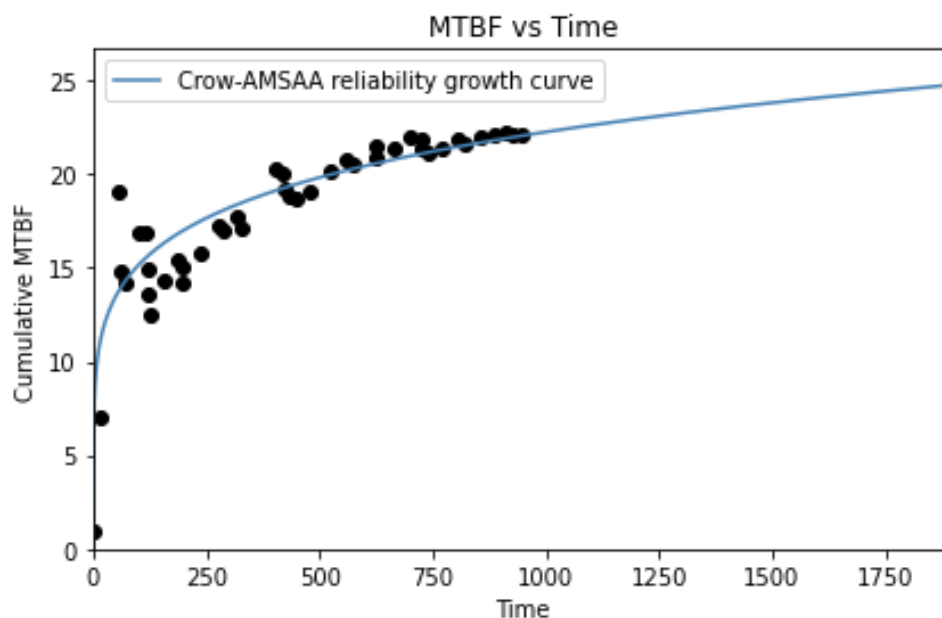


Figura 34. Crecimiento de la Confiabilidad.

(Fuente: Autores)

Es entonces que según la distribución acumulada de los tiempos entre fallas (eje y) se da con el paso del tiempo (eje x) existe un ajuste que refleja como la confiabilidad puede crecer según la medida que el activo es mejorado con cada mantenimiento realizado suponiendo que el activo quede como antes de la falla.

Del mismo modo, la herramienta es capaz de calcular la tasa de ocurrencia de fallos, la cual indica con que intensidad de fallas se tiene según el rango entre los tiempos de estas. Se puede deducir entonces que ocurre con el número de fallas según los tiempos entre estas crece. La figura (35) representa la tasa de ocurrencia de falla:

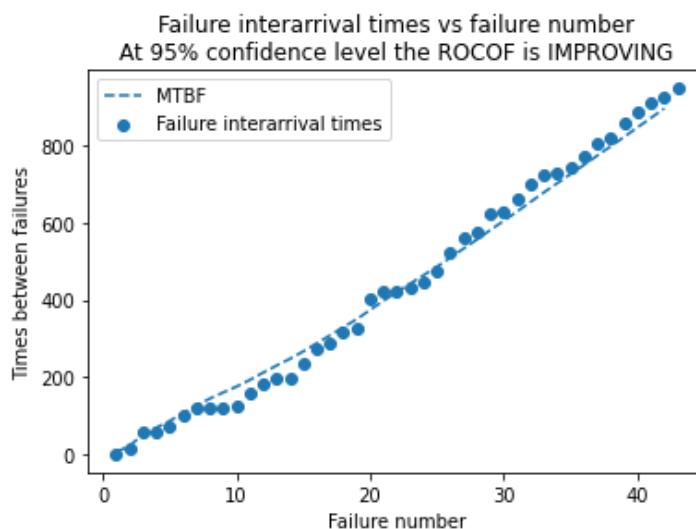


Figura 35. Gráfica de la tasa de ocurrencia de falla.

(Fuente: Autores)

Evaluación De Los Datos De La Flota

Para una evaluación más concisa y completa de la herramienta desarrollada en el presente documento, es necesario realizar el análisis con el conjunto de datos de los diez vehículos de estudio. Gracias a esto se puede encontrar diferentes resultados del análisis de manera individual para cada vehículo o de forma grupal pudiendo encontrar diferencias y pautas de comportamiento de las fallas. Es así como con el procesado y transformado de los datos de forma individual al formato específico se procede a la introducción de estos en los dos métodos desarrollados.

A modo de ejemplificar y dar a conocer parte de la capacidad de la herramienta mediante un caso de estudio se supone que una empresa dedicada al transporte de personas y equipaje

dispone de una flota de diez vehículos de tipo camioneta. Con la finalidad de innovar e invertir en las modernas tecnologías sobre gestión de flotas actuales y teniendo en consideración que esta cuenta con un capital reducido se propone en investigar sobre la dicha mejora para su empresa. Otra empresa dedicada a la gestión de flotas vehiculares consigue ponerse en contacto con esta y aprovechando el interés compartido de ambas empresas propone aportar una herramienta sobre el cálculo de la confiabilidad determinando que a cambio la empresa interesada deberá aportar los históricos de reparaciones y mantenimientos que se llevaron a cabo en el desarrollo habitual de la empresa. Cabe mencionar que el costo de la herramienta es bajo, sin embargo, la capacitación Con los datos para el uso de la herramienta y el procesado de datos debe sumarse al coste total. Una vez que los datos son aportados a la empresa de gestión de vehículos le ofrece dar a conocer la capacidad y potencia de la herramienta, así como las bondades y beneficios que trae. La figura (36) muestra el modelo general de la flota.



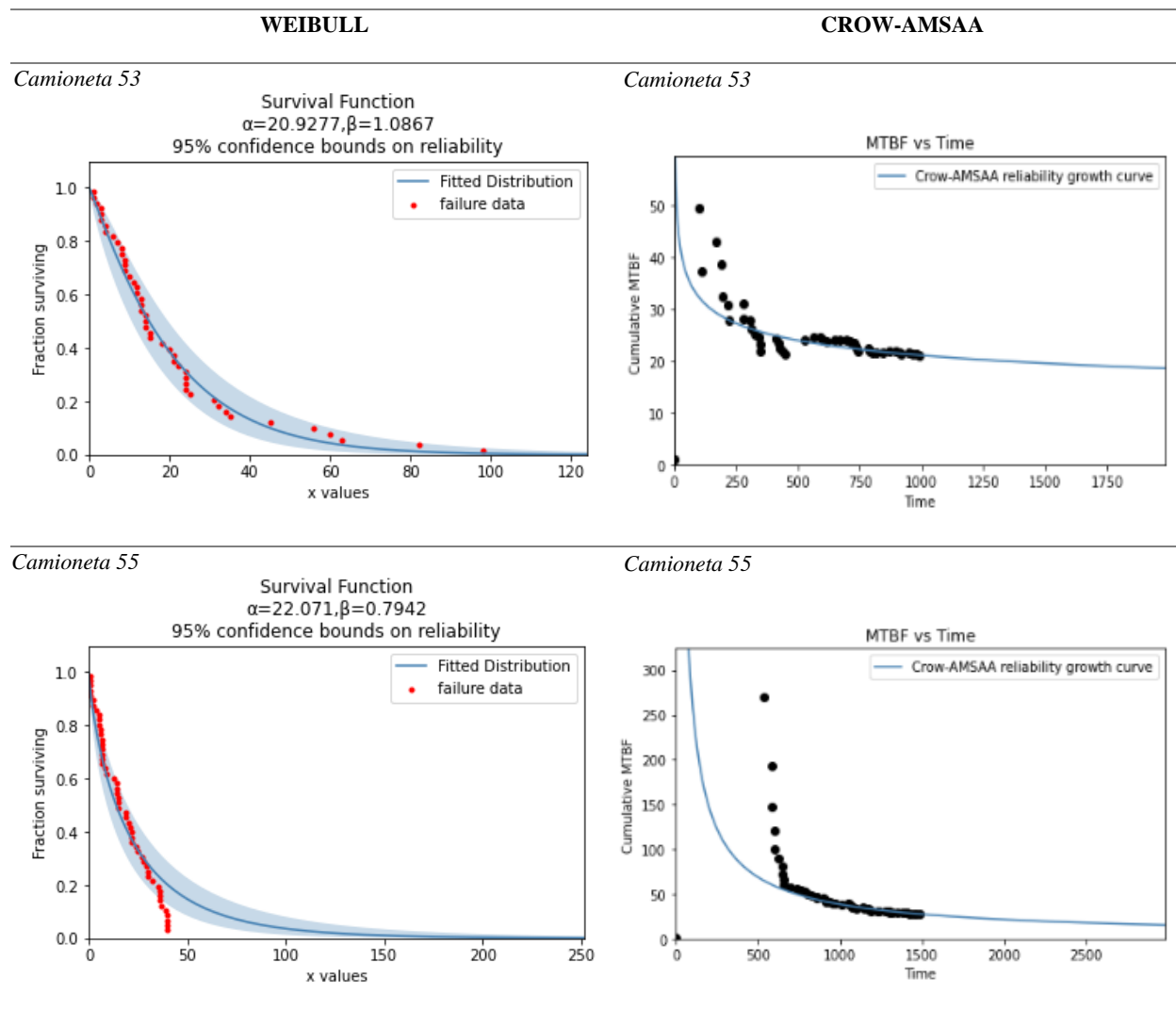
Figura 36. Vehículo modelo de la flota de análisis.

(Fuente: Chevrolet.com)

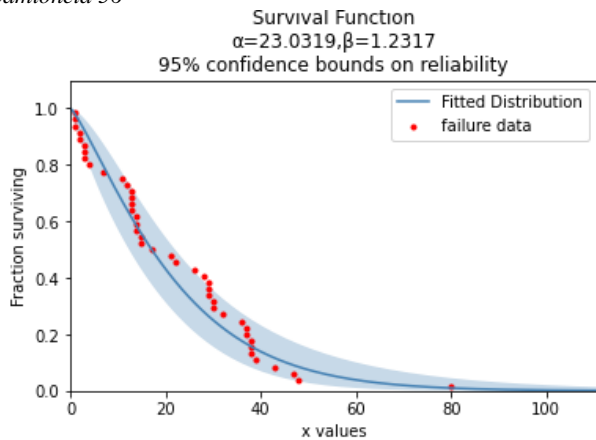
De esta forma, con el procesado de los datos obtenidos se dispone a enlistar en una tabla los indicadores extraídos de la confiabilidad de Crow-Amsaa y de Weibull. Cabe mencionar que

el resultado obtenido se presta a diferentes análisis de forma individual o en conjunto según disponga la empresa. La tabla (8) muestra los indicadores de confiabilidad de cada método aplicado a cada vehículo.

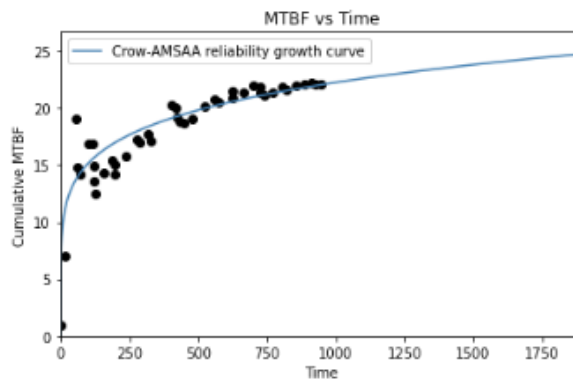
Tabla 10. Lista de resultados de Confiabilidad.



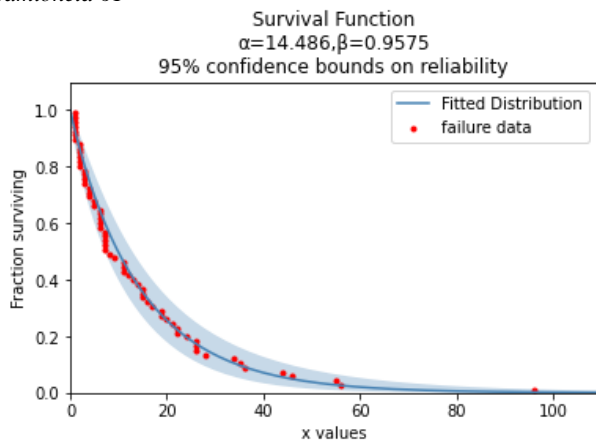
Camioneta 56



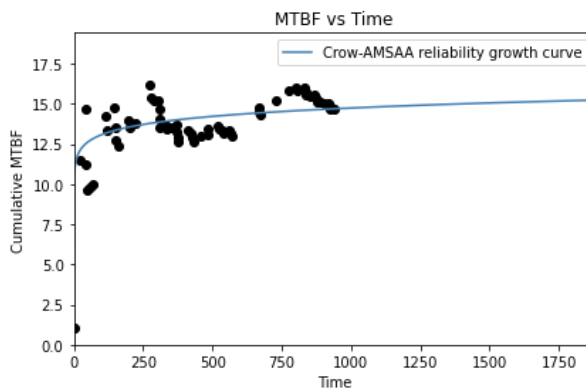
Camioneta 56



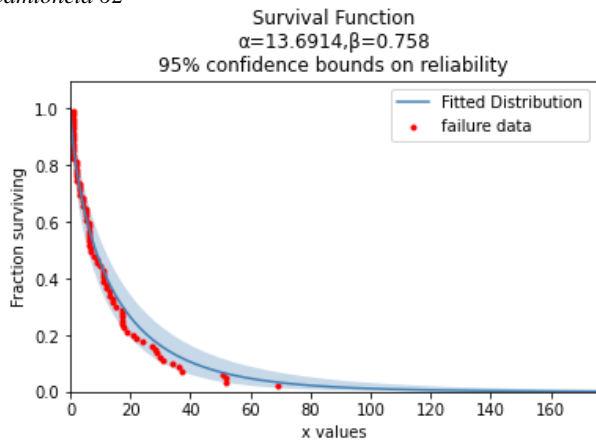
Camioneta 61



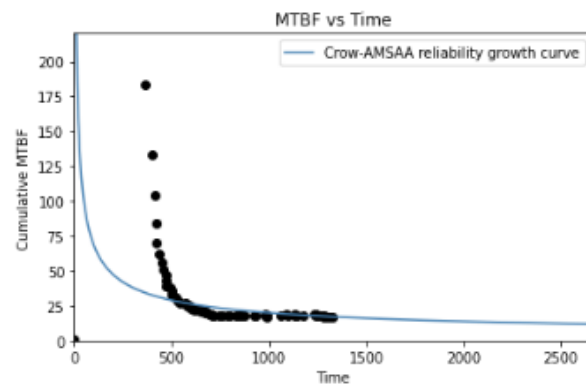
Camioneta 61



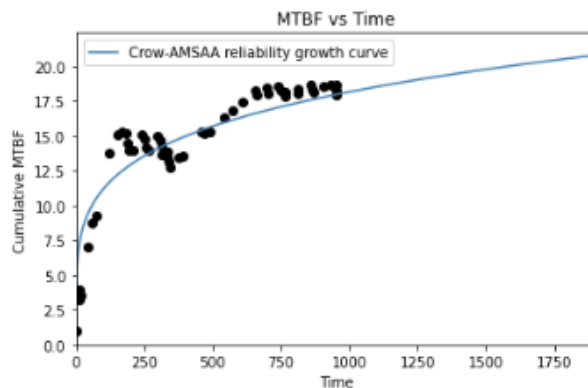
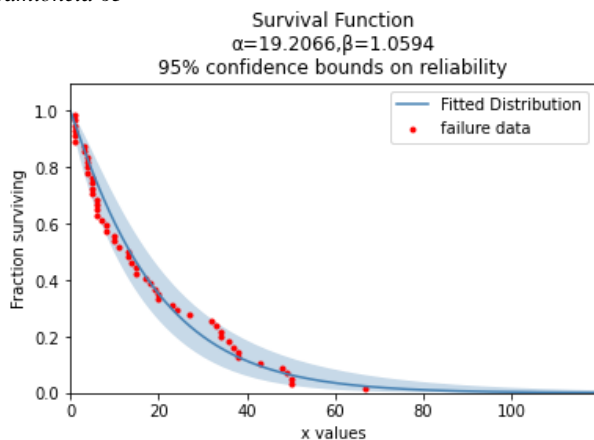
Camioneta 62



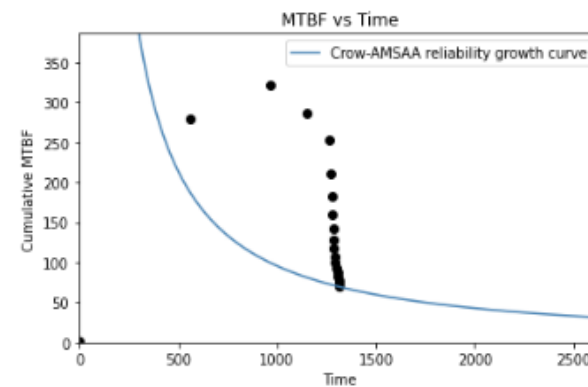
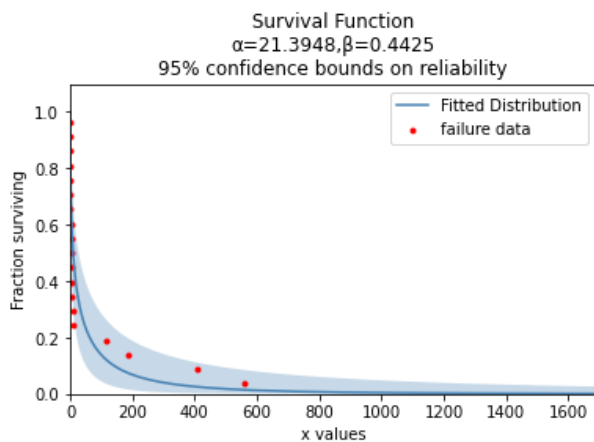
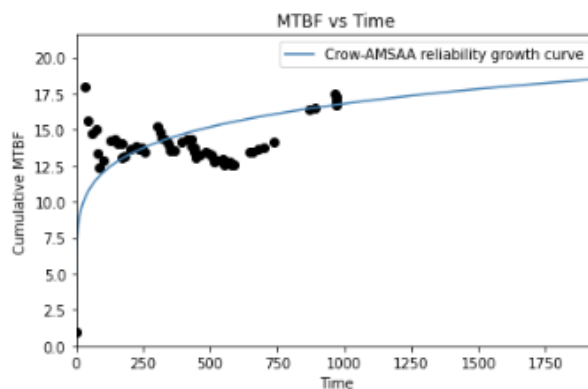
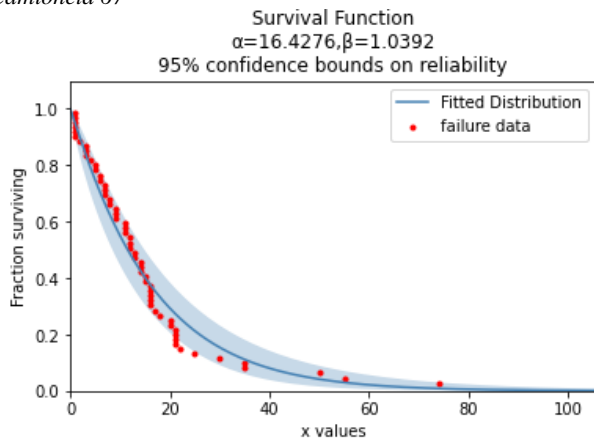
Camioneta 62



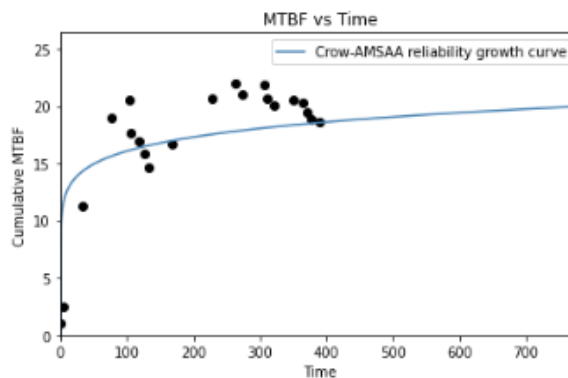
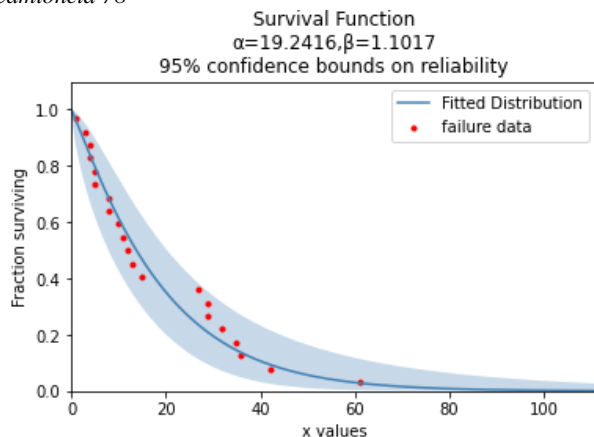
Camioneta 63



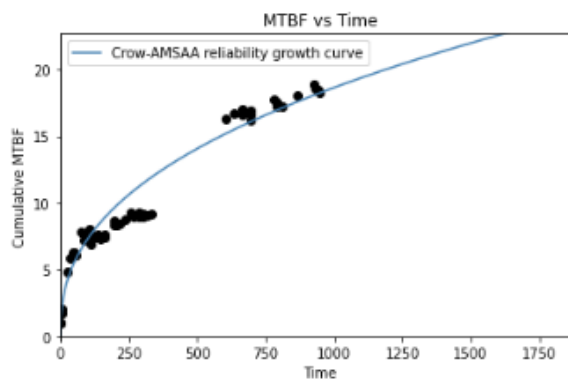
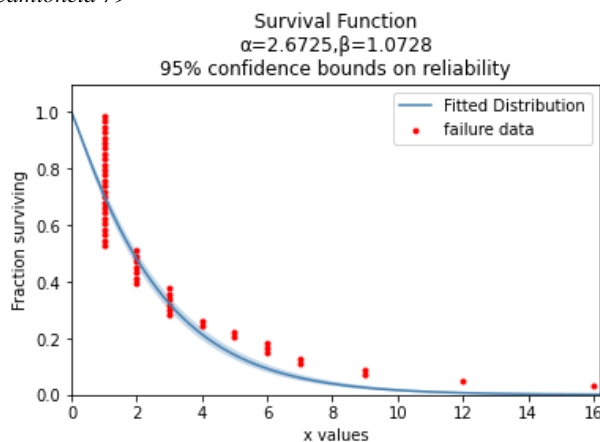
Camioneta 67



Camioneta 78



Camioneta 79



Colocando de este modo en formato de comparación es que se puede analizar una flota completa de la cual se producen diferentes aspectos de análisis pudiendo llegar determinadas conclusiones como se enlista a continuación:

- Se puede observar con claridad que para los vehículos C53, C55, C62, C72 el crecimiento de la confiabilidad es negativa, es decir, dicho valor es decreciente en el tiempo teniendo al año aproximadamente ya una ocurrencia de fallos cada 20 días aproximadamente. Una de las conclusiones de dicho resulta es decir que la frecuencia con se dan los fallos es cada vez mayor por lo que el vehículo es menos confiable. Este resultado es asociable al

kilometraje del vehículo (alrededor de los 500000 Km) donde el desgaste de los componentes será más notorio, al hecho de que las camionetas C62 y C72 son 4x4 y por lo tanto su desarrollo es diferente o que el tipo de conductor pueda influir en el desgaste del activo. Si se toma en cuenta la confiabilidad de Weibull se puede ver como la pendiente de la confiabilidad es más pronunciada lo que hace que la confiabilidad de los vehículos a los 10 días aproximadamente ya presente valores inferiores al 60% lo que verifica el mal estado de los vehículos. Se podría recomendar en este caso que se reemplazaran los vehículos en este caso.

- Otro aspecto relevante es el hecho de que la ser una flota de vehículos del mismo modelo en general con edades similar (kilometrajes), aplicados para el mismo uso (traslado de personas por la ciudad) o que los conductores tienen su licencia profesional correspondiente los vehículos deberán presentar desgaste semejante o muy parecido. En la comparación entre las confiabilidades del modelo de Weibull se puede visualizar claramente como todos presentan una reducción de la confiabilidad de hasta el 50% alrededor de los 15 días desde que se tomó los datos.
- Con el valor del parámetro de forma β se puede además entender la etapa del ciclo de vida en la que se encuentran los vehículos, ya que como se indica en el capítulo uno, esto influye directamente en la tasa de fallas que presente el activo. De este modo para la camioneta 72 se observa con claridad como la β es igual a 0.4425 lo que indica que se encuentra en una etapa de fallas infantil donde los mantenimientos dados se producen asociados a defectos de fábrica, por ejemplo. Esto es verificable al observar su kilometraje inicial de la toma de datos. Además, para el resto de los vehículos se tiene un β ligeramente superior al 1 que

marca el inicio donde la tasa de fallos es creciente por lo que es necesario implementar metodologías de mantenimiento predictivo y preventivo de forma óptima.

- Si se coloca en contraste la información que aportan las metodologías de estudio se puede observar como el modelo de Weibull se adapta de mejor manera a los datos de falla debido sobre todo a que es en el rango de β donde trabaja mejor y por otro lado gracias a sus parámetros. Sin embargo, gracias a ambos indicadores es posible conocer en un tiempo determinado cuanta confiabilidad presenta o que tan improbable es el hecho de que se produzca una falla en el activo. Por ejemplo, en la camioneta 53 se debe saber que para los 20 días de trabajo se debe ya tener presente que la confiabilidad es del 40% aproximadamente.
- Otro análisis de interés radica en el hecho de poder necesitar para una emergencia o para un viaje de considerable magnitud de riesgo, la camioneta en mejor estado o dicho de otro modo la que presente una mayor confiabilidad por lo que el análisis de una flota entera con la herramienta puede determinar el activo en mejores condiciones. Además, si se realiza el análisis en un tiempo concreto del tiempo también se puede conocer en cada momento la estimación del vehículo más confiable para ese tiempo.

CONCLUSIONES

En función a un análisis comparativo se determinó que los modelos Weibull y Crow-AMSAA en relación con otros modelos como Gaussiano, log-normal, de Rayleigh, Markham presentan superioridad, debido a su amplio desarrollo y aplicación en el cálculo de confiabilidad en sistemas reparables, en la herramienta ofrecida en este proyecto se puede evidenciar mediante Weibull brinda más información sobre las fallas presentadas en un periodo de tiempo, evidenciándolo en gráficas como la de ajuste de probabilidad de falla y la función de confiabilidad del vehículo mientras que mediante Crow-AMSAA enfoca los indicadores de confiabilidad en función de los MTBF acumulados, enfocando su gráfica al crecimiento de la confiabilidad.

Teniendo en cuenta un análisis investigativo y comparativo de softwares libres, se destacó a Python como el mejor lenguaje de programación por su facilidad de aprendizaje a escala comercial diferencia de C, Java, Visual Basic y Octave. Por otra parte, RStudio también representó una gran opción para el análisis de ciencia de datos en confiabilidad, sin embargo, no cuenta con la gran cantidad de recursos con los que cuenta Python, como Reliability la librería que incluye a todos los modelos de distribución previamente comparados, especialmente Weibull y Crow-AMSAA Los indicadores de confiabilidad se presentan en gráficas, para el modelo Weibull incluyen el tiempo en el que ocurren las fallas y el índice de fracción de supervivencia, para el modelo Crow-AMSAA se incluye los MTBF del vehículo y el tiempo acumulado, por ende resultado de confiabilidad tiene una constante de 0.5 de variabilidad entre ambos métodos.

El modelado de la herramienta se desarrolló en Anaconda Distribution, que integra a Python dentro del interprete Jupyter, además puede albergar a varias herramientas de programación y análisis de datos como RStudio, Pycharm, VS code, Glueviz, Spyder. Al usar este software se facilita la creación de la herramienta, reduciendo tiempo y espacio ya que cuenta con

paquetes adicionales que complementan a la librería Reliability, estas son NumPy, pandas, matplotlib, entre otras. Como resultado se obtiene un entorno de programación que inicia con la recolección de datos que posteriormente son procesados y se puede analizar mediante los modelos Weibull y Crow-AMSAA, en el primer caso se obtiene los parámetros de Weibull α y β , también ofrece los valores de la calidad del ajuste de datos, los cuales son la base para obtener las gráficas de todas las funciones de Weibull (densidad de probabilidad de falla, distribución acumulada, factor de seguridad o confiabilidad, riesgo o riesgo acumulado), en el segundo caso se obtiene los parámetros λ y β así como los MTBF e intensidad de falla de forma acumulada y también instantáneo, los cuales son la base para generar las gráficas de crecimiento de confiabilidad y de forma adicional la tasa de ocurrencia de fallas. Además, se genera una interfaz gráfica gracias a Tkinter y Visual Studio Code que permite a un usuario generar los índices de confiabilidad únicamente ingresando el archivo .xlsx con los datos de fallas en los formatos recomendados.

En función a los datos de una flota de transporte se realizó la validación de la herramienta mediante un caso práctico de diez camionetas Chevrolet Dmax, Es así que, con los datos históricos se realiza el ajuste de datos de falla en días y mediante el modelo de Weibull y Crow-AMSAA, según el parámetro de forma β se demuestra que existen distribuciones normales $\beta = 1$, exponenciales $\beta < 1$, o log normales $\beta > 1$ esto se debe a la variabilidad de los vehículos en su funcionamiento, de las funciones de probabilidad de fallo se deduce que el 70% de fallas se encuentran localizadas en los primeros 20 días en función a los datos proporcionados, de acuerdo con la gráfica de la función de confiabilidad se tiene vehículos con desgaste más agresivo como en modelos 4x4 o aquellos que presentan un kilometraje superior. Como es el caso de la camioneta C62 que presenta el 1.7% de confiabilidad, siendo el más bajo a los prematuros 69 días. Con esto se muestra la capacidad de la herramienta para calcular la confiabilidad y realizar diversos análisis.

RECOMENDACIONES

Es necesario indicar que, para el uso de la herramienta desarrollada, se recomienda que los usuarios deban tener acceso al formato solicitado para poder trabajar de forma adecuada con esta. De la misma manera es recomendable que las empresas dispongan de un control y manejo de los datos de fallas recolectados con la mayor precisión posible para que el resultado de la herramienta sea más cercano a la realidad. Para este fin se debe crear capacitaciones sobre la gestión y recolección de los datos.

En el presente estudio se toma en cuenta el tiempo en días para MTBF, sin embargo, la herramienta es capaz de procesar datos de kilometraje que aportarían precisión a los resultados por lo que se recomienda anotar el kilometraje exacto del vehículo para obtener un análisis de precisión. Además de ello, existe la posibilidad de trabajar con las horas de falla obteniendo una mejora sustancial en la aproximación a la realidad de los datos.

Finalmente, es necesario acotar que la herramienta resultante del proyecto presente deja abierto un inmenso campo de desarrollo y posibilidades ya que como se pudo ver la plataforma de software libre incitan al desarrollo de todo tipo de investigaciones. De la misma manera en el caso de la confiabilidad existen diferentes tipos de análisis e interpretaciones que se prestan a la gestión y mantenimiento de sistemas reparables y no reparables como el hecho de especificar cuando un sistema presenta diferentes componentes enlazados en serie y paralelo y que al mismo tiempo pueden presentar diferentes modos de fallo o incluso introducir una perspectiva desde el ámbito de costos donde se pueda ver de manera más real los beneficios de la herramienta.

BIBLIOGRAFÍA

- Burgos, O., & Lobelo, Á. (2008). Estudio de confiabilidad de los equipos críticos de la línea de producción planta 1 de Propilco SA y la línea de producción compuestos 3 de Ajover SA [Universidad Tecnológica de Bolívar].
<http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0049877.pdf>
- Castaño Reyes, A. F., & Monroy Osorio, L. M. (2011). Desarrollo de un entorno programado para el análisis de confiabilidad con base en distribución weibull paramétrica.
<https://hdl.handle.net/11059/2874>
- Challenger, I., Díaz, Y., & Becerra, R. (2014). El lenguaje de programación Python/The programming language Python. *Ciencias Holguín*, XX, 1–13.
<http://www.linuxjournal.com/article/2959>
- Comerford, N., & Zealand, A. (2005). Crow/AMSAA Reliability Growth Plots And there use in Interpreting Meridian Energy Ltd's, Main Unit Failure Data. In N. Comerford (Ed.), *Proceedings of 16th Annual Conference*. VANZ. <http://www.plant-maintenance.com/articles/Crow-AMSAA.pdf>
- Jiménez, J. (2019). Introducción a R y RStudio.
<https://ridda2.utp.ac.pa/bitstream/handle/123456789/9428/manual-introduccion-R.pdf?sequence=1>
- Martin, C., Urquia, A., & Rubio, M. (2021). Lenguajes de programación. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
<https://elibro.net/es/lc/bibliotecaups/titulos/184827>

- Moubray, J. (2004). Mantenimiento centrado en confiabilidad. In *Gran Bretaña: Aladon ltda* (2nd ed., Vol. 2). Industrial press Inc.
- Poveda, A. J., & Lozano, M. (2012). Aplicación de la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad para el desarrollo de planes de mantenimiento [Thesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/20586>
- Python. (2022, June 29). Tkinter - Interface de Python para Tcl/Tk. 3.10.5 Documentation.
<https://docs.python.org/es/3/library/tkinter.html#>
- Reliability. (2022, May 24). Reliability a Python library for reliability engineering. Weibull Distribution.
<https://reliability.readthedocs.io/en/latest/Equations%20of%20supported%20distributions.html>
- Salazar, R., Fitz, E., López, I., & Rojano, A. (2017, September 22). La distribución Weibull en Teoría de la Confiabilidad. *UNAM, México, DF*. https://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2018/05/MEMORIA_MESA_1A_CONGRESO2017.pdf
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. (2016). NTE INEN 2656. Clasificación vehicular. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf
- Tang, Z., Zhou, W., Zhao, J., Wang, D., Zhang, L., Liu, H., Yang, Y., & Zhou, C. (2015). Comparison of the Weibull and the crow-AMSAA model in prediction of early cable joint failures. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 30(6), 2410–2418.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7052414/>

- Valdez, P., & Leonidas, C. (2012). Plan de gestión del mantenimiento para la flota vehicular del gobierno autónomo descentralizado intercultural de la ciudad de cañar [Thesis, Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3268>
- Wang, Y. (2020). Predict new cases of the coronavirus 19; in Michigan, U.S.A. or other countries using Crow-AMSAA method. *Infectious Disease Modelling*, 5, 459–477.
<https://doi.org/10.1016/j.idm.2020.07.001>

ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones del vehículo modelo de la flota.

Tabla 11. Especificaciones Técnicas Max.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Motor	2, 5L Turbo Diesel CRDi
Válvulas	16
Torque Neto (Nm@rpm)	320 @ 1800
Alimentación	CROi
Transmisión	Manual5Velocidades
Tracción	4x2
Dirección	Hidráulica Piñón y Cremallera
Suspensión Delantera	Independiente Tipo Doble Wishbone
Suspensión Posterior	Rígida con Ballesta
Frenos Delanteros	Disco Ventilado
Frenos Posteriores	Tambor
Frenode Parqueo	Entre Asientos
Llantas	225no R15
CAPACIDADES Y PESOS	
Peso Bruto Vehicular (kg)	2850
Capacidad Eje Delantero (kg)	1250
Capacidad Eje Posterior (kg)	1870
Capacidad de Carga (kg)	1090

Anexo 2. Tablas de datos sin filtrado de la empresa

Tabla 12. Datos sin filtrar C53

EQUIPO	CAMIONETA 53	LUV DMAX CD
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
25/11/2016	535642 Km	Revisión de rodillo de rueda delantera
03/03/2017	545000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
16/03/2017	547049 km	Revisión de chequeo de suspensión delantera, cauchos paquetes posteriores
15/05/2017	553876 km	Revisión del sistema eléctrico, reparación de guardachoque delantero, cambio de luna posterior izquierdo, arreglo de compuerta posterior
05/06/2017	555000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
06/06/2017	555190 km	Revisión general de frenos
27/06/2017	557458 km	Revisión de elevavidrios delantero derecho (no sube)
05/07/2017	557782 km	Cambio de bombona de la dirección y revisión de sonido de la doble
30/08/2017	559902 km	Cambio de hoja de paquete posterior
01/09/2017	560000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible, aire), cambio de aceites general (caja, diferenciales)
25/09/2017	562865 km	Extracción de rotula de plato de suspensión, revisión de suspensión delantera y revisión de freno de mano, cambio de amortiguadores delanteros
04/10/2017	563801 km	Revisión sonido en la caja de cambios
16/10/2017	564902 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
03/11/2017	570092 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
06/11/2017	567410 km	Revisión del freno de mano
09/11/2017	567814 km	Cambio de batería
11/01/2018	573143 km	Revisión de limpiaparabrisas
19/01/2018	573149 km	Cambio de dos llantas posteriores reencauchadas 255/70 r16, alineación rotación y balanceo, revisión de frenos completo, revisión de cauchos, cambio de rodillos.
26/01/2018	574662 km	Revisión de limpiaparabrisas

05/02/2018	575290 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible), calibración de la dirección, rotación, alineación y balanceo
-------------------	-----------	--

Tabla 13. Datos sin filtrar C55.

EQUIPO	CAMIONETA 55	LUV DMAX CD
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
30/07/2015	-	Reparación de alternador
20/01/2017	365000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible), revisión de frenos completo, revisión de cauchos
01/03/2017	367040 km	Revisión de la distribución, revisión de los ejes del diferencial y cambio de rodillos, alineación y corrección, rotación y balanceo
08/03/2017	367040 km	Revisión de luces
23/03/2017	370000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
24/03/2017	370585 km	Revisión general de frenos y ABC de motor
17/04/2017	371524 km	Revisión del sistema de encendido (no prende)
08/05/2017	375000 km	Reparación de una llanta, revisión de ruido en la rueda delantera derecha, golpeteo de suspensión
09/05/2017	375000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
16/05/2017	375689 km	Cambio de una llanta, rotación, alineación, balanceo, revisión de rueda delantera derecha y calibración de freno de mano
18/05/2017	375823 km	Desmontaje de tanque de combustible para soldado de conector de bomba
23/06/2017	380000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
01/08/2017	381650 km	Revisión de sonido en ruedas delanteras y revisión de banda
31/08/2017	383005 km	Revisión de fuga de aceite de diferencial y revisión de frenos
19/09/2017	383860 km	Revisión general de luces
11/10/2017	385000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
30/10/2017	386120 km	Revisión de la llave de encendido (se atranca)

01/12/2017	390000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
07/12/2017	390785 km	Revisión del motor se atranca y revisión de frenos
11/01/2018	393470 km	Rotación, alineación, balanceo
24/01/2018	395000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible), revisión de ruedas delanteras
25/01/2018	395000 km	Calibración de la dirección, rotación, alineación y balanceo

Tabla 14. Datos sin filtrar C56.

EQUIPO	CAMIONETA 56	LUV DMAX CD
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
11/01/2017	436000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
24/01/2017	438172 km	Revisión de rueda delantera derecha (frenada)
08/03/2017	441000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor
10/03/2017	438172 km	Rotación, alineación y balanceo
22/03/2017	438172 km	Revisión de frenos delanteros
22/03/2017	438172 km	Revisión de frenos delanteros
21/04/2017	445152 km	Revisión sistema eléctrico
08/05/2017	445873 km	Arreglo de una llanta
09/05/2017	446000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
12/05/2017	446701 km	Arreglo de elevavidrios
15/05/2017	446974 km	Enlantaje de cuatro neumáticos. Alineación y balanceo
16/06/2017	451000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor
14/07/2017	454375 km	Revisión de radiador y revisión de frenos
25/07/2017	455878 km	Revisión de luces
27/07/2017	456000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
04/09/2017	461000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible, aire), cambio de aceites general

12/10/2017	466000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
25/10/2017	4674437Km	Revisión general de frenos y fugas de refrigerante
25/10/2017	467437 km	Revisión general de frenos, revisión existe consumo de agua, arreglo de brazo de plumas
24/11/2017	471000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible), reparación de radiador
01/12/2017	471710 km	Revisión el motor no arranca
19/02/2018	476000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
06/03/2018	481000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)

Tabla 15. Datos sin filtrar C61.

EQUIPO	CAMIONETA 61	LUV DMAX CD
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
11/01/2017	470000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
02/02/2017	475000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
23/02/2017	475000 km	Revisión y calibración de luces, cambio de plumas limpiaparabrisas. Arreglo de una llanta
24/02/2017	475000 km	Enllantaje, alineación rotación y balanceo
27/02/2017	480000 km	Revisión de rotulas de la dirección, revisión de fuga de aceite de la corona, revisión de luces en general
10/03/2017	478460 km	Revisión de la barra estabilizadora, chequeo de suspensión. Lavado completo
21/03/2017	480000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible, aire), cambio de aceites general
04/05/2017	485000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor
10/05/2017	486431 km	Reparación de una llanta delantera derecha, rotación de llantas, revisión del medidor del combustible, revisión de luces
07/06/2017	486431 km	Revisión del medidor de combustible, revisión de luces, luces del tablero, revisión de sistema eléctrico de las puertas

08/06/2017	490000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
12/06/2017	-	Cambio de fusibles
20/06/2017	490000 km	Revisión general de frenos
20/06/2017	490000 km	Arreglo de las dos puertas posteriores, revisión de luces en tablero, odómetro y velocímetro
20/06/2017	490000 km	Remachado de un juego de zapatas
25/07/2017	492780 km	Revisión de motor se atranca, revisión de suspensión, revisión de frenos
01/08/2017	-	Cambio de bujes de barra estabilizadora
18/08/2017	495000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor
12/10/2017	500000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible, aire), cambio de aceites general
14/10/2017	500990 km	Arreglo del tapón de aceite de motor
26/10/2017	500990 km	Cambio de dos llantas reencauchadas posteriores 255/70 r16
10/11/2017	-	Ajuste de nivel de líquido de freno

Tabla 16. Datos sin filtrar C62.

EQUIPO	CAMIONETA 62	CHEVROLET LUV 4X4
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
06/01/2016	584715 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
06/01/2017	-	Cambio de dos focos 12v 2 contactos y cambio de cuatro focos 12v
09/02/2017	505000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor)
23/02/2017	507112 km	Revisión de plumas, revisión de direccionales
01/03/2017	-	Cambio de bujes barra estabilizadora, cambio de chumacera, cauchos
03/03/2017	507112 km	Revisión de suspensión
15/03/2017	510000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible), revisión de consumo de refrigerante, revisión de frenos, freno de mano no funciona, corrección de fuga
29/03/2017	511286 km	Revisión del sistema eléctrico
29/03/2017	511286 km	Revisión del embrague, revisión de sonido en la rueda posterior derecha

07/04/2017	-	Cambio del cilindro auxiliar del embrague
18/04/2017	-	Cambio de flash 2 contactos 12v, cambio de batería 34 hp/s3 12v
20/04/2017	-	Cambio de hoja de resorte, pernos guías y cauchos
21/04/2017	513869 km	Revisión del embrague
10/05/2017	-	Cambio de crucetas
16/05/2017	515000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor
17/05/2017	-	Cambio de radiador
28/05/2017	598738 km	Revisión de hoja de paquete izquierdo
07/06/2017	520000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible, aire), cambio de aceites general
16/06/2017	-	Cambio de kit de embrague (disco, plato, rodillo de embrague)
27/06/2017	-	Revisión del motor no enciende, revisión de direccionales
04/07/2017	525000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
01/08/2017	526000Km	Revisión del sistema eléctrico cambio de rotulas de dirección, cambio de bujes de ballestas y revisión de gases de escape

Tabla 17. Datos sin filtrar C63.

EQUIPO	CAMIONETA 63	LUV DMAX CD
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
06/01/2017	-	Ajuste de nivel de agua acidulada en la batería (mantenimiento batería)
12/01/2017	395000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
12/01/2017	395000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor
17/01/2017	395511 km	revisión de grapas de paquete (llanta posterior corrida, enllantaje, alineación y balanceo. revisión y arreglo de radiador
18/01/2017	-	Enllantaje de cuatro llantas 255/70 r16 6pr
23/01/2017	-	Cambio de batería 34 hp/s3 12v
16/02/2017	-	Cambio de grapa paquete de resorte, cambio de pastillas de freno
07/03/2017	400000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible, aire), cambio de aceites general (caja, diferenciales), cambio de

		amortiguadores delanteros y posteriores, buje paquete (oreja paquete), cauchos
20/03/2017	400000 km	revisión de cañería de combustible
09/05/2017	405000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
05/06/2017	407513 km	revisión de suspensión posterior y revisión de frenos, rellenado de base de amortiguador
22/06/2017	407513 km	revisión de ruido en la rueda y cardan
06/07/2017	409126 km	revisión del cardan
12/07/2017	410000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
19/07/2017	-	Arreglo de paquetes posterior
03/08/2017	-	Cambio de rodillo rueda exterior, punta de eje y guardapolvo
04/09/2017	-	Cambio de cruceta
14/09/2017	415000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible)
18/09/2017	415774 km	revisión del motor (no enciende)
18/09/2017	415774 km	revisión por consumo de líquido de freno
28/09/2017	417089 km	revisión del motor por consumo de aceite
01/11/2017	420000 km	Mantenimiento preventivo, cambio de aceite y filtros de motor (filtro aceite, combustible, aire), cambio de aceites general (caja, diferenciales), cambio de amortiguadores delanteros

Tabla 18. Datos sin filtrar C67.

EQUIPO	CAMIONETA 67	LUV DMAX CD
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
19/12/2016	315000 km	Cambio de filtro de aceite, combustible, separador, 1,5 gal de aceite 15w40, 1,25 gal de aceite 80w90 (corona), 1,25 gal de aceite 15w40 (caja)
23/01/2017	318144 km	Revisión de fuga de Diesel (filtro)
03/02/2017	-	Cambio de filtro de aceite de motor, 1,5 gal aceite 15w40, 1,25 gal aceite 80w90 corona, 1,25 gal aceite 15w40 caja
15/02/2017	320000 km	Cambio de filtro de aceite, combustible, 1,5 gal de aceite 15w40

03/03/2017	320000 km	Cambio de mecanismo eleva vidrios derechos
08/03/2017	322185 km	Rotación de llantas, alineación y balanceo
15/03/2017	323115 km	Revisión de frenos, engrase de cruceta, revisión del nivel de aceite de motor, cambio de pastillas de freno delantero, cambio de amortiguadores delanteros
31/03/2017	325000 km	Cambio de filtro de aceite, combustible, 1,5 gal de aceite 15w40
25/04/2017	-	Cambio de foco halógeno h4 12v 55w
11/05/2017	330000 km	Cambio de filtro de aceite, combustible, 1,5 gal de aceite 15w40
22/05/2017	-	Cambio de mecanismo eleva vidrios
05/06/2017	-	Cambio de foco halógeno h4 12v
06/06/2017	-	Cambio de limpiaparabrisas
20/06/2017	335000 km	Cambio de filtro de aceite, combustible, separador, 1,5 gal de aceite 15w40, 1,25 gal de aceite 80w90 (corona), 1,25 gal de aceite 15w40 (caja)
11/07/2017		Cambio de filtro de aire
28/07/2017	339059 km	Revisión del freno de mano, cambio de pastillas de freno delantero
08/08/2017	340000 km	Cambio de filtro de aceite, combustible, 1,5 gal de aceite 15w40
08/08/2017	-	Cambio de retén rueda delantera
23/08/2017	342695 km	Cambio de zapatas posteriores, revisión suspensión, ABC de motor
30/08/2017	-	Cambio de foco una 12 v
19/10/2017	-	3 litros de aceite ATF dextro III por corrección de fuga de aceite, rotación de llantas, alineación y balanceo, revisión de sonido en la parte delantera izquierda
26/10/2017	350000 km	Cambio de filtro de aceite, combustible, 1,5 gal de aceite 15w40
01/11/201	351442 km	Extracción de retenedores y rodillos del eje de rueda, revisión suspensión delantera izquierda, reemplazo cauchos de suspensión y dirección

Tabla 19. Datos sin filtrar C72.

EQUIPO	CAMIONETA 72	CHEVROLET LUV DMAX 3.0L 4X4
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
05/01/2016	246558 km	Calibración de frenos
15/07/2019	-	Cambio de tambores traseros y cable de freno de mano

27/08/2018	300000 km	Engrasado de vehículo, revisión de niveles de aceite hidráulico, caja, diferencial y refrigerante, mantenimiento de batería y ajuste de bandas
27/02/2019	320000 km	Engrasado de vehículo, revisión de niveles de aceite hidráulico, caja, diferencial y refrigerante, mantenimiento de batería y ajuste de bandas
21/06/2019	-	Combustible (10\$)
25/06/2019	-	Combustible (9\$)
03/07/2019	-	Juego de zapatas
04/07/2019	282704 km	Cambio de llantas posteriores
10/07/2019	-	Cambio de batería
12/07/2019	-	Combustible (10\$)
15/07/2019	335000 km	Cambio de aceite de motor, filtro de motor y combustible, calibración de frenos
17/07/2019	249049 km	Reparación del cable de freno de mano
18/07/2019	-	Cambio de tabor de freno y tapa de radiador, rotación de neumáticos delanteros
25/07/2019	285171 km	Cambio de aceite de motor, filtro de motor y combustible
02/08/2019	338747 km	Cambio de focos y fusibles
05/08/2019	-	Reemplazo de vidrio
07/08/2019	-	Cambio de la bomba de alimentación de combustible
12/08/2019	340000 km	Cambio de aceite de motor, caja, diferencial, filtros de motor, combustible, racor y aire, cambio de cauchos de barra estabilizadora y amortiguadores delanteros
13/08/2019	340200 km	Reparación de un neumático

Tabla 20. Datos sin filtrar C78.

EQUIPO	CAMIONETA 78	LUV DMAX CD
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
06/07/2018	452247 km	Cambio de dos llantas posteriores reencauchadas
06/07/2018	452247 km	Cambio de dos llantas posteriores reencauchadas r16
10/07/2018	-	Cambio de bornes de batería
08/08/2018	-	Arreglo de balde de camioneta y cambio de faro RH posterior

19/09/2018	452643 km	Cambio de dos llantas delanteras
16/10/2018	454787 km	Revisión del turbo, frenos y suspensión
19/10/2018	-	1 gal de aceite 15w40 para cebar
01/11/2018	455976 km	Reparación completa de motor, arreglo de radiador
09/11/2018	544976 km	Revisión de luz de retro y encendedor de cigarrillos
14/11/2018	-	Cambio 0,5 gal de aceite 15w40
19/12/2018	455976 km	Revisión de bomba de inyección e inyectores
18/02/2019	-	Cambio de batería 34hp
26/03/2019	458891 km	Cambio de filtro de aceite, combustible, 1,5 gal de aceite 15w40
26/03/2019	458891 km	Cambio de dos llantas delanteras, alineación y balanceo
05/04/2019	459820 km	Arreglo y calibración de puertas. Arreglo de tapizados interiores de las puertas
07/05/2019	462080 km	Arreglo de columna de la dirección
11/05/2019	-	Cambio de filtro de aceite, combustible, 1,5 gal de aceite 15w40, 0,5gal de aceite Destrón 111, 0,5 gal de aceite hidráulico
22/05/2019	462080 km	Rotación, alineación y balanceo de neumáticos. Revisión y arreglo de radiador
20/06/2019	463835 km	Cepillado del cabezote, cambio de empaque cabezote, cambio de empaque múltiple de escape y admisión, cambio de sellos de válvulas, cambio de termostato
05/07/2019	-	Cambio de dos de 2 puntos 12 v y cambio de 2 focos 1 punto
10/07/2019	-	Cambio de boya de combustible
18/07/2019	465880 km	Engrasado de vehículo, revisión de niveles de aceite hidráulico, caja, diferencial y refrigerante, mantenimiento de batería y ajuste de bandas, carga combustible
30/07/2019	-	Cambio de refrigerante de motor, carga de combustible

Tabla 21. Datos sin filtrar C79.

EQUIPO	CAMIONETA 79	LUV DMAX CD
FECHA	KILOMETRAJE	MANTENIMIENTO REALIZADO
21/11/2012	-	Cambio de rodillos, cauchos, bujes por reparación de manzana y suspensión delantera

27/01/2017	445000 km	Cambio del filtro de aceite, combustible, racor, 1,5 gal de aceite 15w40
30/01/2017	450000 km	Revisión de luces posteriores (cambio de 2 focos de 2 contactos 12v y fusibles de 10, 15 y 20 AMP), cambio de pastillas de freno
21/02/2017	450000 km	Revisión completa de frenos
24/02/2017	-	Cambio de dos llantas 255/70r16
24/02/2017	-	Cambio de filtro de combustible, separador, filtro de aire
09/03/2017	450000 km	Cambio del filtro de aceite, combustible, racor, 1,5 gal de aceite 15w40
23/03/2017	-	Cambio de batería 34 hp/s3 12v
06/04/2017	254795 km	Revisión del filtro separador y calibración de frenos
07/04/2017	456162 km	Revisión de frenos y cardán
21/04/2017	-	Cambio de crucetas de cardán y cauchos
08/05/2017	461003 km	Arreglo bases de balde y arreglo completo del balde
29/05/2017	260000 km	Revisión de embrague
01/06/2017	-	Cambio de crucetas de cardán
14/06/2017	461155 km	Revisión general de suspensión (por golpeteo)
15/06/2017	-	Cambio de 2 focos de 12v de 2 contactos y cambio de 2 focos 12v 1 contacto
22/06/2017	-	Cambio de foco halógeno h4 12v
19/07/2017	-	Cambio de amortiguadores posteriores, kit de embrague, bandas y cambio de un foco uña 12v
01/08/2017	-	Cambio de pernos y bases de cabina
03/08/2017	-	Cambio de cilindro de freno, cambio de pastillas de freno, cambio de manguera de combustible (por rotura)
08/08/2017	-	Cambio del filtro de aceite, combustible, 1,5 gal de aceite 15w40
15/09/2017	461155 km	Cambio del filtro de aceite, combustible, 1,5 gal de aceite 15w40

Anexo 3. Tablas de datos organizados de las camionetas

A continuación, se presenta las tablas de los datos filtrados y establecidos en los formatos reconocibles por la herramienta, para Weibull y Crow-AMSAA

Tabla 22. Datos filtrados de la camioneta 53.

Weibull			CROW-AMSAA	
Time	quantity	category	days	faults
1	1	F	1	1
98	1	F	99	1
13	1	F	112	1
60	1	F	172	1
21	1	F	193	1
1	1	F	194	1
21	1	F	215	1
8	1	F	223	1
56	1	F	279	1
2	1	F	281	1
24	1	F	305	1
9	1	F	314	1
12	1	F	326	1
18	1	F	344	1
3	1	F	347	1
3	1	F	350	1
63	1	F	413	1
8	1	F	421	1
7	1	F	428	1
10	1	F	438	1
9	1	F	447	1
82	1	F	529	1
35	1	F	564	1
25	1	F	589	1
13	1	F	602	1
14	1	F	616	1

32	1	F	648	1
22	1	F	670	1
24	1	F	694	1
20	1	F	714	1
12	1	F	726	1
9	2	F	735	2
4	1	F	739	1
4	2	F	743	2
45	1	F	788	1
3	1	F	791	1
11	1	F	802	1
15	1	F	817	1
24	1	F	841	1
31	1	F	872	1
24	1	F	896	1
14	1	F	910	1
6	2	F	916	2
34	1	F	950	1
14	1	F	964	1
15	1	F	979	1
13	1	F	992	1

Tabla 23. Datos filtrados de la camioneta 55.

WEIBULL			CROW-AMSAA	
time	quantity	category	days	faults
1	1	F	1	1
540	1	F	541	1
40	1	F	581	1

7	1	F	588	1
15	1	F	603	1
1	1	F	604	1
24	1	F	628	1
21	1	F	649	1
1	1	F	650	1
7	1	F	657	1
2	1	F	659	1
36	1	F	695	1
39	1	F	734	1
30	1	F	764	1
19	1	F	783	1
22	1	F	805	1
19	1	F	824	1
32	1	F	856	1
6	1	F	862	1
35	1	F	897	1
13	1	F	910	1
1	1	F	911	1
25	1	F	936	1
22	1	F	958	1
14	1	F	972	1
37	2	F	1009	2
40	1	F	1049	1
7	1	F	1056	1
15	1	F	1071	1
5	1	F	1076	1
1	1	F	1077	1
22	1	F	1099	1

40	2	F	1139	2
8	1	F	1147	1
28	1	F	1175	1
2	2	F	1177	2
6	1	F	1183	1
7	1	F	1190	1
36	1	F	1226	1
7	1	F	1233	1
40	1	F	1273	1
9	1	F	1282	1
14	1	F	1296	1
5	2	F	1301	2
15	2	F	1316	2
29	1	F	1345	1
36	1	F	1381	1
20	1	F	1401	1
4	1	F	1405	1
14	1	F	1419	1
7	2	F	1426	2
30	1	F	1456	1
5	1	F	1461	1
27	1	F	1488	1

Tabla 24. Datos filtrados de la camioneta 56.

WEIBULL			CROW-AMSA	
time	quantity	category	days	faults
1	1	F	1	1
13	1	F	14	1

43	1	F	57	1
2	1	F	59	1
12	2	F	71	2
30	1	F	101	1
17	1	F	118	1
1	1	F	119	1
3	1	F	122	1
3	1	F	125	1
32	1	F	157	1
28	1	F	185	1
11	1	F	196	1
2	1	F	198	1
39	1	F	237	1
38	1	F	275	1
13	2	F	288	2
30	1	F	318	1
7	1	F	325	1
80	1	F	405	1
15	1	F	420	1
1	1	F	421	1
13	1	F	434	1
14	1	F	448	1
29	1	F	477	1
47	1	F	524	1
37	1	F	561	1
14	1	F	575	1
48	1	F	623	1
3	1	F	626	1
38	1	F	664	1

38	1	F	702	1
21	1	F	723	1
4	1	F	727	1
14	1	F	741	1
29	1	F	770	1
37	1	F	807	1
13	1	F	820	1
36	1	F	856	1
29	1	F	885	1
26	1	F	911	1
15	1	F	926	1
22	1	F	948	1

Tabla 25. Datos filtrados de la camioneta 61.

WEIBULL			CROW-AMSAA	
time	quantity	category	days	faults
1	1	F	1	1
366	1	F	367	1
34	1	F	401	1
14	1	F	415	1
6	1	F	421	1
2	1	F	423	1
12	1	F	435	1
14	2	F	449	2
9	1	F	458	1
11	1	F	469	1
2	1	F	471	1
1	1	F	472	1

19	1	F	491	1
6	1	F	497	1
1	1	F	498	1
11	1	F	509	1
10	1	F	519	1
9	1	F	528	1
11	1	F	539	1
7	1	F	546	1
28	2	F	574	2
2	1	F	576	1
4	1	F	580	1
15	1	F	595	1
1	1	F	596	1
2	2	F	598	2
17	2	F	615	2
3	1	F	618	1
13	1	F	631	1
22	1	F	653	1
1	1	F	654	1
18	1	F	672	1
1	1	F	673	1
1	1	F	674	1
5	1	F	679	1
17	1	F	696	1
6	1	F	702	1
1	1	F	703	1
4	1	F	707	1
6	1	F	713	1
29	1	F	742	1

17	1	F	759	1
27	2	F	786	2
6	1	F	792	1
5	1	F	797	1
37	1	F	834	1
5	1	F	839	1
17	1	F	856	1
7	1	F	863	1
12	1	F	875	1
52	1	F	927	1
3	1	F	930	1
51	1	F	981	1
2	1	F	983	1
3	1	F	986	1
2	1	F	988	1
1	1	F	989	1
69	1	F	1058	1
31	1	F	1089	1
11	1	F	1100	1
30	1	F	1130	1
4	1	F	1134	1
3	1	F	1137	1
6	1	F	1143	1
36	1	F	1179	1
52	1	F	1231	1
8	1	F	1239	1
1	1	F	1240	1
6	1	F	1246	1
13	1	F	1259	1

1	1	F	1260	1
17	1	F	1277	1
5	1	F	1282	1
1	1	F	1283	1
1	1	F	1284	1
24	1	F	1308	1
1	1	F	1309	1
21	1	F	1330	1

Tabla 26. Datos filtrados de la camioneta 62.

WEIBULL			CROW-AMSAA	
time	quantity	category	days	faults
1	1	F	1	1
22	1	F	23	1
21	1	F	44	1
1	1	F	45	1
3	1	F	48	1
11	1	F	59	1
11	1	F	70	1
44	1	F	114	1
6	1	F	120	1
28	1	F	148	1
1	1	F	149	1
4	3	F	153	3
8	1	F	161	1
35	1	F	196	1
7	1	F	203	1
17	1	F	220	1

55	1	F	275	1
2	1	F	277	1
12	1	F	289	1
15	1	F	304	1
4	1	F	308	1
1	1	F	309	1
1	1	F	310	1
19	1	F	329	1
7	2	F	336	2
15	1	F	351	1
19	1	F	370	1
2	1	F	372	1
2	1	F	374	1
4	1	F	378	1
36	3	F	414	3
7	1	F	421	1
6	1	F	427	1
3	1	F	430	1
26	1	F	456	1
26	1	F	482	1
2	1	F	484	1
34	1	F	518	1
7	1	F	525	1
9	1	F	534	1
6	1	F	540	1
22	1	F	562	1
6	1	F	568	1
2	1	F	570	1
96	1	F	666	1

2	1	F	668	1
6	1	F	674	1
56	1	F	730	1
46	1	F	776	1
24	1	F	800	1
7	1	F	807	1
26	1	F	833	1
3	2	F	836	2
3	1	F	839	1
11	1	F	850	1
20	2	F	870	2
5	1	F	875	1
1	1	F	876	1
14	1	F	890	1
13	1	F	903	1
15	2	F	918	2
5	1	F	923	1

Tabla 27. Datos filtrados de la camioneta 63.

WEIBULL			CROW-AMSAA	
time	quantity	category	days	faults
1	1	F	1	1
6	2	F	7	2
5	1	F	12	1
1	1	F	13	1
5	1	F	18	1
24	1	F	42	1
19	1	F	61	1

13	1	F	74	1
50	1	F	124	1
27	1	F	151	1
17	1	F	168	1
14	1	F	182	1
6	1	F	188	1
7	1	F	195	1
15	1	F	210	1
32	1	F	242	1
10	1	F	252	1
4	2	F	256	2
10	1	F	266	1
34	1	F	300	1
8	2	F	308	2
6	1	F	314	1
1	1	F	315	1
18	2	F	333	2
3	1	F	336	1
5	1	F	341	1
3	1	F	344	1
33	1	F	377	1
15	2	F	392	2
67	1	F	459	1
11	1	F	470	1
20	1	F	490	1
50	2	F	540	2
34	1	F	574	1
36	1	F	610	1
49	1	F	659	1

4	1	F	663	1
37	2	F	700	2
4	1	F	704	1
38	1	F	742	1
8	1	F	750	1
13	1	F	763	1
4	1	F	767	1
43	1	F	810	1
1	1	F	811	1
48	2	F	859	2
6	2	F	865	2
5	1	F	870	1
38	2	F	908	2
23	1	F	931	1
20	1	F	951	1
1	1	F	952	1
1	1	F	953	1

Tabla 28. Datos filtrados de la camioneta 67.

WEIBULL			CROW-AMSAA	
time	quantity	category	days	faults
1	1	F	1	1
35	1	F	36	1
11	1	F	47	1
12	1	F	59	1
16	1	F	75	1
5	1	F	80	1
7	1	F	87	1

16	1	F	103	1
25	1	F	128	1
16	1	F	144	1
11	1	F	155	1
14	1	F	169	1
1	1	F	170	1
14	1	F	184	1
21	1	F	205	1
17	1	F	222	1
11	2	F	233	2
15	1	F	248	1
7	1	F	255	1
50	1	F	305	1
7	1	F	312	1
6	1	F	318	1
13	1	F	331	1
9	1	F	340	1
8	3	F	348	3
6	1	F	354	1
12	1	F	366	1
30	1	F	396	1
20	1	F	416	1
14	1	F	430	1
1	1	F	431	1
8	1	F	439	1
4	1	F	443	1
3	1	F	446	1
18	1	F	464	1
20	1	F	484	1

9	1	F	493	1
12	1	F	505	1
3	1	F	508	1
5	1	F	513	1
16	1	F	529	1
16	1	F	545	1
9	2	F	554	2
1	1	F	555	1
21	1	F	576	1
1	1	F	577	1
15	1	F	592	1
55	1	F	647	1
13	3	F	660	3
22	1	F	682	1
21	1	F	703	1
35	1	F	738	1
132	1	F	870	1
21	1	F	891	1
74	1	F	965	1
3	1	F	968	1
1	1	F	969	1
2	1	F	971	1

Tabla 29. Datos filtrados de la camioneta 72.

WEIBULL			CROW-AMSA	
time	quantity	category	days	faults
1	1	F	1	1
557	1	F	558	1

408	1	F	966	1
184	1	F	1150	1
114	1	F	1264	1
4	1	F	1268	1
8	1	F	1276	1
1	1	F	1277	1
6	1	F	1283	1
2	1	F	1285	1
3	1	F	1288	1
2	1	F	1290	1
1	1	F	1291	1
7	1	F	1298	1
8	1	F	1306	1
3	1	F	1309	1
2	1	F	1311	1
5	1	F	1316	1
1	1	F	1317	1

Tabla 30. Datos filtrados de la camioneta 78.

WEIBULL			CROW-AMSA	
time	quantity	category	days	faults
1	2	F	1	2
4	1	F	5	1
29	1	F	34	1
42	1	F	76	1
27	1	F	103	1
3	1	F	106	1
13	1	F	119	1

8	1	F	127	1
5	1	F	132	1
35	1	F	167	1
61	1	F	228	1
36	2	F	264	2
10	1	F	274	1
32	1	F	306	1
4	1	F	310	1
11	1	F	321	1
29	1	F	350	1
15	1	F	365	1
5	1	F	370	1
8	1	F	378	1
12	1	F	390	1

Tabla 31. Datos filtrados de la camioneta 79.

WEIBULL			CROW-AMSA	
time	quantity	category	days	faults
1	1	F	1	1
4	1	F	5	4
9	4	F	14	9
3	1	F	17	3
2	17	F	19	2
2	11	F	21	2
3	9	F	24	3
1	6	F	25	1
1	5	F	26	1
1	23	F	27	1

16	6	F	43	16
1	3	F	44	1
1	17	F	45	1
1	4	F	46	1
1	1	F	47	1
1	2	F	48	1
1	15	F	49	1
5	11	F	54	5
1	4	F	55	1
1	6	F	56	1
1	14	F	57	1
12	1	F	69	12
7	36	F	76	7
1	1	F	77	1
1	10	F	78	1
1	10	F	79	1
1	18	F	80	1
1	22	F	81	1
2	4	F	83	2
3	6	F	86	3
1	17	F	87	1
2	2	F	89	2
6	15	F	95	6
6	1	F	101	6
1	14	F	102	1
1	13	F	103	1
1	271	F	104	1
1	34	F	105	1
3	29	F	108	3

9	1	F	117	9
2	29	F	119	2
7	1	F	126	7
5	1	F	131	5
4	83	F	135	4
2	10	F	137	2
1	2	F	138	1
2	19	F	140	2
1	53	F	141	1
6	61	F	147	6
3	5	F	150	3
3	10	F	153	3
31	8	F	184	31

Anexo 4. Creación de la interfaz gráfica

Paquete Tkinter

Este paquete de Python brinda herramientas de GUI, es uno de los más utilizados para generar interfaces gráficas en Python y soporta varias versiones TCL/TK, Tcl hace referencia a un lenguaje de programación open-source muy claro y ágil. Se compone por varios elementos denominados Widgets. (Python, 2022)

La figura es un ejemplo de ventana tk del paquete Tkinter en la cual se puede observar algunos widgets como los botones (button) y los cuadros de texto (label)

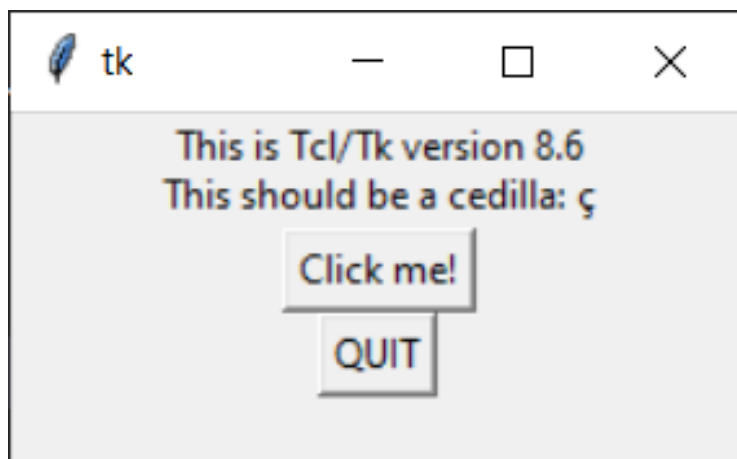
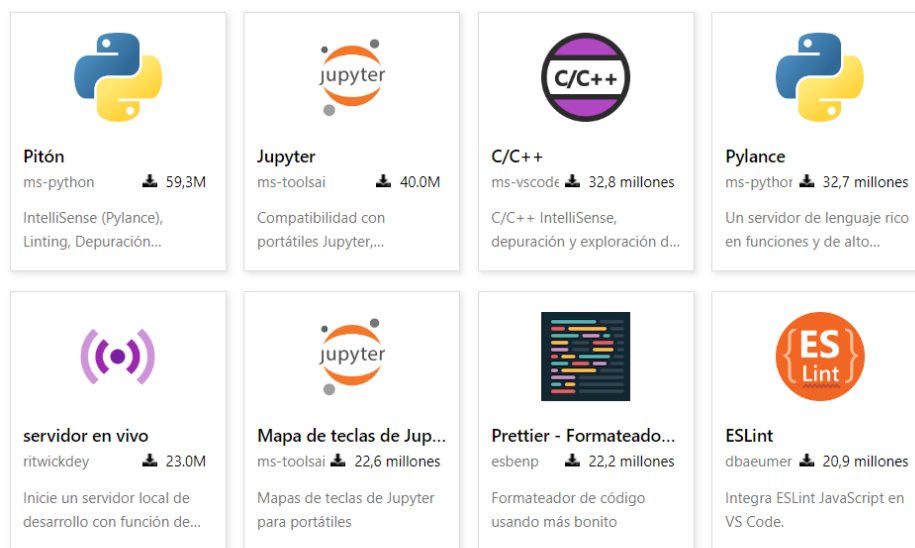


Figura 37. Ejemplo de Ventana tk

Fuente: Captura Local

Visual Studio Code

Es un editor de texto especialmente dedicado a códigos de programación, cuenta con ecosistemas amigables y compatibles con Python, Java, C, Jupyter,

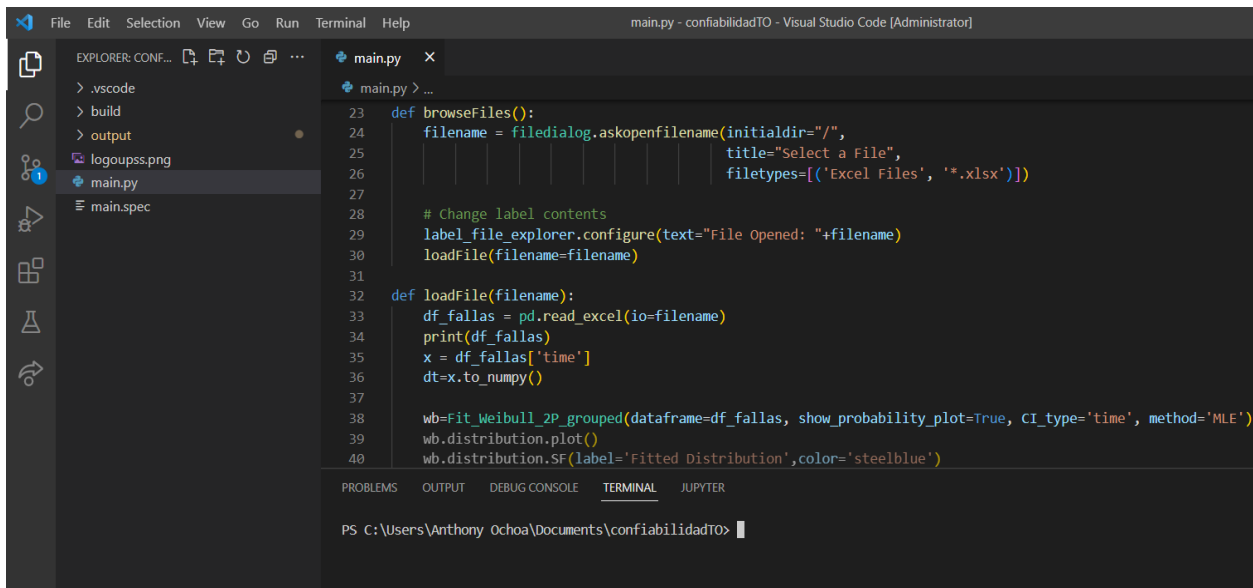


[Ver más en el Mercado](#)

Figura 38. Ejemplo de algunas extensiones de Visual Studio Code

Fuente: <https://code.visualstudio.com/docs>

Dentro de Visual Studio Code se ha generado la interfaz gráfica para un cliente, en este editor se combinan los códigos del modelo Weibull y Crow-AMSAA los cuales fueron creados en Jupyter Lab, se forma un solo código, añadiendo las especificaciones de la librería Tkinter para generar un entorno amigable al Usuario.



```

File Edit Selection View Go Run Terminal Help
main.py - confiabilidadTO - Visual Studio Code [Administrator]

EXPLORER: CONF... main.py x
main.py > ...
23 def browseFiles():
24     filename = filedialog.askopenfilename(initialdir="/",
25                                           title="Select a File",
26                                           filetypes=[('Excel Files', '*.xlsx')])
27
28     # Change label contents
29     label_file_explorer.configure(text="File Opened: "+filename)
30     loadFile(filename=filename)
31
32 def loadFile(filename):
33     df_fallas = pd.read_excel(io=filename)
34     print(df_fallas)
35     x = df_fallas['time']
36     dt=x.to_numpy()
37
38     wb=Fit_Weibull_2P_grouped(dataframe=df_fallas, show_probability_plot=True, CI_type='time', method='MLE')
39     wb.distribution.plot()
40     wb.distribution.SF(label='Fitted Distribution',color='steelblue')

PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL JUPYTER
PS C:\Users\Anthony_Ochoa\Documents\confiabilidadTO>

```

Figura 39. Creación del código para interfaz gráfica en Visual Studio Code

Fuente: Captura Local

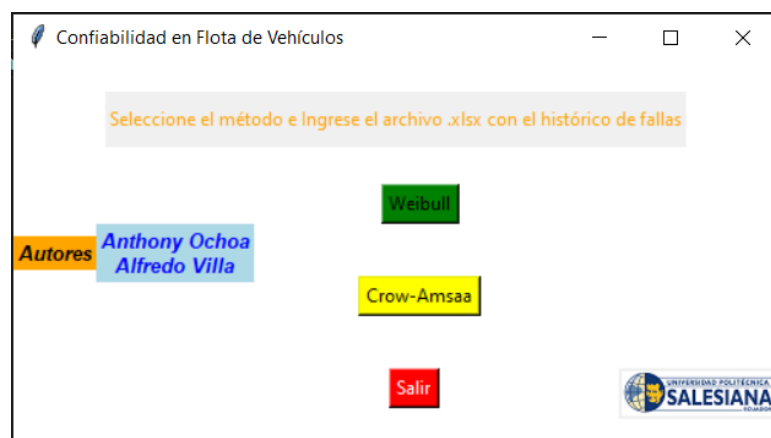


Figura 40. Interfaz gráfica final

Fuente: Autores