**Fase 2:**

**4.5) Identificar la relación existente entre diversas variables operativas y la probabilidad de manifestación de fallas.**

El tiempo de funcionamiento, el tiempo de operación y el tiempo de reparación, se encuentran entre los tipos eventos más importantes que afectan el comportamiento de los elementos y sistemas industriales. Estos eventos se analizan y estudian usando distribuciones estadísticas, así como la probabilidad de falla, la confiabilidad y la vida promedio son parámetros útiles para desarrollar distribuciones estadísticas con datos operativos.

Ahora bien, los parámetros de una distribución estadística se estiman después de identificar la relación existente entre el comportamiento de manifestación de la falla y el modelo de distribución estadística que describe este comportamiento. Para esto se pude usar la estimación puntual, la cual se basa en cálculos de los parámetros partiendo de los datos disponibles o una estimación de intervalo del parámetro, entre los métodos de estimación más frecuentemente usados están, el método gráfico, el método de los mínimos cuadrados y el método de máxima verosimilitud.

El método grafico de estimación de parámetros, también conocido como método de Allen-Plait, consiste en graficar datos obtenidos de Confiabilidad o de Mantenibilidad y los respectivos tiempos de manifestación; para ello se requiere papel Weibull con el cual se logra trazar una línea recta, posteriormente establecer su pendiente, estimar la intersección con el eje Y, y obtener los parámetros de la distribución de Weibull; gamma ( $\gamma$) o parámetro de posición, eta ($\eta$) o sigma ($\sigma$) que es el parámetro de vida útil y beta ($\beta$), que es el parámetro de forma. Una de las grandes ventajas del método grafico para la estimación de parámetros, es que permite determinar cuáles son los momentos o etapas operativas en que se encuentra el elemento o sistema industrial, estos son, la infancia operativa, madurez operativa y envejecimiento operativo; estos momentos o etapas operativas están relacionadas con una variable cuantitativa denominada, la tasa de fallas, que no es más que la cantidad de averías o reparaciones por unidad de tiempo.

Es así, que puede resumir el método gráfico para la determinación de parámetros se basa en la obtención de curvas características basadas en la distribución probabilística de Weibull, donde dichas curvas indicaran en que etapa operativa se encuentra el elemento o sistema industrial a estudiar, entonces como paso preliminar a establecer una técnica para aplicar el método gráfico, se debe describir únala ecuación de Weibull para la determinación de la tasa de fallas, la cual se presenta a continuación:

Ecuación 17: Tasa de Fallas de Weibull.

$$\lambda(t) = \frac{\frac{d[R(t)]}{dt}}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

Donde:

$\lambda(t)$: función tasa de fallas.

R(t): función confiabilidad.

$f(t) = \frac{d[R(t)]}{dt}$ : función densidad de fallas.

Otro aspecto importante con respecto a la ecuación 17 es describir la función confiabilidad R(t) :

Ecuación 18: Función Confiabilidad.

$$R(t) = e^{\left[-\int_0^\infty \lambda(t) d(t)\right]}$$

Ahora, de lo anteriormente expuesto, cabe preguntar, ¿se pude relacionar la función R(t) ( función confiabilidad), con la función λ(t) (tasa de fallas), mediante una expresión más sencilla?, la respuesta es sí, mediante la siguiente expresión:

Ecuación 19: Ecuación empírica de tasa de fallas para datos reales.

$$\int \lambda \text{ (t) dt} = \left[\frac{t-t_0}{\eta}\right]^{\beta}$$

Donde:

t : tiempo en cualquier momento.
$t_0$ : tiempo de referencia o parámetro inicial de localización.
η: parámetro de escala o vida características.
β: parámetro de forma.

Según la ecuación 19, tomando como epicentro el parámetro β que es el parámetro de forma, lo cual no es más que (desde el punto de vista práctico) que una medida de una medida de dispersión de los datos a ser evaluados. Cuando un elemento o sistema industrial es maduro, usado o en lo que respecta a su operación, funcionamiento o comportamiento es conocido, el parámetro β es mayor y hay menos dispersión de datos. Ahora bien, para datos muy bajos de β se interpreta que alta desviación estándar entre tiempos de falla; con las ecuaciones 18 y 19 se puede establecer entonces una ecuación de confiabilidad práctica y útil , la cual representa a la distribución de Weibull y se conoce como la función acumulativa de fallas F(t):

Ecuación 20: Ecuación acumulativa de fallas.

$$\text{F (t)} = 1 - \text{R(t)} = 1 - e^{\left[-\int_0^{\infty} \lambda(t) d(t)\right]} = 1 - e^{\left[\frac{t-t_0}{\eta}\right]^{\beta}}$$

Otra expresión útil para el análisis de fallas con la distribución de Weibull, es la denominada función de densidad de probabilidad de fallas o falla instantánea en un tiempo t:

Ecuación 21: Función densidad de fallas

$$f(t) = \lambda(t).R(t) = \frac{dR(t)}{dt} = \frac{\beta}{\eta}\left(\left[\frac{t-t_0}{\eta}\right]^{\beta-1}\right).\ e^{-\left[\frac{t-t_0}{\eta}\right]^{\beta}}$$

Donde:

λ(t) : función tasa de fallas.

R(t) : función confiabilidad.