

Calculando Correctamente la Disponibilidad Operacional

Blas J. Galván (Ing., PhD)

Introducción

La Disponibilidad Operacional (en adelante DO) es un indicador de desempeño generalmente considerado clave en el ámbito RAM. Tiene gran aceptación, no solo por lo que indica sino porque se puede calcular rápidamente. Con frecuencia, se calcula ciclo a ciclo (Funciona-Falla) como el cociente incremental del número de horas disponible para trabajar entre el número de horas totales transcurridas, dando por bueno el último valor calculado.

Pero no siempre ese último valor calculado es el adecuado como representativo de la DO, siendo varios los factores que influyen en ello, entre otros están: **Representatividad y Número** de los datos disponibles. Si los datos de los ciclos Funciona-Falla disponibles representan a casos poco frecuentes o raros, la DO calculada será válida solo para esos casos y no para el conjunto de los posibles casos del equipo o sistema que se considere. Si el número de datos (ciclos) es pequeño, la DO calculada no será estable, variando mucho de un cálculo a otro, estando probablemente muy lejos de valor real que debiera ser aportado como DO real esperable.

En este artículo se trata del cálculo de la DO en el caso de que el número de datos sobre los ciclos Funciona-Falla es escaso, aportando la herramienta necesaria para poder determinar la **Disponibilidad Operacional Esperada** como indicador RAM adecuado.

Disponibilidad de equipos

La Disponibilidad es el resultado de combinar en el tiempo la Confiabilidad (traducción al español del término Reliability) y la Mantenibilidad (traducción del término Maintainability). Tal combinación no es sencilla y puede abordarse usando dos ecuaciones, siendo ambas complejas de resolver casi siempre. Estas son [Andrews & Moss, 1993]:

Directamente, la Disponibilidad Instantánea $D(t)$:

$$D(t) = R(t) + \int_0^t (R(t-x) \cdot m(x)) dx \quad (1)$$

Indirectamente, vía la Indisponibilidad Instantánea:

$$\bar{D}(t) + D(t) = 1 \quad \bar{D}(t) = \int_0^t [w(x) - v(x)] dx \quad (2)$$

$$w(t) = f(t) + \int_0^t (t-x)v(x)dx$$
$$v(t) = \int_0^t m(t-x)w(x)dx$$

Donde:

R() es la Confiabilidad en "t" o en "t-x" (x menor que t y mayor que cero)

f(t) es la Función de Densidad de Probabilidad de los Tiempos Hasta el Fallo

m(t) es la Función de Densidad de Probabilidad de los Tiempos de Recuperación

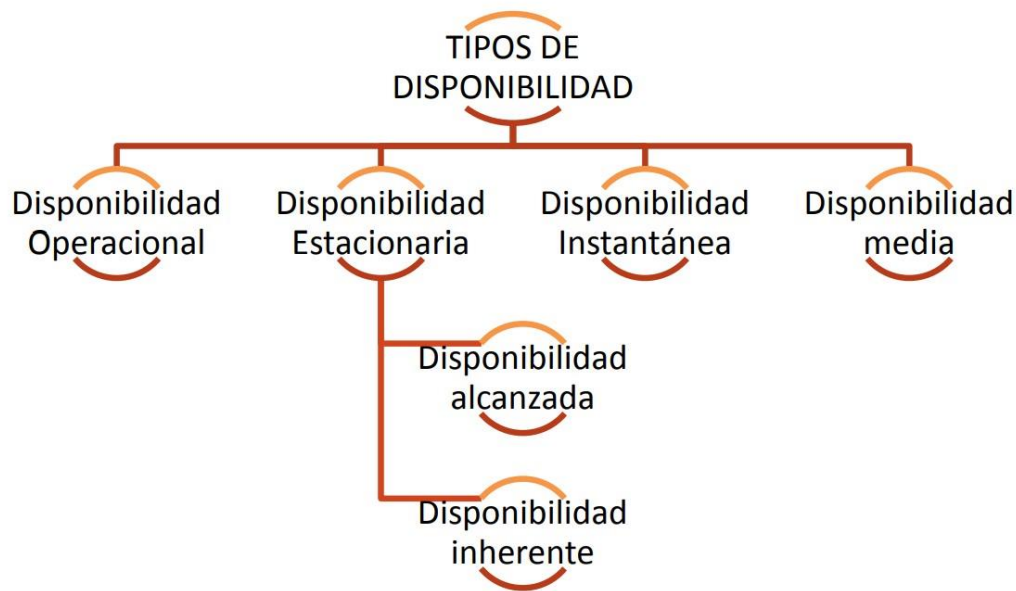
Solo en el caso de que f(t) y m(t) sean representados por funciones exponenciales, las ecuaciones de la Indisponibilidad (2) pueden ser tratadas mediante Transformadas de Laplace, llegándose a las conocidas fórmulas de la Disponibilidad Inherente:

$$D^I = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

Que aplica solo si se consideran los tiempos de Mantenimiento Correctivo.

Si f(t) y/o m(t) no se pueden considerar representados por funciones Exponenciales, entonces el cálculo de la Disponibilidad (y de la Indisponibilidad) es más complejo, pues las ecuaciones (1) y/o (2) han de resolverse por métodos numéricos, cuya eficacia depende de múltiples circunstancias, lo que hace que su aplicación sea poco frecuente.

En general, se pueden encontrar en la bibliografía diferentes definiciones de Disponibilidad, una posible clasificación es la que refleja la figura siguiente:



Donde la Disponibilidad Operacional (DO) es un caso singular pues su cálculo se define de forma sencilla mediante la ecuación:

$$D^o = \frac{\text{Tiempo disponible para operar}}{\text{Tiempo total}} \quad (4)$$

A pesar de la sencillez de su definición, la DO suele presentar problemas de cálculo, especialmente derivados de dos casos: Ausencia de datos suficientes o Poca Relevancia de los datos existentes. Asimismo, se puede hablar de tres DO, a saber: Pasada, Presente y Futura (o DO Remanente, DOR). Sobre las dos primeras se suele encontrar información en la bibliografía, mientras de la última (probablemente la más interesante) apenas existe información, siendo su cálculo ciertamente complejo, pero de valor estratégico incalculable para las empresas por estar directamente relacionada con las posibilidades futuras de producir. **Nos ocuparemos exclusivamente de la DOR remanente y su cálculo en un próximo artículo.**

Cálculo de la Disponibilidad Operacional

Para el cálculo correcto de la DO bastaría con tener un numero estadísticamente suficiente de tiempos de ciclo Funciona-Falla, o sea tiempos funcionando correctamente y tiempos de recuperación tras un fallo. No deben incluirse tiempos de no funcionamiento por causas diferentes de fallas, lo cual hace que algunos autores no sean muy partidarios de este indicador, pues fácilmente pueden, por error, incluirse tiempos de parada por otros motivos.

En general existen muchos equipos que tienen tiempos de funcionamiento considerablemente altos (del orden de miles de horas), lo que hace que exista poca información sobre ciclos completos Funciona-Falla, que por ende conduce a que sean estadísticamente poco representativos y por tanto el mero computo que indica la ecuación (4) no sea suficiente. Hablando en términos de conocimiento Estadístico, se entra en el terreno de la “Teoría de Muestras pequeñas”, bien conocido, pero de aplicación, a veces, no tan sencilla para el caso que nos ocupa.

Así pues, los técnicos RAM necesitan algún tipo de herramienta o procedimiento que les permita en toda circunstancia aproximar de forma correcta la DO de sus equipos. Esencialmente se trata de ampliar la muestra existente de ciclos Funciona-Falla mediante algún procedimiento coherente que genere artificialmente nuevos ciclos que añadir a los conocidos [Misra, 1992], facilitando que el cómputo global de la DO muestre convergencia hacia su valor límite en el tiempo.

La respuesta que se muestra en este artículo viene de la mano de la Simulación con base estadística o Simulación Monte Carlo. Para ello se han diseñado y construido dos hojas Excel (con añadidos de Visual Basic) que aproximan la DO para los casos:

- Muy pocos Ciclos Funciona-Falla conocidos (**Aproximación Uniforme**)
- Pocos Ciclos Funciona-Falla conocidos (**Aproximación Weibull**)

Adicionalmente, ambas hojas Excel permiten calcular el efecto sobre la DO de diversas políticas de Mantenimiento Preventivo (Intervalo entre Preventivos y Duración de los Preventivos), lo que permitirá buscar políticas óptimas de forma sencilla. Los Excel solo necesitan como entradas los tiempos de Ciclos Funciona-Falla conocidos, realizándose de forma automática todos los cálculos. Esto se ha diseñado así para facilitar la labor de los técnicos RAM, pero todas las fórmulas empleadas son visibles, así como los códigos fuente Visual Basic para el caso de que quieran verlos, modificarlos, adaptarlos o ampliarlos.

Se describen a continuación las hojas Excel realizadas.

Vídeo RAMS

por/by: Blas J. Galván,
info@videorams.news

Ambas hojas Excel tiene las pantallas de usuario muy similares, como se puede ver a continuación.



Figura 1.- Pantalla principal de la Hoja Excel de Aproximación Uniforme

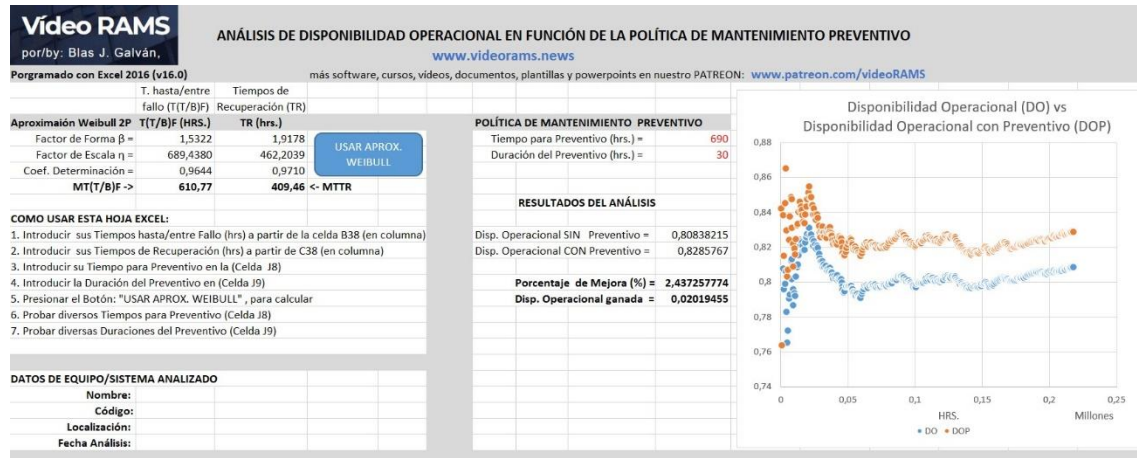


Figura 2.- Pantalla principal de la Hoja Excel de Aproximación Weibull

La hoja Excel de Aproximación Uniforme será la indicada para el caso de muy pocos datos y genera nuevos ciclos Funciona-Falla usando el generador de números aleatorios uniformes de Excel dado por la función ALEATORIO.ENTRE(). Mientras que la hoja Excel de Aproximación Weibull, genera nuevos ciclos Funciona-Falla a partir de un ajuste Weibull de dos Parámetros sobre los Datos introducidos. En ambas pantallas, el usuario solo deberá introducir los valores que figuran en color rojo (Política de Preventivo a contemplar), así como, si lo desea, los datos del equipo (Nombre, código, etc.).

Bajo la pantalla principal de ambas aproximaciones se puede encontrar el área para introducir los datos de los ciclos Funciona-Falla, cuyo aspecto se presenta en la siguiente figura.

MIS DATOS	
T(T/B)F (hrs.)	TR (hrs.)
300	30
500	70
450	20
120	27
470	45
234	70
678	90
623	230
224	110
512	
1200	
1700	
987	

Figura 3.- Pantalla de introducción de datos

No es necesario que la información de cada ciclo esté completa ni correlacionada, basta con reflejar en columna los Tiempos Hasta/Entre fallas y los Tiempos de Recuperación conocidos, como se ve en la figura. Por tanto y como ejemplo, en la primera fila el TR=30 no tiene por qué ser el tiempo de Recuperación del TBF=300. Ambas columnas son colecciones separadas de la información disponible.

ANOTACIONES:

- La hoja Excel de "Aproximación Uniforme" se puede descargar libremente desde la sección "Tienda/Shop" de la dirección web: www.videorams.news . Solo se le pedirá su e-mail.
- La hoja Excel de "Aproximación Weibull" está disponible solo para los patronos de Videorams, en la dirección web: www.patreon.com/VideoRAMS .

Los resultados obtenidos se pueden apreciar en la siguiente figura:

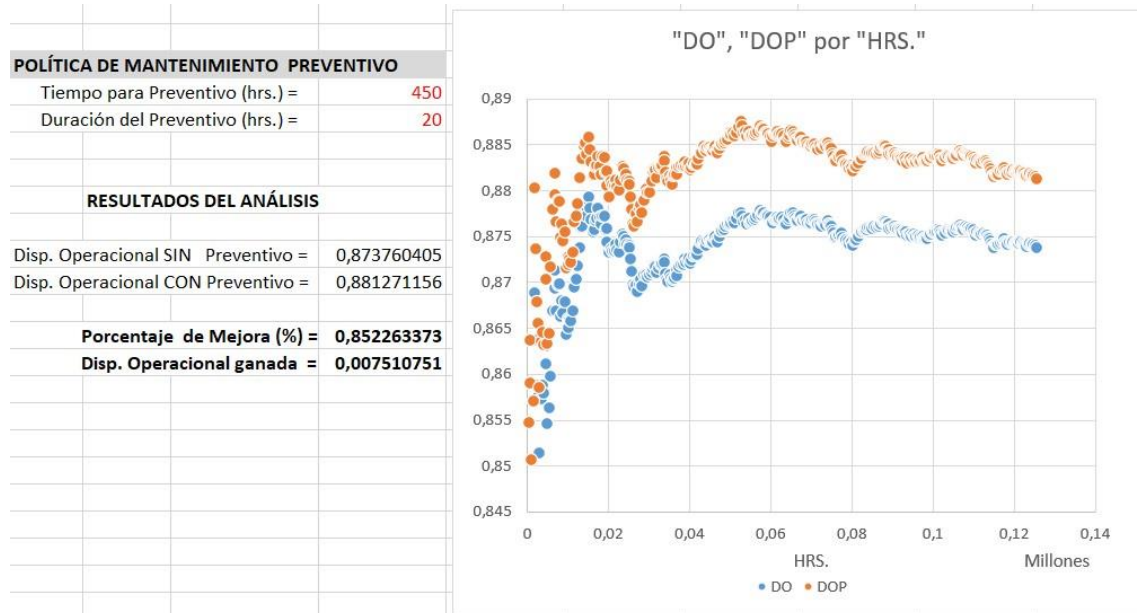


Figura 4.- Pantalla de resultados

Donde se pueden apreciar, las gráficas de convergencia de las Disponibilidades Operacionales SIN (DO) y CON (DOP) Preventivo respectivamente. También los resultados numéricos esperados de ambas disponibilidades y la ganancia/pérdida de Disponibilidad como resultado de la comparación de ambas disponibilidades. Adicionalmente la hoja de Aproximación Weibull produce como resultados los valores de los parámetros de ajuste de los datos a la distribución Weibull, como se aprecia en la siguiente figura:

Aproximación Weibull 2P	T(T/B)F (HRS.)	TR (hrs.)	USAR APROX. WEIBULL
Factor de Forma β =	1,5322	1,9178	
Factor de Escala η =	689,4380	462,2039	
Coef. Determinación =	0,9644	0,9710	
MT(T/B)F ->	610,77	409,46 <- MTTR	

Figura 5.- Parámetros del ajuste Weibull

Bibliografía

[Andrews & Moss, 1993] Andrews, J.D. and Moss, T.R. (1993). Reliability and Risk Assessment. Longman Scientific & Technical. ISBN: 0-582-09615-4.

[Misra, 1992] Misra, K.B. (1992). Reliability Analysis and Prediction; A Methodology Oriented Treatment. In fundamental studies in engineering series. Elsevier. ISBN: 0-444-89606-6.