

**CONFIABILIDAD - MANTENIBILIDAD -
DISPONIBILIDAD**

CONFIABILIDAD

- **La capacidad de un componente, equipo o sistema, de no descomponerse o fallar durante el tiempo previsto para su funcionamiento bajo condiciones de trabajo perfectamente definidas**

- **El funcionamiento de un componente, equipo o sistema es confiable si cada vez que el mismo es exigido durante su vida útil, responde satisfactoriamente. (Probabilidad de funcionamiento seguro)**
- **En un sistema complejo la confiabilidad del mismo depende de la confiabilidad de cada uno de sus componentes y existe una relación matemática bien definida entre la confiabilidad de las partes, componentes y la del sistema total.**
- **Todo elemento, equipo o sistema bien diseñado, bien fabricado y bien mantenido no deberá acusar fallas durante el período de vida útil previsto; esto es un enunciado o una expresión de deseos ya que la experiencia demuestra que, aún cumpliendo con los presupuestos anteriores, eventualmente se producen fallas.**

-

La confiabilidad está estrechamente relacionada con la investigación operativa ya que la asociamos a la probabilidad de ocurrencia de una falla en un período de tiempo determinado y bajo determinadas condiciones ambientales de operación. A los efectos de su aplicación, la confiabilidad distingue tres tipos de fallas que ocurren en forma arbitraria y que son ajenas al personal encargado de la operación:

- Fallas iniciales (mortalidad infantil)**
- Fallas aleatorias (vida útil)**
- Fallas por desgaste (vejez)**

Fallas iniciales

Se llaman así porque ocurren en la fase inicial de la vida operativa y generalmente se deben a deficiencias en el proceso de fabricación, instalación o control de calidad. Estas fallas se corrigen durante las pruebas iniciales y su influencia, desde el punto de vista operativo, es prácticamente insignificante.

Fallas aleatorias o fortuitas

Son debidas al azar y por lo tanto independientes de las fallas iniciales y del adecuado mantenimiento.

Este tipo de fallas es imposible de predecir con exactitud pero, en general, tienden a cumplir con ciertas reglas pertenecientes a los grandes números que hacen que la frecuencia de su ocurrencia durante un período de tiempo suficientemente largo resulte prácticamente constante. No resulta fácil eliminar las fallas aleatorias pero existen métodos que permiten reducirlas y que serán analizados más adelante.

Fallas por desgaste

En general este tipo de fallas aparecen luego de terminado el período de vida útil del elemento o sistema. En la mayoría de los casos este problema puede evitarse mediante el mantenimiento preventivo, es decir, mediante la sustitución de los componentes o equipos a intervalos inferiores al tiempo de vida previo al desgaste.

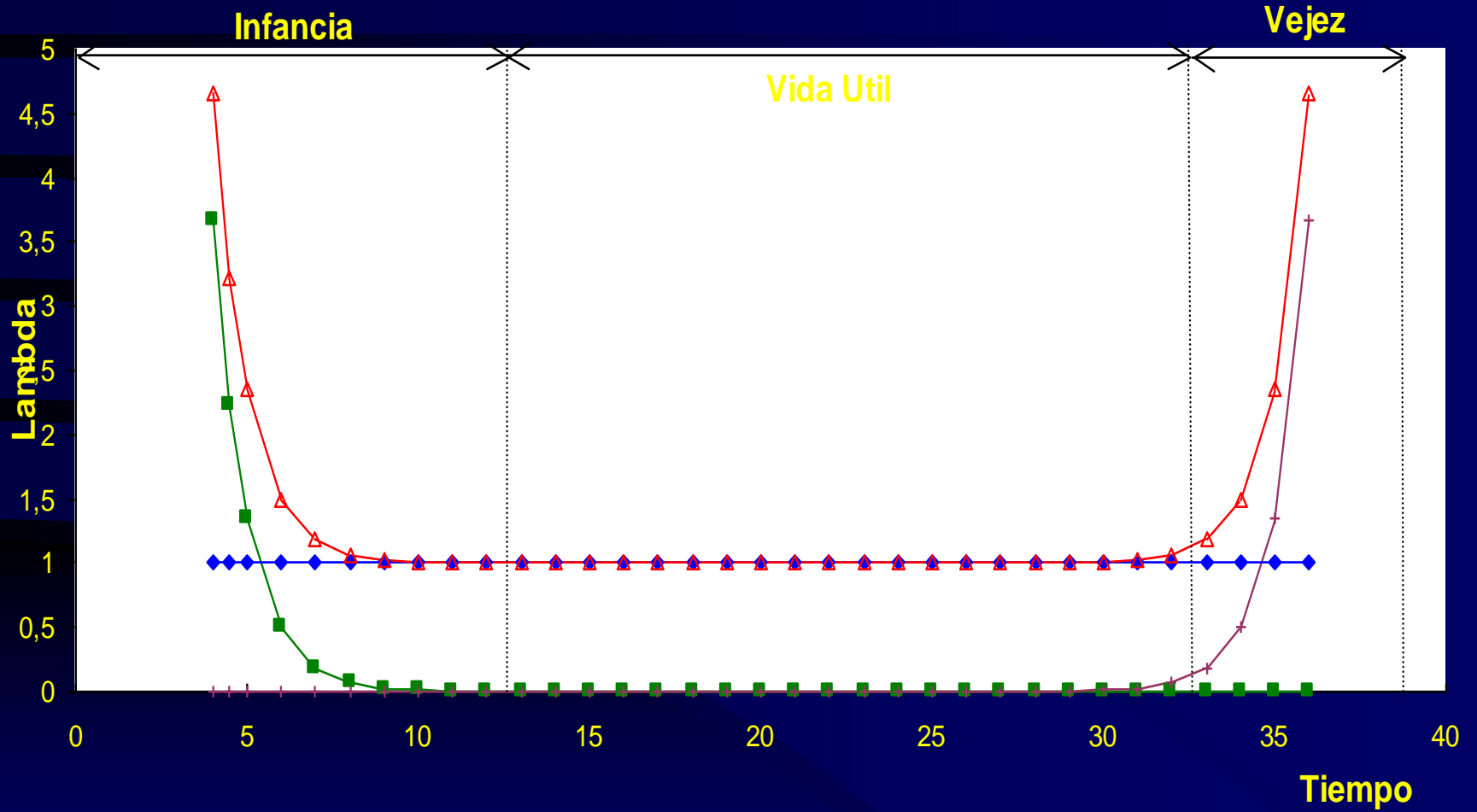
Supongamos ahora que un elemento, equipo o sistema se halla sometido a fallas que ocurren al azar, también que para largos períodos de funcionamiento el número de fallas sea el mismo; en estas condiciones la confiabilidad C de ese elemento, equipo o sistema estará matemáticamente definida por la siguiente expresión:

$$C(t) = e^{-(\lambda t)}$$

λ : constante denominada "tasa de fallas aleatorias"

t : período de tiempo arbitrario para el cual se desea conocer la confiabilidad

TASA de FALLAS



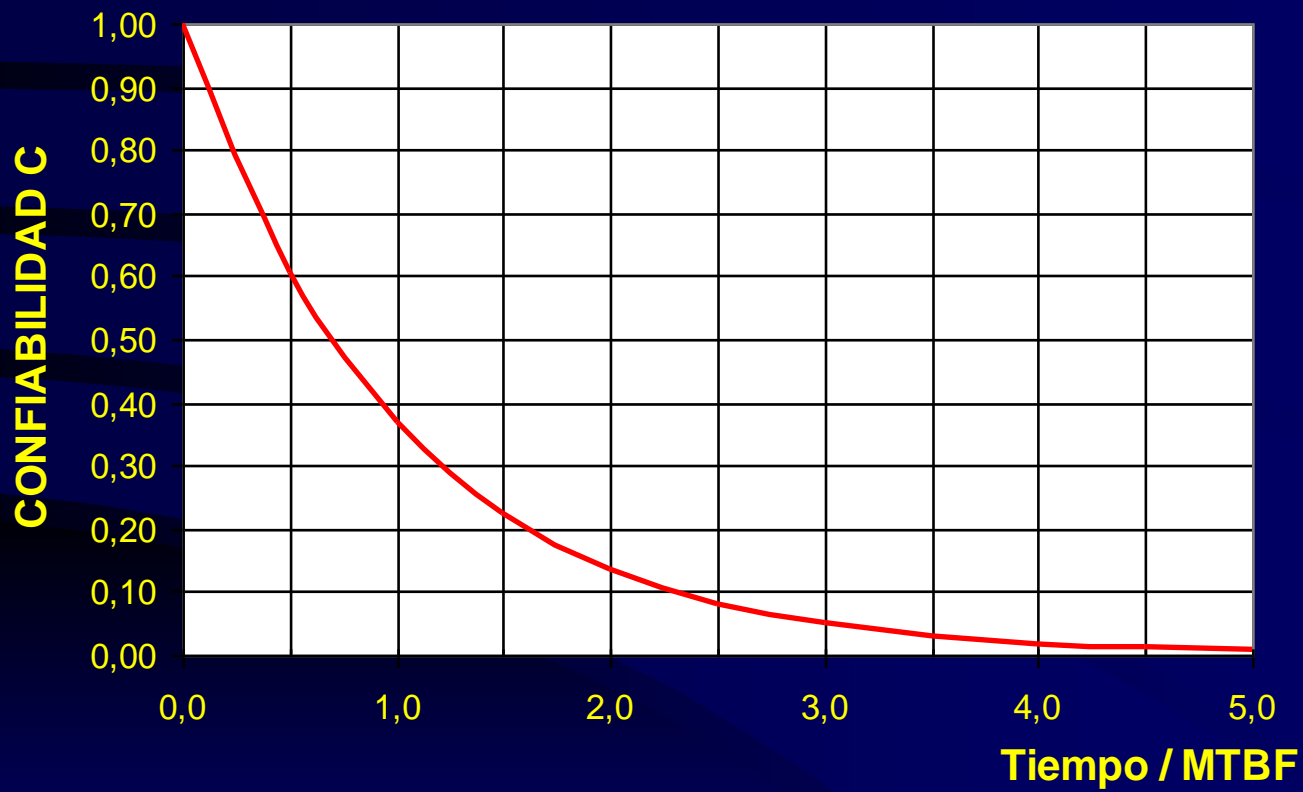
En lugar de λ es más común utilizar su inversa a la que se conoce como tiempo medio entre fallas

MTBF (Mean Time Between Faults) es decir:

$$\text{MTBF} = m = 1 / \lambda$$

con lo cual la confiabilidad puede expresarse como:

CONFIABILIDAD



Esta expresión es válida para el período de vida útil del elemento o sistema y representa la posibilidad de que el dispositivo (con tasa de falla constante) no tendrá fallas durante el período de tiempo t . Si la confiabilidad de un sistema o la de sus componentes es demasiado baja para ser aceptada, existen formas de mejorarla. Los métodos empleados en general incluyen:

9Control de Calidad

Gran parte del proceso de control de calidad consisten en disciplina de trabajo, procedimientos adecuados, verificación del cumplimiento estricto de los procesos de fabricación, etc. y otra parte del control que es estadística.

En el primer caso se incluyen acciones tales como:

Cumplimientos de las especificaciones de diseño y control del medio ambiente en cuanto a polvo, tierra, grasa y otras sustancias que puedan luego afectar el funcionamiento del componente.

Programas de entrenamiento para el personal, en los cuales se les enseñen los procedimientos de fabricación adecuados y cuales son las razones para el empleo de esos procedimientos.

Programas de incentivos no sólo en cuanto a la velocidad en la producción, sino también en la calidad de la misma.

En lo referente al control estadístico se desarrollan las siguientes acciones:

El estudio de muestras del producto para determinar si los procedimientos son correctos.

Verificar si esos procedimientos se aplican adecuadamente o si se están produciendo variaciones grandes en el producto final

El control de calidad es sumamente importante, pero el por si solo es, en general, insuficiente para asegurar una elevada confiabilidad.

Duplicación:

Se recurre, entonces a la redundancia (o duplicación) que es otro de los caminos para mejorar la confiabilidad y consiste en el uso de más de un elemento para cumplir con la misma función.

Ciertos componentes críticos de un sistema pueden ser diseñados de forma tal de tener dos o más alternativas; el mismo puede ser concebido de manera que falle sólo si ambas o todas las partes redundantes fallan. En otras palabras el sistema funcionará correctamente si por lo menos uno de los sistemas duplicados funciona.

Existen dos tipos de redundancia:

Activa: cuando ambos elementos funcionan al mismo tiempo.

Pasiva (o Standby): cuando un sólo elemento funciona y el otro permanece en espera.

Si bien la duplicación es un procedimiento útil y adecuado para mejorar la confiabilidad debe ser muy bien estudiada pues siempre aumenta el peso, el tamaño, la complejidad y el costo del producto final.

Mantenibilidad

- La probabilidad de restituir o volver al servicio, en un tiempo determinado, a un sistema que ha sufrido una falla o interrupción en su funcionamiento

La *mantenibilidad*, juntamente con la *confiabilidad*, representan los dos parámetros más importantes para la evaluación operativa de un sistema de armas.

El posible intercambio entre los dos parámetros es una función compleja del costo, complicación técnica y requerimientos operativos del sistema en consideración.

Para efectuar una medición de la mantenibilidad es necesario definir primero algunos elementos constitutivos de la misma.

Comencemos con el tiempo de interrupción (T_i) que representa el intervalo de tiempo durante el cual el sistema se encuentra fuera de servicio. T_i puede descomponerse en tres partes:

- a) Tiempo efectivo de reparación
- b) Tiempo logístico
- c) Tiempo administrativo

El *tiempo efectivo de reparación* representa el tiempo durante el cual el personal técnico se encuentra realizando los trabajos de reparación para poner al sistema nuevamente en servicio.

El *tiempo logístico* representa la porción de T_i necesaria para obtener los repuestos requeridos para la reparación.

El *tiempo administrativo* representa la porción T_i insumida por los retardos administrativos debido al procesamiento de los requerimientos, las autorizaciones para efectuar los trabajos, la obtención de horas extras, etc.

El tiempo de reparación puede en algunos casos, ser disminuido por el empleo de personal adicional y para ello resulta necesario mantener registros de las horas requeridas para cada operación de mantenimiento.

Esta información es de suma importancia porque la misma permite determinar el personal necesario para la realización de un mantenimiento adecuado.

Como ningún sistema es 100% confiable, el mantenimiento y sus correspondientes inversiones representan un aspecto importante a tener en cuenta para la operación a largo plazo.

De acuerdo con la definición de mantenibilidad vemos que deberán realizarse grandes esfuerzos con el objeto de reducir al mínimo el tiempo de reparación de los elementos o unidades.

Para ello en el diseño se deberán incluir todas aquellas facilidades que disminuyan la labor de los técnicos de mantenimiento. Los procedimientos a utilizar para el mantenimiento de sistemas pueden agruparse en dos categorías principales a saber:

- 1. Mantenimiento Programado:** Es el planificado a través de inspecciones a intervalos regulares. Su objetivo es mantener el sistema en las condiciones originales de confiabilidad - seguridad - performance y evitar que las fallas de los elementos o sistemas aumenten o excedan los valores establecidos por el diseño; por esta razón se lo conoce también con el nombre de mantenimiento preventivo.
- 2. Mantenimiento no Programado:** También llamado de emergencia, es el que se realiza cuando se produce una falla que afecta al funcionamiento normal del sistema. Su objetivo es restituir el sistema a su condición normal lo más rápidamente posible mediante la sustitución, reparación o ajuste del elemento defectuoso.

La reparación inmediata de las fallas resulta prácticamente imposible. Lo más aproximado a este supuesto ocurre con aquellos problemas que se producen en centros de mantenimiento que disponen de personal de servicio las 24 horas del día y un suficiente stock de repuestos.

En los sistemas redundantes activos que han sido diseñados de modo que ante una falla el sistema continúe operativo mientras se repara el o los elementos con falla, es posible lograr una confiabilidad que resulta independiente del tiempo de operación.

De cualquier manera los sistemas redundantes deben ser periódicamente inspeccionados para asegurar que ningún elemento ha fallado y que la confiabilidad del sistema es la original.

A similitud de MTBF se define al Tiempo Medio de Reparación (Mean Time To Repair : MTTR = τ) que en la realidad es un valor resultante de considerar diferentes circunstancias como:

τ_u : Tiempo necesario para que el personal técnico ubique la falla que a su vez es función de la experiencia del personal, de la accesibilidad al lugar de reparación, de la existencia de elementos indicadores de la falla, etc.

τ_r : Tiempo de reparación de la falla, que depende del lugar donde se produjo la falla (cerca o lejos de un centro de mantenimiento) de la disponibilidad inmediata de personal para encarar la reparación, etc.

τ_t : Tiempo necesario para desplazar al personal desde el centro de mantenimiento hasta el lugar de reparación.

τ_a : Tiempo administrativo necesario para autorizar y enviar al personal de mantenimiento (que incluye partidas de gastos, materiales, vehículos, etc.).

. En resumen: $\tau = \tau_u + \tau_r + \tau_t + \tau_a = \text{MTTR}$

τ_u y τ_r dependen del personal (idoneidad, experiencia) y de la naturaleza de la falla.

τ_t depende de la distancia entre el lugar donde se generó la falla y el centro de mantenimiento más cercano, de las características del terreno, del medio de transporte empleado, etc.

τ_a depende de la organización impuesta por la institución o empresa para los trámites burocráticos correspondientes a los viáticos, suministros de materiales desde los depósitos, entrega de combustible para los vehículos, etc.

Si varias operaciones de mantenimiento pueden ser realizadas simultáneamente y si las mismas pueden ser iniciadas al mismo tiempo, el tiempo horario para volver operativo al sistema no será igual a la suma de las horas/hombre correspondientes a todas las operaciones sino que estará dado por el correspondiente al de la reparación del elemento o unidad más lenta.

La suma de las horas/hombre es importante porque establece la cantidad de personal necesario para efectuar la operación en el tiempo establecido.

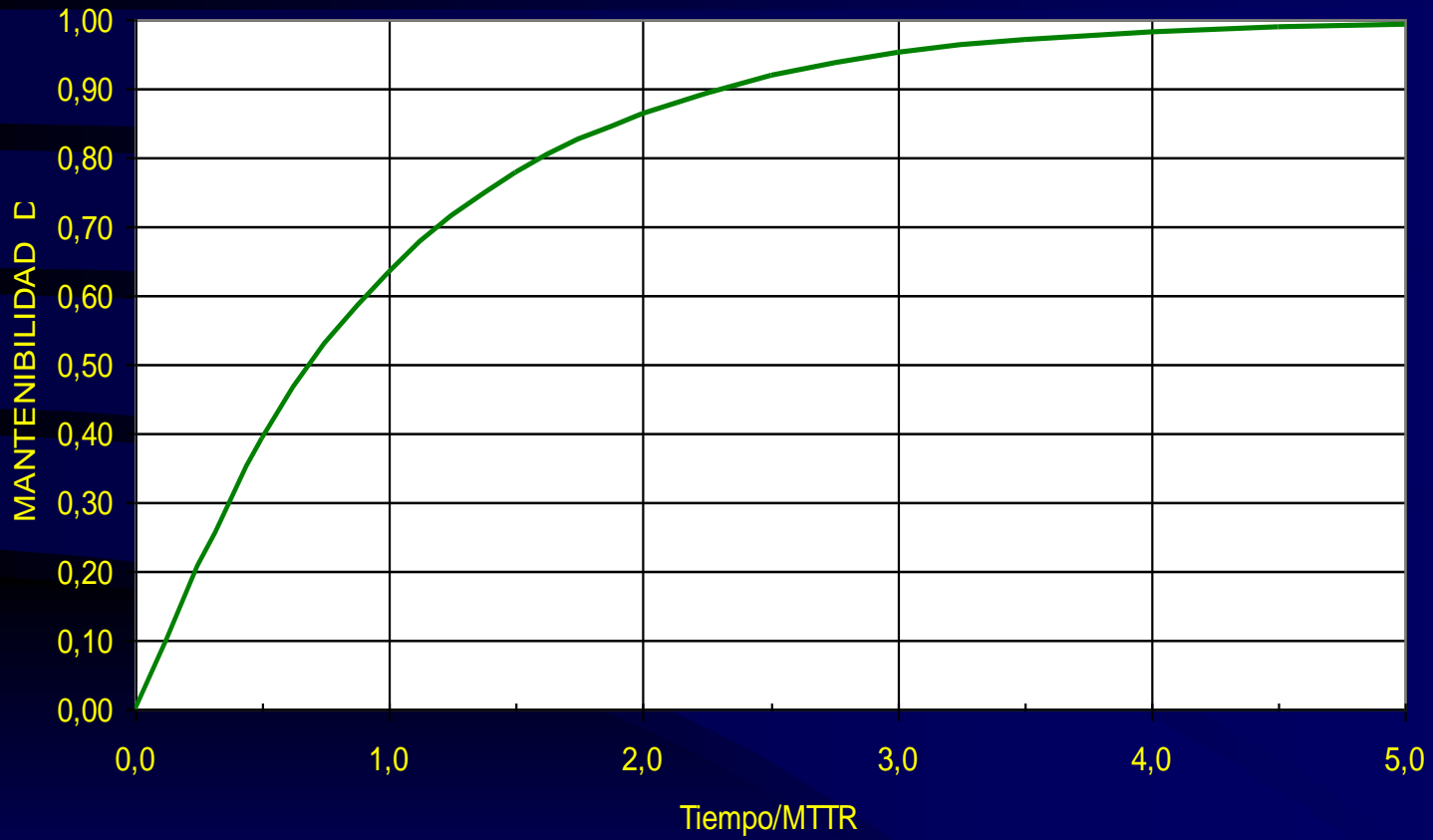
Para poder coordinar la mantenibilidad con la confiabilidad es necesario establecer bien el MTTR.

La mantenibilidad M , en función del tiempo puede ser representada por:

$$M(t) = 1 - e^{-t/\tau} = 1 - e^{-\mu t}$$

$$\mu = 1 / \text{MTTR} = 1 / \tau = \text{tasa de reparación}$$

MANTENIBILIDAD



DISPONIBILIDAD

- la probabilidad de que el mismo se encuentre operando en óptimas condiciones en un instante de tiempo y bajo condiciones de trabajo normales.

$$D = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{TTR}) = 1 / (1 + \beta)$$

en donde

$$\beta = \text{MTTR} / \text{MTBF} = \tau / m$$

tiempo medio entre fallas (MTBF tiempo favorable)

tiempo medio entre reparación (MTTR tiempo desfavorable)

tiempo medio total (MTBF + MTTR tiempo favorable + desfavorable)

D = tiempo medio entre fallas / tiempo medio total

Resulta sumamente conveniente hablar de disponibilidad porque da idea del rendimiento del sistema en términos de mantenimiento y, por lo tanto, de organización empresarial con todas sus implicancias y consecuencias, aspectos que no son contemplados por la confiabilidad.

La disponibilidad no es una función del tiempo, pero sí de la confiabilidad y de la mantenibilidad a través de la relación β (MTBF/MTTR)

A medida que ésta disminuye, aumenta el efecto que la mantenibilidad tiene sobre la disponibilidad.

Como en el diseño de todo sistema existe siempre una relación económica óptima entre los dos factores, no es cuestión de aumentar exageradamente la confiabilidad si ello no mejora justificadamente la disponibilidad.

DISPONIBILIDAD

