

## CAPÍTULO 5

### PROCEDIMIENTOS PARA EVALUAR LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA ANALIZADO

En la literatura se encuentran variados procedimientos para cuantificar la confiabilidad de los sistemas. Se entiende por confiabilidad a la probabilidad de que el sistema deje de prestar el servicio para el cual fue diseñado (Hopkins 1993); (Nyman 1984); (CAE 1991).

Cualquiera sea la metodología que se emplee, la finalidad de la evaluación es identificar los elementos críticos del sistema y determinar la sensibilidad del mismo a eventuales intervenciones, generalmente con el fin de optimizar la eficiencia del sistema.

#### TIEMPO DE REHABILITACIÓN

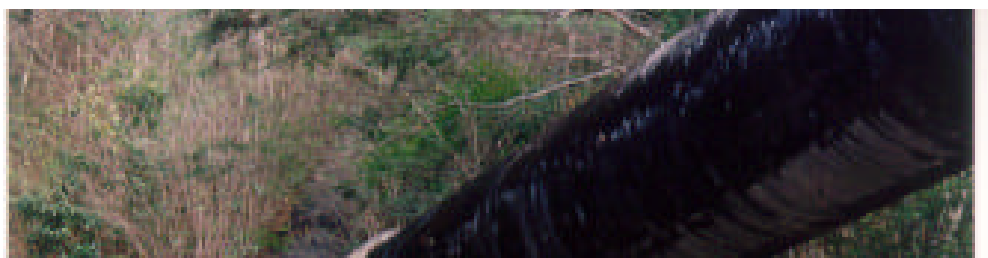
Esta medida toma en consideración la capacidad remanente del componente, la magnitud del daño y las expectativas de rehabilitación en unidades de tiempo. Con los análisis usuales de ingeniería, lo anterior puede aplicarse a estaciones y subestaciones de bombeo, tanques de almacenamiento, chimeneas de equilibrio, tanques de succión, puentes, tuberías de conducción y otros componentes.

Al estimar el tiempo de rehabilitación se debe considerar: (a) la magnitud del daño; (b) requerimientos y disponibilidad de recursos humanos, materiales y financieros; (c) facilidad de acceso al lugar; y (d) el grado de afectación de cada componente.

#### Comparación de tiempos de rehabilitación de tuberías-puentes sobre ríos

En la foto 5.1 se observa el puente A que cruza la quebrada Las Palmas con acceso inmediato a la carretera y en la foto 5.2 el puente B que cruza el río Guaire, de difícil acceso, en una zona de topografía irregular. En el cuadro 5.1 se comparan tiempos de rehabilitación correspondientes a problemas similares de socavación de las bases de las pilas de apoyo.

Para calcular el tiempo total de rehabilitación del sistema, se debe considerar las configuraciones en serie o en paralelo de los componentes del sistema. Por ejemplo, en el caso del cuadro 5.1 las tareas (2) y (3) pueden hacerse paralelamente.





**Foto 5.1**  
**Puente (quebrada Las Palmas) con acceso directo a la carretera**



**Foto 5.2. Puente B (río Guaire) en zona de difícil acceso. Actualmente se accede por medio de la escalerilla de la mano derecha que conduce a una carretera que finaliza 20 metros más arriba.**

**Cuadro 5.1**  
**Estimación del tiempo de rehabilitación**  
**para dos tuberías-puente**

Fase o tarea		Tiempo en horas	
		Puente A Æ = 78"	Puente B Æ = 78"
1	Identificación del daño (1)	10 – 20	24 - 72
2	Interrupción del flujo	2	2
3	Preparación del material, equipo y cuadrilla	4	4
4	Traslado al sitio	1	5 - 10
5	Ejecución de reparación (2)	15 – 30	100 - 200
6	Coordinación de reinicio y puesta en operación	4	4
7	Total	36 – 61	139 - 292

- (1) Depende de la frecuencia de inspección; el puente A es visible desde una vía secundaria de acceso a una estación de bombeo. El puente B suele ser inspeccionado por vía aérea.
- (2) Se ha supuesto que la reparación requiere excavación parcial y llenado con concreto armado. En el caso del puente B, la solución puede requerir apuntalamientos temporales si el río está crecido.

## SELECCIÓN DE ESCENARIOS

Generalmente, para verificar la confiabilidad de los sistemas se seleccionan escenarios extremos (Davis 1980); (Hopkins 1993); (World y Jochim 1989); (CAE 1991).

Entre las amenazas naturales consideradas en el presente documento destacan las tres siguientes:

- *Vientos huracanados*: la distribución de valores extremos de velocidades de viento dada en la figura 2.2, con velocidades asociadas a períodos de retorno de 500 años, permite observar que sólo representan 66% de los vientos equivalentes a acciones sísmicas de diseño. La evaluación de solicitaciones fue hecha con la norma COVENIN 2003-86 “Acciones del viento sobre las construcciones”, para la cual se seleccionó una chimenea de 98 m de altura y 7,0 m de diámetro, considerado como el componente potencialmente más vulnerable a la acción eólica.
- *Tormenta tropical*: los efectos de las crecidas en las pilas de los puentes, tales como la erosión (inestabilidad de pendientes y deslizamientos potenciales) y posibles efectos en la turbiedad del agua almacenada en los embalses, sólo es objeto de evaluación parcial.

- *Sismos*: El área puede ser afectada