

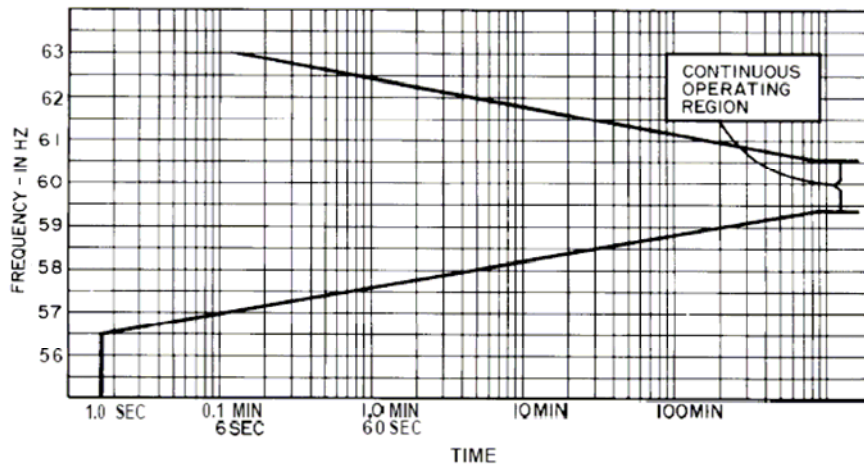
## **ANEXO A**

### **LIMITES DE FRECUENCIA EN TURBINAS**

## LÍMITES DE FRECUENCIA EN LAS TURBINAS

En el Informe Técnico de la referencia [A] se ha investigado sobre rangos de sub y sobrefrecuencia admisibles en unidades de generación hidráulica y térmica, considerados en los requisitos mínimos para el ingreso al sistema en países como Brasil, Argentina, Chile y de algunas empresas de generación de Estados Unidos y Canadá. También se ha recopilado información respecto de las protecciones de frecuencia de unidades de generación en sistemas eléctricos de otros países y del SEIN.

Se debe mencionar que la operación prolongada a bajas frecuencia de un sistema eléctrico de potencia está supeditada a los límites operativos de los equipos de la red. Estos límites usualmente están asociados con la operación de los servicios auxiliares de las centrales eléctricas, que empiezan a ser perjudicados cuando la frecuencia asume valores por debajo de 59,0 Hz, hecho que provoca reducciones en la potencia de generación. Las condiciones límite se suelen presentar generalmente a 55,0 Hz, por esta razón las protecciones de mínima frecuencia de las unidades de generación se ajustan con valores entre 56,0 y 57,0 Hz.



**Figura A.1 Límites de la frecuencia en las turbinas de vapor**

En la referencia [B], se trata el tema de las turbinas a vapor como las unidades que presentan restricciones con respecto a la frecuencia y se comenta que en forma relativa, las turbinas hidráulicas no son afectadas por la operación a bajas frecuencias. También se muestra que en la operación de turbinas a vapor a bajas frecuencias, las protecciones de baja frecuencia de los grupos generadores (turbina-generador) evitan que las turbinas queden expuestas a bajas frecuencias durante un prolongado tiempo, que pueda ocasionarles daño, constituyéndose estas protecciones como respaldo del Esquema de Rechazo Automático de Carga por Mínima Frecuencia. Se remarca que el daño a las turbinas de vapor se presenta debido a las vibraciones mecánicas por operación a frecuencias diferentes de la frecuencia de diseño. La magnitud de estas vibraciones mecánicas depende de la desviación de la frecuencia respecto del valor nominal; mientras más prolongada sea la exposición mayor será el daño.

Por esta razón, sobre la base de una gran cantidad de datos de vibración en diferentes turbinas de vapor, la referencia [B] recomienda respetar los límites de operación a frecuencias fuera del valor nominal mostrados en la Figura A.1. A partir de esta figura, se ha construido el Cuadro A.1 que muestra un rango típico de límites de exposición de unidades de generación de vapor ante sub y sobrefrecuencias en sistemas eléctricos de 60 Hz.

<b>Rango de Frecuencia (Hz)</b>	<b>Tiempo máximo de exposición (*) (minutos)</b>
59,4 – 60,6	Operación continua
58,5 – 61,5	30
58,2 – 61,7	10
58,0 – 62,0	4
57,7 – 62,2	2
57,4 – 62,6	0,5

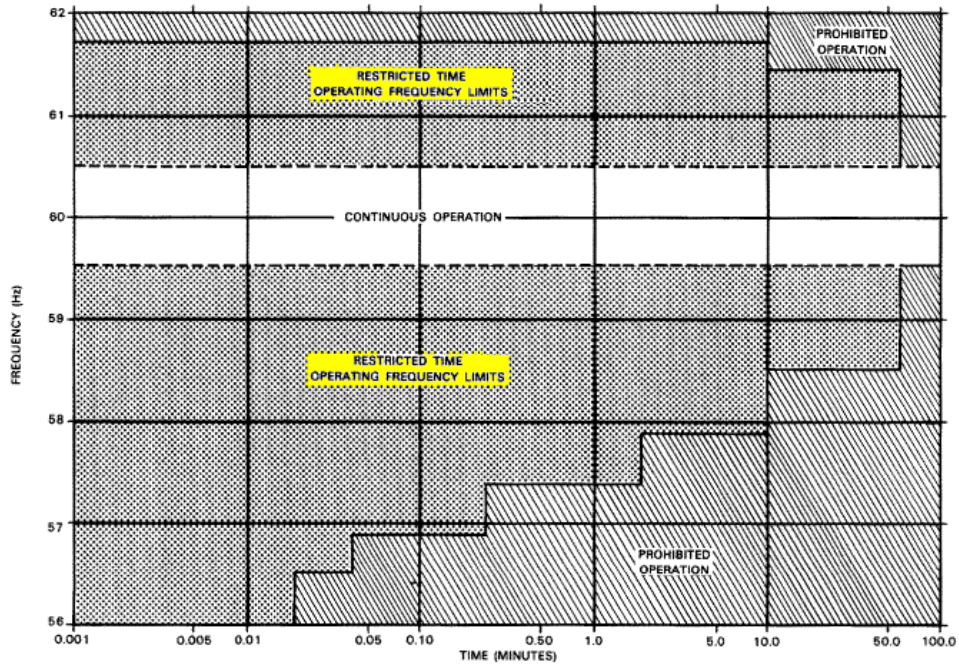
**Cuadro A.1 Limites de exposición a la variación de frecuencia**

(\*): Los tiempos son acumulativos. Una exposición durante 1/2 minuto a plena carga con una frecuencia de 57,7 Hz, le dejará solo 1,5 minutos para poder operar en esta condición en el resto de la vida de esta unidad.

Es pertinente indicar que cada diseño de turbina de vapor tendrá sus propios limites individuales. En la Figura A.2 tomada de la referencia [C] se muestra un ejemplo de una curva de una cierta turbina de vapor en la cual se aprecia una zona blanca entre 59,5 Hz y 60,5 Hz que es el área de operación en servicio continuo sin restricciones, mientras que las zonas sombreadas sobre 60,5 Hz y debajo de 59,5 Hz son áreas de operación restringidas con limites de tiempo. Se debe insistir en la mención que el tiempo gastado en una banda de frecuencias es acumulativo y es usualmente considerado independiente del tiempo acumulado en otra banda.

En ese sentido, la Figura A.2 indica que la operación entre 58,5 Hz y 57,9 Hz es permitida durante 10 minutos. Para un tiempo mayor el daño a los alabes de la turbina sería probable. Por lo tanto, si una unidad opera en este rango de frecuencia durante un minuto, entonces sobre la vida del alabe solo se permitirá 9 minutos mas de operación en esta banda de frecuencias.

Por otro lado, en la referencia [C] se menciona que los limites de frecuencia para generadores de turbinas hidráulicas son menos exigentes que cuando las turbinas son de vapor y de combustión interna. Se puede decir que normalmente las turbinas hidráulicas están diseñadas para soportar condiciones más severas de sobrevelocidad y se puede considerar que dentro del rango de 57,0 Hz a 63,0 Hz se da la capacidad de operación continua a frecuencia anormal.



**Figura A.2. Zonas Límite de operación de turbina de vapor.**

- [A] INFORME TECNICO COES-SINAC/DEV-158-2005, "Rangos admisibles de variación de frecuencia para unidades de generación del SEIN ", Abril, 2005.
- [B] "Protection of Steam Turbine Generators During Abnormal Frequency Conditions", J. Berdy, P.G. Brown, Electric Utility Engineering and L.E. Goff, Switchgear Engineering, General Electric Company, Georgia Tech. Protective Relaying Conference, 1974.
- [C] C37.106 "IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants", 2004.