

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 1 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

**SISTEMA DE TRANSPORTE DE ENERGIA ELECTRICA
EN ALTA TENSION**

**GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE
TELEPROTECCION**

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 2 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	5
1.1	Objeto	5
1.2	Alcance	5
1.3	Características del Sistema Eléctrico	5
2	ENTORNO FISICO.....	7
3	ESTUDIO ELECTRICO DEL SISTEMA DE ALTA TENSION	9
3.1	Características Básicas	9
3.2	Consideraciones del Estudio Eléctrico	9
3.3	Sistema de Protecciones	10
3.4	Configuración de las EETT	10
3.5	Recierres	10
4	DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIONES DE LINEA	12
4.1	Función de las Protecciones de Línea	12
4.2	Protección Principal y de Respaldo Local	12
4.3	Configuración de los Sistemas de Protecciones	12
4.4	Tecnología de las Protecciones	13
5	CRITERIOS DEL DISEÑO.....	14
5.1	Información a Transmitir por las Protecciones	14

 Transener S.A. Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 3 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
	Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA	

5.2	Acción de Teleprotección _____	15
5.3	Esquemas de Protecciones-Teleprotección _____	15
5.4	Tiempo de despeje de fallas _____	21
5.5	Tiempo de Teleprotección _____	22
5.6	Dependibilidad y Seguridad _____	23
6	MODOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA TELEPROTECCION.....	25
6.1	Analógica _____	25
6.2	Digital _____	26
7	CONFIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TELEPROTECCION Y DE COMUNICACIONES.....	28
7.1	Introducción _____	28
7.2	Redundancia y Multiplicidad _____	28
7.3	Transmisión por Multicaminos _____	29
7.4	Formas Anexas e Incremento de Confiabilidad _____	29
8	MEDIOS DE COMUNICACION.....	32
8.1	Esquemas Posibles _____	32
8.2	Tipos de enlace _____	32
8.3	Vinculación Teleprotección-Comunicaciones _____	35
8.4	Tiempos de Transmisión de Enlaces _____	35
9	SERVICIOS AUXILIARES.....	36

 Transener S.A. Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 4 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
	Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA	

10 ANEXO.....37

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 5 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

INTRODUCCION

1.1 Objeto

La presente Guía de Diseño y Normas del Sistema de Teleprotección tiene por objeto orientar la labor de los proyectistas para lograr, en cada caso, una solución económica que a la vez mantenga el nivel de calidad y confiabilidad del resto de las instalaciones del Sistema de Transporte de Energía Eléctrica en Alta Tensión de la República Argentina.

Incluye los criterios y metodologías a utilizar en el diseño del sistema conjunto protecciones-teleprotección, de forma que no sea tratado como una situación aislada, sino teniendo en cuenta las necesidades de la protección de las líneas a quien asiste.

Se mencionarán además los medios de comunicaciones posibles de utilizar para la transmisión de las órdenes de teleprotección, así como de la transmisión de la información de las protecciones en sí mismas cuando no requieran de la teleprotección.

En cada ítem se indican las referencias a otras guías de diseño, así como a normas internacionales que sean aplicables.

1.2 Alcance

Se aplica para el diseño de sistemas de teleprotección en líneas de transporte de energía eléctrica con tensiones nominales de 220 kV o superiores.

Su utilización en sistemas de menor tensión es opcional, con aquellas adecuaciones que se requieran.

El ámbito de aplicación es todo el territorio de la República Argentina.

1.3 Características del Sistema Eléctrico

El sistema de teleprotección depende fuertemente del sistema de protecciones que se utiliza y de las características del sistema eléctrico y sus parámetros, que será analizado en el punto 3.

Los datos característicos del sistema eléctrico a recabar son resultado del proceso de diseño que se detalla en la Guía de Diseño General de Líneas y en la Guía de Diseño y Normas del Sistemas de Protecciones.

Mínimamente deberá disponerse de información referida a:

a. Características de la línea

- Trazado.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 6 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

- Derivaciones en Te.
 - Distancias.
 - Tipo de estructuras (simple o doble terna).
- b. Niveles de tensión**
- Tensión nominal del sistema (kV).
 - Tensión máxima (típicamente nominal más 5 al 10%).
- c. Características del sistema eléctrico**
- Estabilidad (tiempo máximo de despeje de falla).
 - Protecciones (tipo; esquema; etc.).
- d. Características del sistema de comunicaciones**
- Tipo de comunicación.
 - Tiempos de transmisión (equipos más enlace).
 - Esquemas de envío de la información (medios).
 - medios independientes,
 - igual medio, con redundancia/multiplicidad.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 7 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

2 ENTORNO FISICO

El equipamiento de teleprotección operará normalmente en edificios con aire acondicionado, con leve sobrepresión interior para evitar el ingreso de polvo. De allí que su rango de operación no requerirá de condiciones extremas.

En todos los casos debe verificarse que la utilización de equipos se encuentre en el área plana (λ constante) de la curva de fallas y desempeño estable durante el tiempo de uso.

En el caso particular para instalación en kioscos o en contenedores deberá tener las características para funcionar en condiciones extremas de temperatura y humedad – tropicalizados- para el caso de no-funcionamiento de los equipos de acondicionamiento de aire.

a. Temperatura

Para el diseño del sistema se deberán tener en cuenta tres valores:

- Temperatura máxima.
- Temperatura mínima.
- Temperatura media anual.

Los valores deben relevarse de los registros meteorológicos de los últimos 10 años para análisis de repetibilidad y constancia. Para el caso de no disponerse de registros, es recomendable la utilización de condiciones extremas.

(Ref: IEC 60068; IEC 60358 punto 27.2 y 27.3; IEC 60353 punto 8)

b. Humedad

Este valor refleja el tipo de clima de la zona (árida, tropical, fría). Es importante debido a que produce aumento del ruido corona generado en los equipos de playa de maniobras.

Los valores a indicar serán:

- Humedad relativa máxima.
- Humedad relativa mínima.
- Media mensual.

El uso de aire acondicionado en el interior de salas de equipos reduce el efecto de humedad ambiente y sus consecuencias de condensación en placas y componentes.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 8 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

c. Sismicidad

Deberá indicarse si los equipos de comunicaciones se instalarán en áreas sísmicas y su grado según CIRSOC, en un todo de acuerdo a lo que se indica en la Guía General de Diseño y Normas de Estaciones Transformadoras.

Los equipos deberán resistir los movimientos sísmicos sin daños permanentes ni transitorios. Para la especificación de los mismos, debe definirse el Espectro de Respuesta al Sismo (RRS) requerido, donde se indique la velocidad de movimiento, la aceleración y el desplazamiento, en función de la frecuencia sísmica esperada, de forma de definir la excitación a la cual deberá responder el diseño del equipo.

Deberá requerirse equipos cuyo Espectro de Respuesta TRS lo exceda holgadamente. En las Figuras 1 y 2 se muestran orientativamente las características del RRS y la relación entre RRS y TRS.

(Ref: ANSI/ IEEE std 344-1987)

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 9 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

3 ESTUDIO ELECTRICO DEL SISTEMA DE ALTA TENSION

3.1 Características Básicas

El Sistema de Transporte en Alta Tensión debe asegurar su máxima estabilidad y control de tensiones, para lo cual es conveniente tender a configurarlo en anillo.

En los casos de sistemas de transmisión en configuración radial es más difícil lograr tal control, y tanto más severa se hace esta situación en caso de cubrir áreas geográficas muy extensas.

La necesidad de incrementar la transferencia de potencia obliga al uso de capacitores serie y mecanismos de control automático para desconexión de generación (DAG), desconexión de cargas y control automático de tensión, mediante la inserción de reactores de compensación en 500 kV. Temas éstos descritos en la Guía de Diseño de Sistemas de Protecciones.

En 500 kV se utiliza básicamente el recierre unipolar, con el auxilio de reactores de neutro para minimizar el efecto de la corriente arco secundario.

3.2 Consideraciones del Estudio Eléctrico

Dentro del estudio se deberán tener en cuenta los temas siguientes:

3.2.1 Flujo de las Cargas

Deberá analizarse el flujo de potencia en la línea y en las barras de la ET, así como los niveles de tensión, para las condiciones de transporte máxima y mínima, y simultáneamente considerar las condiciones de operación normal y operación en emergencia.

(Ref: Guía de Diseño de Protecciones punto 4.2)

3.2.2 Niveles de Cortocircuito

Deberá realizarse un estudio de los niveles de cortocircuito en la línea, para todas las condiciones de operación y de situación/configuración, posibles en el Sistema de Transporte en Alta Tensión.

(Ref: Guía de Diseño de Protecciones punto 4.2)

3.2.3 Estabilidad Transitoria

Deberá efectuarse la selección de interruptores, protecciones, teleprotección y canales de comunicaciones, de forma de poder determinar lo más precisamente posible, la velocidad de operación para efectuar el despeje de fallas.

 Transener S.A.	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 10 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

Asimismo es importante los tipos de recierres automáticos de manera de sostener el sincronismo del sistema eléctrico.

(Ref: Guía de Diseño de Protecciones punto 5.1.15)

3.3 Sistema de Protecciones

Si bien los detalles sobre este tema se tratan en extenso en la Guía de Diseño de Sistemas de Protecciones punto 4, enumeraremos aquí aquellos aspectos que nos orientan hacia el sistema de teleprotección asociado.

Para decidir sobre la configuración del sistema de protecciones, deberán considerarse mínimamente estos aspectos:

- a. **Confiabilidad:** consistente en la disposición de las protecciones para operar cuando efectivamente deban hacerlo (minimizando la pérdida de órdenes) y para evitar todas las operaciones no deseadas (minimizando las órdenes falsas).
- b. **Velocidad de actuación:** según la velocidad de transmisión y ejecución de las órdenes, surgirá el tiempo de despeje de las fallas y por ende la consecuencia mínima sobre el equipamiento eléctrico de la ET y/u otros elementos de la línea.
- c. **Selectividad:** de manera de disponer de desconexiones mínimas de la línea y asegurar los máximos tiempos en servicio del sistema eléctrico.

3.4 Configuración de las EETT

La disposición más conveniente deberá elegirse según lo indicado en la Guía General de Diseño para EE.TT., punto 4 para lograr los aspectos enunciados en el punto 3.3.

3.5 Recierres

3.5.1 Disponibilidad del Servicio Eléctrico

Las estadísticas sobre cantidad de fallas aleatorias que afectan al sistema eléctrico de alta tensión, según CIGRE Report WG 34 y 35, punto 1.5 indica:

- 83% falla monofásica ,a tierra.
- 9% falla fase a fase sin pat.
- 5% fallas fase a fase a tierra.
- 1,5% falla trifásica sin pat.
- 1,5% falla trifásica con pat.

 Transener S.A.	Título: GUÍA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 11 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
Gerencia Técnica		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

Por lo cual si se desea lograr una alta disponibilidad del servicio eléctrico de transporte (línea en servicio), será necesario realizar recierre automático.

Como es conocido, al abrir y cerrar simultáneamente los interruptores de ambos extremos de la línea (una o más veces), la falla transitoria desaparecerá, restituyéndose el sistema eléctrico luego del recierre.

En caso que posteriormente al último recierre la falla continúe, (indicando una falla permanente) el interruptor abrirá definitivamente.

Por lo cual para obtener el máximo beneficio del recierre, deberá tenerse en cuenta:

- El máximo tiempo admisible por el sistema eléctrico para efectuar la apertura y cierre de los interruptores, de forma tal que no salgan de sincronismo de las barras conectadas a la línea.
- El mínimo tiempo de des-ionización de la zona del arco, de manera de imposibilitar el nuevo encendido del arco al realizar el recierre.
- La máxima velocidad de apertura y cierre de los interruptores.

(Ref: Electrical Transients in Power System, capítulo 13, Guía de Sistemas de Protecciones punto 15)

3.5.2 Tipos de Recierres

En función de lo expresado en el punto 3.5.1, deberá considerarse los recierres:

- Monofásicos.
- Trifásicos.

Siendo la elección del tipo de recierre dependiente de la configuración del sistema eléctrico específico que se trate y de la estabilidad ya analizada.

Debe tratarse de disponer un sistema de alta tensión mallado de manera de facilitar el recierre trifásico, y en caso contrario solamente efectuar el monofásico.

En la Figura 4 se listan las características principales de cada tipo de recierre.

(Ref: Electrical Transients in Power Systems, Capítulo 13, Guía de Sistemas de Protecciones punto 15)

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 12 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

4 DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE PROTECCIONES DE LINEA

4.1 Función de las Protecciones de Línea

Las protecciones de línea deben ser aptas para todo tipo de fallas, discriminando con claridad las condiciones de falla y las de carga para diversas configuraciones operativas del sistema de transporte. Entre sus funciones están las de:

- Garantizar el disparo rápido ante fallas en cualquier punto de la línea. Para ello contarán con un enlace de teleprotección entre ambos extremos.
- Diferenciar claramente las fallas reales, de aquellas aparentes que ocurren en las fases sanas como producto de una elevada corriente de cortocircuito en la fase en falla.
- Brindar respaldo remoto ante fallas ubicadas en la barra de la estación opuesta, o más allá de ella.
- Garantizar la protección completa de la línea en ausencia de teleprotección aunque ello implique un mayor tiempo de disparo o de una ligera pérdida de selectividad.

4.2 Protección Principal y de Respaldo Local

La protección principal de una línea es normalmente la protección distanciométrica. Solamente en el caso que ésta no resulte conveniente, (líneas muy cortas, compensación serie, etc.) se emplea otro tipo de protección.

El respaldo local de la protección distanciométrica contra fallas a tierra es la protección direccional de sobrecorriente de tierra, sin modo de "comparación direccional", salvo casos particulares que lo justifican.

En todos aquellos casos en que se usa una protección principal de zona, totalmente dependiente de la teleprotección, como es el caso de la protección diferencial longitudinal, se dispone como respaldo local de una protección distanciométrica, la que actúa también como respaldo remoto para fallas ubicadas en ó más allá de la barra de la estación opuesta.

4.3 Configuración de los Sistemas de Protecciones

En las líneas de transmisión de 500 kV se prevé una configuración redundante paralelo, formada por los llamados "Sistema 1" y "Sistema 2" de protecciones, con las funciones descritas en el punto anterior.

Para el caso de líneas de 132 kV se instala un único sistema. En líneas de 220 kV de acuerdo a su importancia puede existir un esquema duplicado de protecciones de línea.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 13 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

En sistemas no duplicados, la protección direccional de sobrecorriente de tierra que sirve de respaldo local contra fallas a tierra (mayor porcentaje de las fallas de línea), son una unidad independiente de la protección principal (protección de distancia).

La redundancia de los sistemas de protecciones implica que los dos sistemas se encuentran físicamente y eléctricamente segregados, o sea:

- Instalados en armarios diferenciados.
- Disponen de alimentación auxiliar independiente.
- La información es de campos duplicados, independientes y cableados con las tensiones de cada sistema.
- El disparo a los interruptores es realizado en forma duplicada e independiente.
- Se utilizan núcleos de TI y TV como circuitos independientes.
- La emisión de señales de bloqueo y arranque de protección de falla de interruptor, son diferenciadas.
- Se emplean canales de teleprotección y comunicaciones diferentes

4.4 Tecnología de las Protecciones

Existen sistemas de protecciones de tecnología estática instalados desde hace más de veinte años, con relés que incluyen circuitos de técnica analógica, donde las entradas de medición del relé, tales como corriente, tensión, ángulo de fase y potencia son cantidades analógicas. Ellas son usualmente comparadas individualmente o en forma combinada con un nivel de referencia "setting" y una decisión digital (si/no) que es dada como resultado de esa medición.

Las instalaciones existentes más modernas incluyen relés de protecciones con tecnología digital, donde las entradas de medición analógicas se convierten a señales digitales de cierto nivel y las salidas de decisión son así mismo digitales.

Las entradas de medición digitalizadas son procesadas por lógicas discretas o por microprocesadores.

En la actualidad las protecciones se integran en terminales de protección de control numérico basadas en tecnología de microprocesadores, donde las decisiones de actuación son dadas por software de cálculo en tiempo real, incluyendo algoritmos de medición de alta velocidad de operación.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 14 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

5 CRITERIOS DEL DISEÑO

5.1 Información a Transmitir por las Protecciones

Entre los sistemas de protecciones de extremos de una línea de alta tensión deberán intercambiarse dos clases de información.

- Información de variables de estado, que serán medidas permanentemente.
- Información de órdenes, enviadas en forma instantánea y únicas.

Dentro del primer grupo se encuentran las protecciones diferenciales, para lo cual es necesario que los equipos de ambos extremos de línea intercambien la información en forma permanente.

La toma de decisión de las protecciones dependerá de la diferencia detectada en cada extremo, lo que se asume como representación de falla.

En este caso basta con un vínculo de comunicaciones que permita el diálogo para lo cual puede utilizarse:

- Radioenlaces digitales punto a punto en SHF (típicamente información de protecciones intercambiada a 64 Kbps).
- Transmisión digital por fibra óptica (típicamente intercambiando a 64 Kbps).
- Onda portadora sobre la línea de alta tensión.
 - Analógicas (hasta 9600 Bd).
 - Digitales (hasta 64 Kbps).

En estos casos el contenido de información es mayor que cuando solamente se transmiten órdenes (que se verá en página próxima), por lo cual la calidad del canal de comunicaciones debe asegurar valores de $S/N \geq 20$ dB en condiciones adversas o tasas de error de $BER = 10^{-7}$, según se trate de canales analógicos o digitales, respectivamente.

En los vínculos de comunicación analógicos vía onda portadora, el ancho del canal deberá ser de 4 KHz enteramente dedicado, con lo cual poder utilizar velocidades de hasta 9600 Bd. Esto traerá aparejado un mayor valor de ruido con lo cual debe inspeccionarse cuidadosamente el valor de S/N consecuente.

En los vínculos de comunicaciones digitales se dispondrá de canales PCM normalizados según UIT-T en 64 Kbps o normalizados según EIA en 56Kbps.

Dentro del segundo grupo se encuentran la protección de distancia y la de tierra direccional, para lo cual es necesario el envío de órdenes únicas e instantáneas, de un extremo al otro de la línea.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 15 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

Estas órdenes pueden enviarse por la emisión de una frecuencia (tono) o por la combinación de varias frecuencias (tono codificado).

La elección de un tipo u otro dependerá de la seguridad con que se pretenda recibir la orden en el extremo opuesto y del tiempo de transmisión máximo permitido.

En este caso deberá utilizarse además del vínculo de comunicaciones, equipos de teleprotección que transmitan la orden de las protecciones y efectivicen en comando en el extremo opuesto.

El contenido de información es menor que en el primer grupo (analizado en la página anterior), por lo cual la calidad del canal de comunicaciones debe asegurar valores de $S/N \geq 15$ dB en condiciones adversas o tasas de error $BER = 10^{-6}$, según se trate de canales analógicos o digitales, respectivamente.

En los vínculos de comunicaciones analógicos vía onda portadora se utilizará sólo una porción del mismo para este fin, por lo cual el valor de ruido en el canal será menor y podrán obtenerse mejores valores de S/N. Como consecuencia la velocidad de transmisión será menor que en el primer grupo, debiendo verificarse que el tiempo de transmisión sea suficiente (ver punto 5.5).

En los vínculos de comunicaciones digitales se utilizarán equipos de teleprotección digitales independientes (a 64 Kbps por ejemplo) o placas integradas al propio equipo de comunicaciones.

5.2 Acción de Teleprotección

Como es conocido, la teleprotección selectiva tiene por objeto lograr el accionamiento sincronizado de las protecciones distanciométricas de ambos extremos de línea, para cualquier ubicación del cortocircuito en el 100% de la longitud total. Permite así la efectividad del recierre monofásico, en el tiempo muerto ajustado, ante fallas de tal tipo y de producción fugaz. En el caso de fallas para las que no se permita el recierre (polifásicas), la teleprotección asegura la actuación en el tiempo mínimo, en ambos extremos de la línea.

5.3 Esquemas de Protecciones-Teleprotección

Las modalidades de protección utilizando la acción de la teleprotección selectiva, más importantes, son:

5.3.1 Aceleración de estado

(Ver Figura 11.4/ CIGRE 34 y 35)

Se trata de la aceleración del tiempo de la zona 2 (u otra, de estar previsto en la protección) al valor de la primera zona (instantáneo), ante la recepción de una señal de teleprotección emitida por la protección distanciométrica del extremo opuesto. Esta última emitirá señal sólo si mide la impedancia de falla en el dominio de su primera zona y su actuación será independiente de la recepción de señal de teleprotección, ante esa situación. De esta forma se asegura la

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 16 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

actuación en tiempo mínimo de las protecciones de ambos extremos ante fallas en la línea protegida.

La señal de teleprotección es utilizada para incrementar la medición de la zona instantánea del otro extremo, cubriendo entre el 120% al 150% de la longitud de la línea (usualmente el mismo alcance que la 2^{da} zona).

Puede hacerse la siguiente comparación:

- Aceleración de 1ra zona: caso dado en sistemas de protecciones con una única unidad de medida con conmutación de zonas. El tiempo de limpieza de despeje de la falla para el extremo opuesto se verá incrementado aproximadamente entre 25 a 35 mseg. como consecuencia del tiempo de conmutación y medida.
- Aceleración de 2da zona: caso dado para sistemas de protecciones con una unidad de medida por cada zona. En este caso la señal recibida genera un by pass a la unidad temporizadora de la 2da zona. Este esquema de aceleración posee un tiempo de despeje de falla menor que el primero dado que no hay conmutación y la unidad de 2da zona ya se encontraba midiendo cuando recibe la señal desde el otro extremo.

El condicionamiento de medición de dirección y distancia a la falla, al recibir la señal de teleprotección, hace que este sistema se comporte con un amplio margen de seguridad.

Un caso particular consiste en analizar las consecuencias de una falla monofásica permanente (no extinguida durante el tiempo muerto de recierre) próxima a un extremo, ante un desajuste de los valores de los tiempos muertos de recierre entre extremos.

Producido desincronizadamente el recierre de ambos extremos, es posible la no existencia de la señal de teleprotección que acelera el estado de la protección que ordena el recierre en primer lugar, manteniéndose innecesariamente alimentada la falla desde ese extremo hasta que se produzca el recierre del otro extremo (con impedancia de medición en 1ra. zona) y la consiguiente emisión de señal de teleprotección.

Para evitar este acontecimiento es recomendable simular la recepción de una orden de teleprotección con la emisión de la orden de recierre. Ello permite que todo recierre produzca aceleración de estado, independientemente de la teleprotección, permitiendo así tiempos mínimos de despeje de falla.

La aceleración de estado, como modalidad de teleprotección, requiere entonces un ajuste de 1ra. zona menor o igual al 80% de la línea, para evitar sobrealcance ante un eventual error total de + 20%, con una 2da. zona de valor mayor o igual al 120% de la longitud de línea, para evitar un subalcance debido a un error de -20%, con el mismo criterio (incertidumbre admisible: ± 20%).

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 17 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

5.3.2 Sobrealcance autorizado (permissive overreaching)

(Ver Figura 11.5- CIGRE 34 y 35)

En la red de 500 kV esta modalidad responde a tres requerimientos diferentes:

- **Líneas cortas**, debido a la dificultad que ofrecen los rangos de ajustes de las protecciones. También podría obedecer a la necesidad de cubrir altas resistencias de fallas, con características no apropiadas para ello (p. ej.: del tipo “mho”).
- **Líneas con compensación serie**, en las que, como consecuencia de la existencia de capacitores serie, la zona de accionamiento instantáneo de la protección debería ser muy corta, dependiendo del nivel de compensación (80% de $XI - Xc$).
- **Líneas con eventual extremo de débil generación**, en las que, a partir de la utilización de la lógica “weak end infeed”, es requerido el cubrimiento seguro del 100% de la longitud de línea por la característica de accionamiento instantáneo de la protección del extremo de fuerte generación.

La modalidad que se describe requiere que, ante una falla en línea, la protección de cada extremo elabore su disparo por medición en zona de sobrealcance, sin hacerlo efectivo sobre los interruptores, emitiendo señal de autorización, por teleprotección al extremo opuesto. Así, la protección con su actuación ya decidida en tiempo instantáneo, operará su disparo al arribo de la recepción de señal de teleprotección, emitida por el otro extremo.

El alcance de la zona instantánea para cada extremo se ajusta entre el 120% y el 150% de la impedancia de la línea.

En caso de tratarse de una unidad por zona, se utiliza la 2da zona con este esquema. La falta de recepción de señal en un extremo, provoca la operación en 2da zona, perdiéndose la posibilidad del recierre. Se trata entonces de un esquema de funcionamiento muy dependiente de la disponibilidad de la teleprotección.

Es por ello recomendable recurrir a protecciones con una 1ra zona independiente no condicionada por la teleprotección, dotadas de un esquema de sobrealcance logrado con otra zona de la protección, no dependiendo el disparo de la protección en tiempo mínimo, para una falla dentro del 80% de línea, de la recepción de la señal de teleprotección.

Otro recurso válido, para subsanar la alta dependencia de la señal de teleprotección, es el cruce de las señales de teleprotección entre los sistemas 1 y 2, que brinda la redundancia, de modo que cualquier sistema que emita señal de teleprotección. Esta señal viajará por ambos sistemas, con recepción en las protecciones de los dos sistemas. Esta última opción requiere equipos de comunicación de elevada seguridad, que eviten la emisión espúrea, para fallas a espaldas.

En ciertos equipamientos, cuando la indisponibilidad de señal se debe a un problema de los equipos de teleprotección, su paso al estado de alarma, activa mediante una vinculación eléctrica, el cambio automático de modo de accionamiento de la protección a autoaceleración de estado, tal como se describió para la modalidad anterior.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 18 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

Los requerimientos de ajuste de la protección, para este modo de teleprotección, son similares al modo anterior, salvo en la aplicación “week end infeed”, donde además se requiere que el límite de la característica para la detección de fallas a espaldas de la protección, supere el alcance del “overreaching” del extremo opuesto.

Esta última particularidad es consecuencia del funcionamiento del “week end infeed”, donde la protección del extremo de débil generación, requiere para actuar en tiempo mínimo el cumplimiento de 3 condiciones: **no arranque de la protección “y” detección de mínima tensión en la fase en falla “y” recepción de la señal de autorización vía teleprotección.** De producirse una falla a espaldas de la protección, aún en el extremo de débil generación, ésta debe prohibir la actuación por “week end infeed” (falla fuera de la línea protegida), situación que se logra extendiendo el alcance de su arranque hacia atrás, más allá del alcance del “overreaching” del extremo opuesto.

El modo “permissive overreaching” de una protección distanciométrica requiere la disponibilidad de la función “eco” en la protección del extremo opuesto. Ello permite que una falta de excitación en este extremo, situación en la que se vería llamada a actuar la función “week end infeed”, o ante el estado operativo abierto del otro extremo, la señal de desbloqueo del disparo en “overreaching”, sea devuelta al extremo emisor, permitiendo su disparo en tiempo mínimo, en un 100% de la longitud de la línea. La devolución de la señal por “eco”, en general, no tiene retardo si se trata de un extremo abierto, en tanto que si la situación es extremo cerrado, con recepción de señal pero sin arranque, podrá existir un retardo, para evitar posibles inestabilidades en el arranque.

(Ref: Manual de Protecciones de Transener)

5.3.3 Comparativa de Características de la Teleprotección Selectiva

 Transener S.A. Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 19 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
	Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA	

Esquema permissive underreaching (PUS)	Esquema permissive overreaching (POS)
<ul style="list-style-type: none"> • La calibración de relés de protección abarcan 85% de la Línea. • Solamente el 70% de la Línea está protegida por los relés de ambos extremos. • Posee buena Confiabilidad de protección ante fallas dentro de la Línea • Posee buena selectividad en la protección. • En caso de enlaces vía OP, depende poco de él mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> • La calibración de relés de protección abarcan 130% de la Línea. • El 100% de la Línea está protegida por los relés de ambos extremos. • Posee gran Confiabilidad de protección ante fallas de toda la Línea. • Posee gran selectividad en la protección. • En caso de enlaces vía OP, depende grandemente del mismo.

5.3.4 Función de Teleprotección Selectiva y de Disparo Directo

Se debe realizar una distinción entre la transmisión de señales de teleprotección selectiva y la transmisión de señales de disparo directo.

En el caso de la protección selectiva de la línea, los elementos de la detección de fallas (relés de protección) ubicados en los extremos de la línea reciben conjuntamente, además de la información local, a través del equipo de teleprotección, información del extremo opuesto de la línea. El resultado de la medición local y la información del extremo distante, forman el criterio de desconexión de la línea.

Otro es el comportamiento para el disparo directo remoto, pues en este caso no hay información local disponible. En este caso se torna muy importante la transmisión de la señal de teleprotección, ya que desconexiones erróneas causarían indisponibilidades importantes en el sistema de transmisión, además que, si no se realiza una transmisión inmediata pueden ocasionarse serios daños al sistema.

5.3.5 Teleprotección Selectiva

La teleprotección selectiva a implementar en la red de 500 kV, debe asegurar el accionamiento sincronizado de las protecciones distanciométricas de ambos extremos de línea para el despeje de fallas, en tiempo mínimo, en cualquier ubicación de la línea.

En el caso de fallas monofásicas, debe permitir la efectividad del recierre monofásico, en el tiempo muerto ajustado.

En general las modalidades de teleprotección selectiva adoptadas en el sistema de transmisión de 500 kV son la de aceleración de estado y el sobrealcance autorizado (ya analizadas en el punto 5.3.1 y 5.3.2).

 Transener S.A.	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 20 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

5.3.6 Transferencia de Disparo Directo

a. Descripción de la Función

La Transferencia de Disparo Directo (TDD) a implementar en la red de 500 kV, será del tipo tripolar y utilizará el mismo equipo de comunicaciones dedicado a la teleprotección, con la diferencia que no intervendrá la protección distanciométrica, especialmente si la lógica de emisión no está integrada a la protección.

Las funciones de protección que hagan necesario interrumpir el aporte del extremo remoto (falla de reactores rígidos a la línea, acciones de disparo decididas por la PFI) y necesidades operativas (que hagan no admisible mantener la línea energizada desde un extremo) deben generar una señal TDD hacia el otro extremo.

Debido a ello en la mayoría de los casos, cualquier apertura trifásica (por protecciones o por mando manual) originada en un extremo, generará una señal TDD hacia el otro extremo.

b. Integración de la Función

Dado que este interdisparo directo resulta comprometido en su seguridad, pues no es acompañado de verificaciones locales y fundamentalmente a su susceptibilidad a interferencias en la comunicación o a situaciones generadas en las EETT, tiene un alto riesgo de accionamientos erróneos o intempestivos, lo que exige una elevada seguridad. Se exige también una elevada dependencia. El tiempo de transmisión no es tan crítico.

Por ello, en el nivel de 500 kV se prefiere una configuración de TDD basada en la utilización de 4 canales de comunicación, conformando 2 vías de interdisparos (Sistemas 1 y 2), de 2 canales en serie cada una.

5.3.7 Requerimientos Funcionales

a. Emisión por protecciones

Cualquier orden de disparo de las protecciones que ocasionen la apertura trifásica definitiva de la línea deberá emitirse al extremo opuesto sin esperar la confirmación de la apertura en el propio extremo.

Esto comprende a las órdenes de disparo generadas por la lógica de la PFI, a las originadas por las protecciones de reactores conectados directamente a la línea, etc.

b. Emisión por apertura manual

Cuando se origine una orden de apertura manual del o los interruptores de línea, deberá abrir el extremo opuesto.

La orden de naturaleza impulsiva (no permanente) se emitirá previa confirmación del extremo de línea abierta (posición de los aparatos de maniobra).

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 21 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

c. Condicionante por línea en servicio

Las señales de emisión generadas por las protecciones o por una apertura voluntaria estarán condicionadas a que la línea se encuentre en servicio. Tal condición se tomará del o de los seccionadores de línea y se intercalará en el circuito de emisión para bloquear la misma cuando la línea esté desconectada de la estación.

d. Recepción de TDD

La recepción de TDD debe poseer alto grado de confiabilidad, ya que la señal de recepción puede ocasionar al disparo de los interruptores sin otra condición adicional. Por lo tanto, se tomarán las medidas necesarias en los equipos de teleprotección y en el enlace en general para garantizar un grado de seguridad adecuado, utilizando técnicas de procesamiento digital de señales (DSP) tanto en la generación de señales, como en los filtrados y en la evaluación que efectúa el receptor al recibir la TDD.

Se incorporará de ser necesario algún grado de redundancia serie (o serie paralelo) para aumentar la seguridad de la TDD.

(Ref: CIGRE SC 34 y 35, WG 05)

5.4 Tiempo de despeje de fallas

Dependiendo del esquema de medición que posea el sistema de protecciones y de la posición de falla, y teniendo en cuenta que no depende solamente de la protección, el tiempo de extinción de la falla (TC) podrá ser compatible o no con el tiempo de estabilidad del sistema eléctrico, analizado en el punto 3 de esta Guía.

El TC es el tiempo medido desde el instante de iniciación de falla hasta su despeje por el interruptor correspondiente (extinción del arco). Está constituido por el tiempo de medición y disparo de las protecciones, el tiempo de transmisión de la teleprotección y el tiempo de actuación del interruptor.

Los tiempos involucrados son:

a. Tiempo de operación de la teleprotección (TA)

Consistente en el retardo debido al transmisor y receptor de teleprotección, e incluye el tiempo de propagación del sistema de comunicaciones.

b. Tiempo de protección (Tp)

Consistente en el tiempo de operación de la protección y la teleprotección, sin tener en cuenta el tiempo de propagación del enlace de comunicaciones.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 22 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

c. Tiempo de teleprotección (To)

Consistente en el tiempo de operación de teleprotección deducido el retardo debido a la propagación del enlace de comunicaciones.

d. Tiempo de operación de la protección (TB)

Consistente en el tiempo que media desde la inyección de la falla hasta la operación del contacto de salida de disparo del equipo de protección.

e. Tiempo de despeje de la falla (TEF)

Consistente en el tiempo que media desde producida la falla hasta la apertura del interruptor incluida la extinción del arco (desconexión completa de la línea).

(Ref: IEC 60834-1)

5.5 Tiempo de Teleprotección

El tiempo de transmisión nominal de la teleprotección analógica surge de las condiciones de estabilidad del sistema eléctrico y de las características del funcionamiento de las protecciones, como se ha descrito anteriormente.

Típicamente deberán considerarse los tiempos acorde al Draft IEC 60834-1/96:

Tipo de protección	Tac] max (mseg)	S/N (dB)	Puc	Pmc
Permissive underreach	20	WC	$<10^{-4}$	$<10^{-3}$
Permissive overreach	20	WC	$<10^{-3}$	$<10^{-3}$
Direct transfer trip	40	WC	$<10^{-6}$	$<10^{-3}$

Para la teleprotección digital, los tiempos deberán ser:

Tipo de protección	Tac] max (mseg)	BER	Puc	Pmc
Permissive underreach	10	$<10^{-6}$	$<10^{-7}$	$<10^{-3}$
Permissive overreach	10	$<10^{-6}$	$<10^{-7}$	$<10^{-3}$
Direct transfer trip	10	$<10^{-6}$	$<10^{-8}$	$<10^{-3}$

Debe verificarse que los tiempos demasiado cortos no impidan la acción de los recierres.

(Ref: IEC 834-1, Draft de IEC 60834-1/1996)

 Transener S.A.	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 23 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

5.6 Dependibilidad y Seguridad

5.6.1 Teleprotección Analógica

El ruido puede perturbar la teleprotección analógica, en al menos tres maneras:

- Distorsionando la información recibida en el receptor.
- Retardando la llegada de una orden.
- Impidiendo un comando.

Si bien se ha mencionado el tiempo de operación nominal T_o , las normas aceptan que una orden será válida si no llega después de cierto tiempo T_{max} aceptable.

En forma homóloga, también la orden debe durar un tiempo mínimo T_{min} para que sea reconocida como tal.

El tiempo de transmisión depende de los filtros del equipo de teleprotección, por lo cual, cuanto más estrechos sean esos filtros (ancho de banda angosto), menor ruido se introducirá al equipo, pero será necesario mayor tiempo de transmisión.

Los dos parámetros indicativos de la calidad del sistema de teleprotección son:

- Seguridad (**1-Puc**).
- Dependibilidad (**1-Pmc**).

La **Seguridad** representa la probabilidad de recepción de órdenes no deseadas.

La **Dependibilidad** representa la probabilidad de pérdida de comando emitidos.

Como criterio en el diseño debe utilizarse:

- Cuando los tiempos de transmisión puedan ser grandes (porque el sistema eléctrico y sus protecciones lo permitan), es posible lograr ambas condiciones (Puc y Pmc) buenas simultáneamente.
- Cuando los tiempos de transmisión requeridos deban ser pequeños, no es posible lograr simultáneamente buenos Puc y Pmc. En este caso deberá analizarse el funcionamiento del sistema eléctrico para decidir si debe priorizarse falsas (erróneas) salidas de servicio de la línea o asumir los riesgos de que la línea no sea desconectada ante una falla real.

Los valores mínimos de Puc y Pmc deberán indicarse para cada tipo de orden (y no en forma general).

El tipo de ruido que incide en la pérdida de comandos es el ruido blanco y el tipo de ruido que incide en la probabilidad de disparos no deseados es el ruido impulsivo y/o ráfagas del mismo. En las Figuras 9 y 14 de IEC 60834-1 se indican los valores de probabilidades en función de S/N, y tiempos de transmisión.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 24 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

(Ref: IEC 60834-1)

5.6.2 Teleprotección Digital

A diferencia del equipo de teleprotección analógico, donde el ruido presente en el canal perturba al Sistema, el canal digital posee una alta inmunidad a tales perturbaciones. En el canal digital serán los bits erróneos los que producirán comandos no deseados o los que retardaran la recepción de una orden, al extremo de no recibirla.

En la norma IEC 60834-1 se usan ráfagas de ruido para la evaluación de la dependibilidad y seguridad del equipo analógico. Lo equivalente en el canal digital son ráfagas de errores. Pero como esta situación aun no se encuentra definida en la norma IEC, se recomienda por el momento, solicitar a los fabricantes el modelo matemático que demuestre el comportamiento de los equipos frente a estos efectos.

La **Dependibilidad** es la probabilidad de pérdida de comando emitidos. Los bits erróneos pueden perturbar el sistema de teleprotección, demorando la llegada de una orden al extremo receptor, pues los mensajes recibidos con errores son rechazados. Además, puede existir la pérdida de sincronismo y también es motivo de pérdida de ordenes.

En la Figura 22 de la IEC 60834-1, se muestran valores de P_{mc} en función de la tasa de error BER y de los tiempos de transmisión T_{ac} . Si es posible aceptar tiempos de transmisión mayores, a igual tasa de error, evidentemente se lograrán bajos valores de P_{mc} .

La **Seguridad** es la probabilidad de recepción de disparos no-deseados. En general esta depende del protocolo utilizado y del modo de operación del equipo de teleprotección.

En la Figura 23 de la IEC 60834-1, se muestran valores de P_{uc} para diferentes tasas de error BER, para el caso de un protocolo con trama de 80 bits y 16 bits de control.

En la Figura 21 de la IEC 60834-1, se listan valores orientativos de P_{mc} y P_{uc} para diferentes esquemas de protecciones.

Se recomienda que los valores de P_{mc} y P_{uc} sean indicados para cada tipo de orden separadamente (y no en forma general).

(Ref: IEC 60834-1)

 Transener S.A.	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 25 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

6 MODOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA TELEPROTECCION

6.1 Analógica

6.1.1 Operación

En la operación en estado estacionario, sin órdenes de disparo de la protección, se producirá la transmisión de una frecuencia de guardia que es conveniente sea coincidente con la de señalización del equipo de OP, de forma de aprovechar al máximo el ancho de banda de 4 kHz para transmitir el resto de la información.

Al producirse una orden proveniente de las protecciones, se deberá interrumpir la señal de guardia y se generará la frecuencia de disparo.

La ubicación de esta señal (una o varias) se superpondrá a la señal vocal (uso alternativo) en alguna de esta dos posibilidades:

- en la porción vocal de 0,3 a 2 kHz (o 2,4 kHz),
- en todo el canal de 0,3 a 3,4 kHz,

según se trate de un canal de banda partida o de un canal enteramente dedicado a telefonía.

6.1.2 Evaluación y Procesamiento de Señales

Debe requerirse que todo el procesamiento y análisis de:

- emisión de señales en si mismas,
- filtrado y depuración de órdenes,
- evaluación de la información recibida,
- valores elevados de ruido en el canal,
- otros.

sea realizado en forma digital a través de un procesador, mediante la técnica DSP (procesamiento digital de señales).

Dentro de sus funciones debe incluirse la realización de un lazo de prueba automático, que en forma periódica verifique el enlace de teleprotección.

Este lazo de prueba debe fundamentalmente contar con dos requisitos:

- No poder impartir disparos bajo ninguna condición.
- Poder efectuar la verificación sin sacar de servicio el enlace de teleprotección

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 26 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

- Realizarse periódicamente sin instrucción manual.

Adicionalmente deben requerirse un mínimo de características a los equipos de teleprotección, de forma de minimizar errores:

- f. En caso de existir fallas en módulos del equipo, no deben generarse malfunciones.
- g. La extracción y/o re-inserción de cualquier módulo, no debe producir disparos falsos.
- h. Eventuales microcortes (flickering) de la alimentación, no deben producir disparos falsos.

6.2 Digital

6.2.1 Operación

El envío de órdenes en la teleprotección digital debe realizarse mediante una transmisión full duplex a través de un canal PCM del multiplexador digital, con interfaz G.703 o, en ciertos casos, cuando se trate de sistemas ópticos a través de fibras ópticas dedicadas. Este canal del Mux deberá ser dedicado para cada equipo de teleprotección.

Una alternativa del caso óptico y con el fin de evitar los riesgos de la multiplexación, se puede utilizar fibras ópticas dedicadas exclusivamente a la teleprotección e independientes del resto de información.

Durante el estado de reposo, el equipo de teleprotección digital enviará una trama determinada que será cambiada cuando exista un disparo/orden de protecciones. La estructura de esta trama deberá estar conformada por una cantidad de bytes que mínimamente dispongan:

- Sincronismo.
- Identificación del emisor específico de la orden, y del destinatario.
- Información de la teleprotección en sí misma.
- Código de detección de errores.
- Indicación de inicio y finalización del mensaje.

6.2.2 Interfaces

Deben especificarse las interfaces a disponer por el equipo de teleprotección:

- Interfaz lado protecciones, (conteniendo los circuitos de entrada y salida de órdenes).
- Interfaz de línea G.703, (para vinculación al Mux/demux del sistema de comunicaciones).
- Interfaz de fibra óptica, (en el caso de utilizar fibras dedicadas).

Es recomendable solicitar ambas interfaces para comunicaciones, dado que de esa forma es posible duplicar los caminos de envío de las órdenes con un mismo equipo de teleprotección.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 27 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

La teleprotección digital puede utilizar medios de comunicaciones vía radioenlace SHF y transmisión digital por FO.

No es posible utilizar teleprotección digital vía onda portadora que agrega multiplexación con modulación QAM, por el retardo introducido, que se verá en el punto 8.2.2.

En estos casos debe utilizarse teleprotección analógica por puerto independiente (directamente al bus de sistema y/o la etapa de conversión de frecuencia).

6.2.3 Evaluación y Procesamiento de Señales

Debe requerirse que todo el tratamiento de las señales sea realizado en forma digital a través de un procesador, mediante la técnica DSP (procesamiento digital de señales).

El DSP verificará primeramente si la trama es válida, y luego descifrará el contenido de la información:

- Estado de reposo.
- Orden de disparo.
- Número de salida específica.
- Etc.

Un punto importante es la re-sincronización del equipo después de una interrupción del vínculo de enlace, por lo que deben especificarse valores compatibles con los cortos tiempos de transmisión (por ej. sincronización en orden de 100 useg).

La programación y configuración del terminal de teleprotección debe poder efectuarse mediante un software adecuado desde una PC conectada al DSP.

Otra de las funciones que le competen al DSP es la de incluir la facilidad de un lazo de prueba automático que en forma periódica verifique el enlace de teleprotección.

Iguals comentarios que en 6.1.2 valen aquí.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 28 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

7 CONFIABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE TELEPROTECCION Y DE COMUNICACIONES

7.1 Introducción

Para aumentar la confiabilidad del sistema de protección de las líneas, es típico duplicar las protecciones (S1; S2), como se analizó en el punto 4.3, como manera tendiente a prevenir eventuales fallas.

Deben diferenciarse las condiciones de ocurrencia de órdenes siguientes:

Extremo emisor	Extremo receptor	Consecuencia
Se genera una orden	Se recibe y acepta la orden	Acción ejecutada
Se genera una orden	No se recibe el comando	Acción perdida (Puc) *
No se genera una orden	Se recibe un comando y se lo acepta	Acción no deseada (Puc)
No se genera una orden	No se recibe una orden	No existe acción

En el caso de Puc (ver *), puede minimizarse la situación mediante la utilización de funciones de desbloqueo transitorio (unblocking).

7.2 Redundancia y Multiplicidad

En general los módulos de equipos se fabrican con un dado valor de confiabilidad (MTBF y/o lambda), que no es posible de mejorar (salvo los casos de provisión bajo normas MIL para instalación de reactores nucleares y sistemas misilísticos).

La forma de aumentar la confiabilidad es entonces utilizar uno o más módulos de igual función en configuración de redundancia.

En el caso de aplicar este concepto a la teleprotección, cada sistema podría ordenar un disparo, por lo cual si bien se reducirá el Pmc, también se incrementará la probabilidad de disparos intempestivos (Puc).

Esta situación es aún más importante de analizar cuidadosamente en caso de disponerse de multiplicidad de módulos para cumplir igual función.

La forma de analizar los sistemas múltiples es con el conocido diagrama triangular de BUZACOTT, donde el factor (n/m) puede guiar en el proceso de elección del Sistema.

 Transener S.A.	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 29 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

Siendo:

- m número total de elementos iguales
- n número mínimo de elementos simultáneos que deben indicar acción de las protecciones, para ser considerada válida

En la Figura 12 se muestra el Diagrama y de su inspección se extrae cómo, a partir de un esquema simple (1/1) sin redundancia, poder avanzar en el escalamiento del Puc o Pmc de forma de elegir la multiplicidad más conveniente a igual costo, y como transitar a otras multiplicidades reduciendo grados de costo.

7.3 Transmisión por Multicaminos

El método para aumentar la confiabilidad de las señales de teleprotección, consiste en enviarlas por más de un camino (enlace de comunicaciones) siempre y cuando estos caminos sean independientes y diferentes, de forma que la degradación de señales de teleprotección no pueda ocurrir en ambos caminos por efecto del mismo fenómeno perjudicial, como es el caso de:

- atenuación del enlace (igual medio),
- interferencias (igual sistema),
- daño físico (proximidad),
- etc.

situación ésta solamente posible de obviar, cuando cada enlace discurra por diferentes caminos.

De no tenerse en cuenta estos criterios, se corre el riesgo de que, aún aumentando los caminos, en realidad también ha aumentado el Puc y puede terminar perjudicando al sistema que se pretende proteger.

Por otro lado, se recomienda que, siempre que se requiera una confiabilidad muy alta, si bien es necesario utilizar dos o más medios de comunicación independientes y separados, además incorporar redundancia en el sistema de teleprotección.

(Ref: CIGRE WG 34 y 35, SC 4 y 14)

7.4 Formas Anexas e Incremento de Confiabilidad

Se recomienda incrementar la Confiabilidad de los equipos y sistemas, también teniendo en cuenta los criterios que siguen:

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 30 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

a. Monitoreo y supervisión

Es fundamental realizar la supervisión remota permanente de los parámetros del equipamiento y estado del enlace, de manera de ir prediciendo las degradaciones que sobrevendrán (tanto del equipo como del Sistema) a través de la lectura de la variación de sus índices.

Esta acción es fácilmente lograda con la tecnología actual de equipos, que poseen un bus de sistema, donde acceder vía puerto RS232C y conectarlo con el Centro de Mantenimiento del Area.

b. Mantenimiento preventivo

Un punto importante a considerar en la confiabilidad de los equipos, es la inspección del comportamiento de su tasa de fallas.

Como es conocido, una vez instalado el equipamiento, iniciará un desempeño con una alta tasa de fallas que disminuirá rápidamente.

En funcionamiento normal, el equipamiento poseerá una tasa de fallas aproximadamente constante y de bajo índice.

En la etapa de obsolescencia, debería preverse el reemplazo o mantenimiento preventivo, y este es el punto a analizar cuidadosamente, con las ventajas que ofrece de la telesupervisión (punto a) visto anteriormente).

Es fundamental decidir con que frecuencia se efectuará un mantenimiento preventivo, con reemplazo de módulos y/o upgraded-modules. En ese caso se re-iniciaría una nueva curva de tasa de fallas.

En cambio si de la inspección de los datos telesupervisados se toma la decisión del mantenimiento preventivo, la decisión tomada será correcta y aumentará la confiabilidad.

c. Márgenes de enlace

Para lograr una alta confiabilidad es conveniente que sean monitoreados no sólo los parámetros de equipos, sino también los márgenes que posee cada enlace, admisibles para el sistema, cuando se encuentre en operación.

Estos márgenes estarán influidos por situaciones como:

- Ruido corona alto (en OP).
- Reflexiones/caminos múltiples (RE).
- Microcurvaturas/flexiones (FO).
- Degradación de los elementos (todos).
- Etc.

 Transener S.A.	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 31 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

Por lo que, se recomienda tener bajo control los márgenes de enlace, en forma permanente, para aumentar confiabilidad.

d. Rutina de pruebas del equipo

Es sumamente importante la utilización de lazos de prueba automáticos en los equipos de teleprotección, por lo que los equipos deben requerirse que lo posean.

La rutina se corre sin riesgos de disparos intempestivos, debido a que no se habilitan las salidas de disparo. Paralelamente, cuenta con la facilidad que en caso de presencia de una orden, se debe interrumpir la secuencia de prueba.

e. Circuito de evaluación de ruido

Otra función con que debe contar el equipamiento de teleprotección, es el circuito de evaluación del nivel de ruido recibido en el receptor y/o de los valores de relación señal a ruido que se dispone en el canal y/o de la tasa de error BER.

Esta función es importante para permitir al receptor evaluar la calidad de señal recibida, y sacrificando el tiempo de transmisión (extendiéndolo) podrá asegurar más precisamente si la información recibida es verdadera.

En la Figura 15 se muestra en forma orientativa cómo varía el Puc, disponiendo de mayores tiempos de evaluación.

 Transener S.A.	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 32 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

8 MEDIOS DE COMUNICACION

8.1 Esquemas Posibles

Las funciones de teleprotección y/o las propias funciones de protección, deben transmitirse mediante alguno de los esquemas siguientes:

- Un sistema de comunicaciones único, con envío de información de teleprotección y/o protecciones por un solo canal.
- Apto para sistemas eléctricos de 132 kV.
- Un sistema de comunicaciones único, con envío de información de teleprotección y/o protecciones por dos o más canales.
- Apto para Sistemas Eléctricos de 220 y 330 kV.
- Doble sistema de comunicaciones, con envío de información de teleprotección y/o protecciones por diferentes canales.
- Apto para Sistemas Eléctricos de 220 y 330 kV.

8.2 Tipos de enlace

Los enlaces disponibles para uso confiable por parte de las señales de teleprotección, como ya se anticipó en el punto 5.1 de esta Guía, son:

- Radioenlace digital en SHF.
- Onda portadora sobre LAT.
- Transmisión digital por FO.
 - punto a punto.
 - en red SDH (en anillo; doble acceso).

8.2.1 Radioenlace de microondas (SHF)

Es importante analizar y prever correctamente la confiabilidad del enlace, de manera de asegurar la cifra de Indisponibilidad (\overline{Ai}) que surja del comportamiento del sistema, frente a:

- fallas propias del equipo (hard y soft),
- fading por propagación y/o reflexiones y/o caminos múltiples, etc.,

calculando su desempeño por el efecto simultáneo de los dos factores.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 33 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

Dado el grado actual de tecnología y los métodos de fabricación, es más importante analizar la constancia del medio de propagación de la señal de SHF, que el grado de probabilidad de falla de los equipos (MTBF y/o λ)

Para las frecuencias de SHF, el efecto de las reflexiones puede llevar a microcortes intempestivos en la transmisión de la señal por la llegada al receptor, de la señal emitida a través de diferentes caminos y en contrafase.

Debe tenerse en cuenta este fenómeno especialmente sobre espejos de agua (caso de los embalses de centrales hidráulicas).

Otra causa común es la debida a desviaciones de la señal transmitida por efecto de difracciones en el aire, cuando existen capas de distintas temperaturas.

Se recomienda que los valores de Indisponibilidad en cada tramo de enlace, no sean inferiores a:

$\overline{A_i}$	99,99%
$\overline{A_i}$	0,01% del tiempo

e indicar la tasa de error BER aplicable (10^{-3} ; 10^{-6}).

El objetivo de enlace debe asegurar un despejamiento mínimo de:

C/Rf	60%; para K = 4/3
C/Rf	45%; para K = 1

y realizar los cálculos que lo justifiquen plenamente.

Donde:

- C: Confiabilidad del radioenlace
- Rf: Radio de Fresnel
- K: Coeficiente que contempla la curvatura terrestre

Este cálculo, como se mencionó anteriormente, debería considerar el efecto simultáneo de Indisponibilidades:

$\overline{A_i}$	por MTBF y MTTR del equipo,
$\overline{A_i}$	por obstrucción y/o reflexiones.

La combinación de ambos permitirá conocer la $\overline{A_i}$ real, por la acción simultánea de ambos efectos.

Es recomendable diseñar los sistemas de SHF, tal que aseguren un margen de fading de no menos de 30 dB (y preferentemente 35 dB).

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 34 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

De ese cuadro puede apreciarse la forma de aumentar cifras de Indisponibilidad a través de utilizar configuraciones redundantes (1+1), diversidad de frecuencia, diversidad de espacio.

En estos casos es fundamental para la confiabilidad requerir que la conmutación sea libre de errores (hitless switching), de manera de no impedir una orden de teleprotección enviada y/o no causar una orden falsa al conmutar.

Otro criterio importante en el diseño, es la verificación de que no existan perturbaciones motivadas por ruido y/u otras frecuencias interferentes captadas por antenas (enlaces de SHF próximos; reflexiones de otros enlaces).

Todo lo mencionado incrementa sustancialmente la disponibilidad del enlace, por lo cual, cuanto menos segundos se encuentre fuera de servicio en el año, tanto menos será la probabilidad de perder un disparo de teleprotección.

La situación de Confiabilidad del enlace de SHF para la función de teleprotección, es diferente que con respecto a la función de telecontrol, presentando dos aspectos:

- **Ventaja:** para la función de teleprotección el enlace de SHF es punto a punto, por lo cual la $\overline{A_i}$ calculada para el enlace no se degradará por una cascada de enlaces hasta el Centro de Control (como es en el caso de telecontrol).
- **Desventaja:** el disparo de teleprotección es único y no repetible, a diferencia de la transmisión de datos de telecontrol, cuya RTU puede ser interrogada nuevamente, en caso de corte del enlace de SHF.

8.2.2 Sistema de Onda Portadora sobre LAT

La utilización de sistemas de onda portadora es común para transmitir las señales de teleprotección, con alto grado de confiabilidad.

Las características de su diseño han sido descritas en extenso en la Guía de Diseño de Sistemas de Comunicación por Onda Portadora, por lo cual no será tratado aquí.

Más allá de ello, en los puntos 5.1 y 6.1 de esta Guía, se han mencionado características que importa tener en cuenta y sirven a los fines específicos de la teleprotección.

Como ya se ha mencionado en el punto 6.2.2, las funciones de teleprotección y/o protecciones accederán en forma directa al bus del sistema, dado que la modulación QAM introduce retardos del orden de 15 a 20 mseg.

Aquí deberá analizarse cuidadosamente la capacidad de y transmisión del conjunto. para obtener una razonable distribución de velocidades.

8.2.3 Sistema de Transmisión Digital por Fibra Optica

La utilización de estos sistemas es cada vez más conveniente para transmisión de las señales de teleprotección, especialmente debido a :

 Transener S.A.	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 35 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
Gerencia Técnica GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

- La alta velocidad del medio de transmisión.
- La alta inmunidad frente a interferencias.

Sistemas de Comunicaciones por FO, por lo cual no será tratado aquí.

Más allá de ello, en los puntos 5.1 y 6.2 de esta Guía, se han mencionado características que importa tener en cuenta y sirven a los fines específicos de la Teleprotección.

8.3 Vinculación Teleprotección-Comunicaciones

Dependiendo del sistema de protecciones a utilizar, es posible implementar su vinculación con el extremo remoto, mediante algunas de estas modalidades.

- a.- Sistema de protección digital, sobre un medio de comunicación digital.
- b.- Vinculación directa, a través de interfaz G.703, en velocidades 64 Kbps (o equivalente).
- c.- Sistema de protección analógica, sobre un medio de comunicación digital.
- d.- Vinculación a través de un equipo de teleprotección digital, acometiendo a una interfaz G.703, en velocidades de 64 Kbps (o equivalente).
- e.- Sistema de protección analógica, sobre un medio de comunicación analógico.
- f.- Vinculación a través de un equipo de teleprotección con técnica de FSK, acometiendo a la entrada a 4 hilos del equipo de comunicaciones.
- g.- Sistema de protección digital o analógica, sobre onda portadora digitalizada.
- h.- Vinculación a través de una interfaz adecuada al bus del sistema, sin pasar por el multiplexador rápido (utilizado para voz comprimida y datos).

8.4 Tiempos de Transmisión de Enlaces

Referirse al punto 2.8 de la Guía de Diseño de Protecciones.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 36 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

9 SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares deberán seguir los lineamientos de la Guía de Diseño del Sistema de Servicios Auxiliares, y corresponde a una utilización común con el resto de equipos de comunicaciones de la ET.

En general la alimentación será en 48 Vcc con polo positivo a tierra y un banco de baterías que asegure 5 horas de autonomía.

En caso de que el equipamiento de teleprotección forme parte de un equipo de comunicaciones, como:

- módulo en equipo de onda portadora,
- módulo en multiplexador de fibra óptica, puede alimentarse del propio equipo de comunicaciones, en el entendimiento que si falla el feeder de comunicaciones tampoco existirá transmisión de información al extremo remoto.

 Transener S.A. Gerencia Técnica	Título: GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE TELEPROTECCIÓN	Página 37 de 47
	Fecha de Entrada en Vigencia:	
Revisión: VERSION 1 - DEFINITIVA		
GUÍAS DE DISEÑO Y NORMAS PARA ESTACIONES TRANSFORMADORAS		

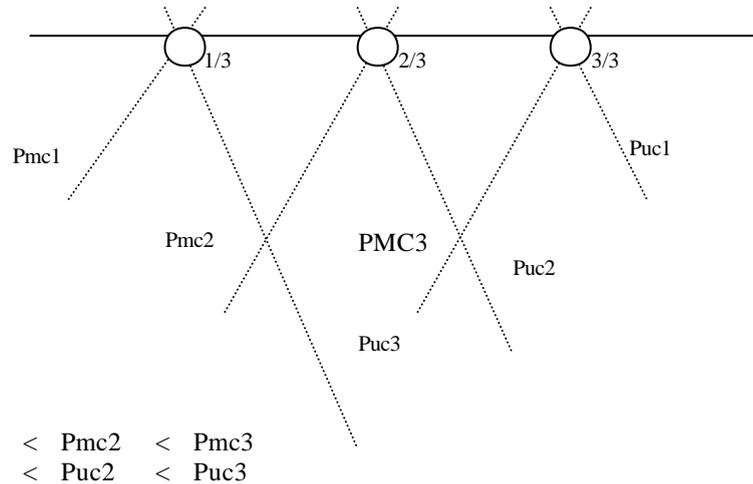
**SISTEMA DE TRANSPORTE DE ENERGIA ELECTRICA
EN ALTA TENSION**

**GUIA DE DISEÑO Y NORMAS DEL SISTEMA DE
TELEPROTECCIÓN**

ANEXO

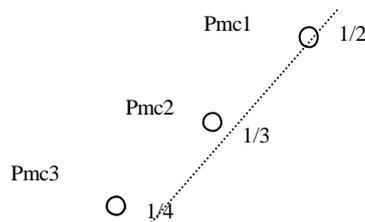
ANEXO 1

- Cada vértice representa un sistema (n/m)
- 1/1 representa un sistema simple sin redundancia (y posee el costo menor).
- Desplazándonos sobre las líneas horizontales nos mantendremos en un sistema de igual complejidad (m).
- Cada vértice (sobre una misma línea horizontal) incrementa la cantidad de unidades necesarias para efectuar un disparo (de izquierda hacia derecha).



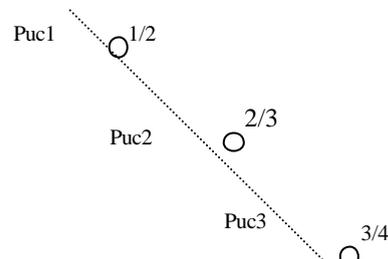
Para iguales valores de n, la probabilidad de perder un comando decrece a medida que m aumenta.

$$Pmc3 < Pmc2 < Pmc1$$



Para iguales valores de n, la probabilidad de disparos intempestivos decrece a medida que m aumenta.

$$Puc3 < Puc2 < Puc1$$



El costo de provisión y mantenimiento de las protecciones aumenta en forma proporcional a medida que m aumenta.

Figura 4
Características de los Recierres

RECIERRE MONOFASICO	RECIERRE TRIFASICO
<ul style="list-style-type: none"> • La apertura de una fase no incide grandemente en el transporte de energía. • Posee un mecanismo de operación complejo, debiendo contar con relé de detección de fase a tierra y además cada fase del interruptor deberá disponer de elementos individuales para operar sólo la fase en falla. • Durante el recierre no será necesario que las barras de ambas EETT extremas queden unidas a otra terna, pues las restantes dos fases mantienen el sincronismo. • Es útil para Líneas simples y sistemas mallados. • No es necesario verificar sincronismos. 	<ul style="list-style-type: none"> • La apertura de las tres fases interrumpe el flujo de energía. • Posee un mecanismo de operación simple. • Durante el recierre es necesario que las barras de ambas EETT extremas queden unidas a otra terna, para no perder sincronismo. • Es útil para sistemas mallados. <p>Es necesario disponer de un relé de verificación de sincronismo.</p>

Figura 15
Influencia del Tiempo de Evaluación de la Señal

Tiempo de transmisión (To) (mseg)	Puc (IEC 60834-1)	
	Grado 1	Grado 2
10	< 10⁻⁴	10⁻⁶
19	< 10⁻⁹	10⁻¹⁵
26	< 10⁻¹²	10⁻²⁰

Tiempo de transmisión (To) (mseg)	S/N necesaria para Pma < 10 ⁻² (dB)	
	Grado 1	Grado 2
10	< 10⁻⁴	10⁻⁶
19	< 10⁻⁹	10⁻¹⁵
26	< 10⁻¹²	10⁻²⁰

ANEXO 2

Figura 1

Espectro de Respuesta Requerido (RRS)

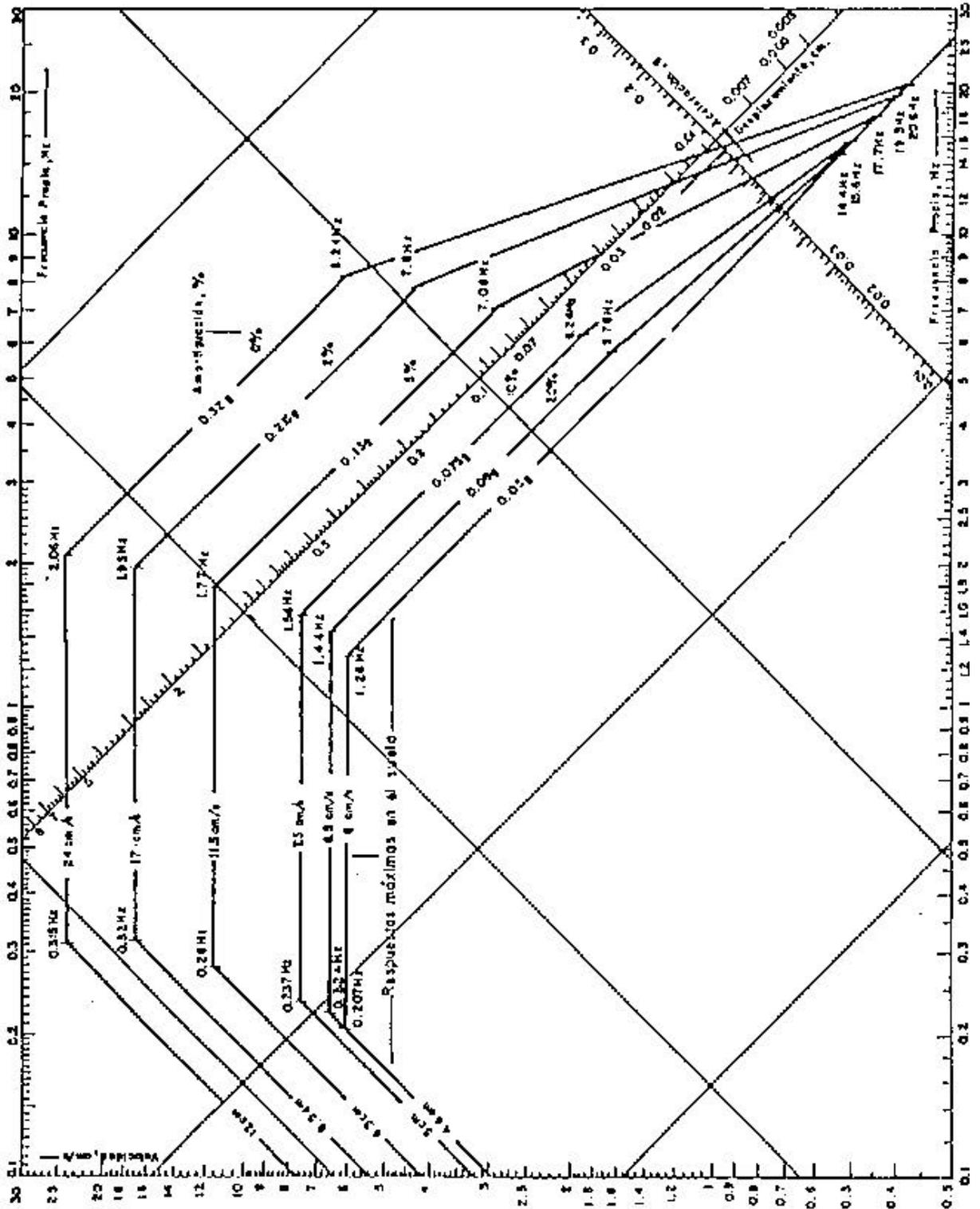
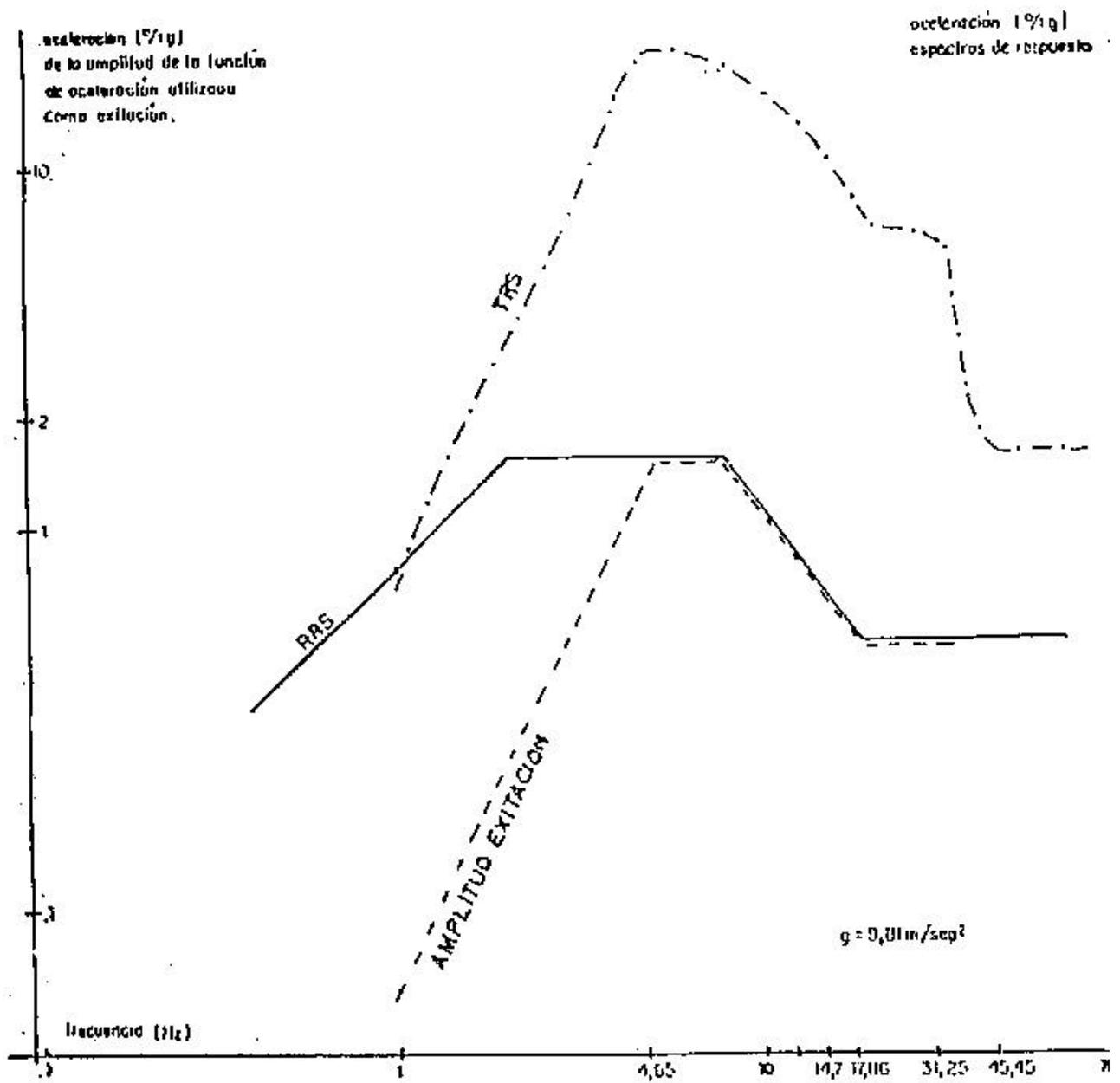


Figura 2

Excitación Sísmica y Espectro de Respuesta a Excitación Determinada (TRS)



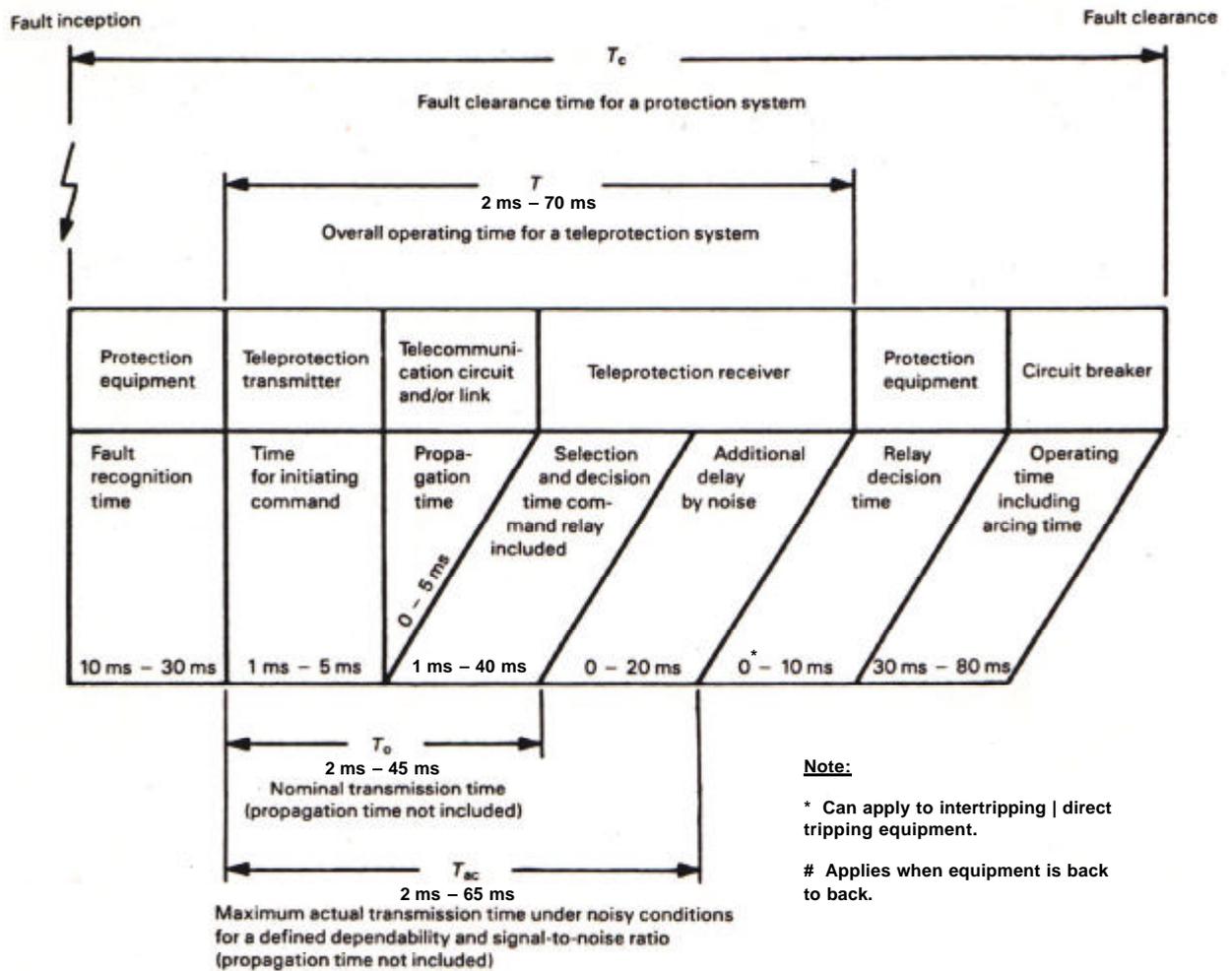


Figure 6. Typical operating time for protection systems incorporating teleprotection

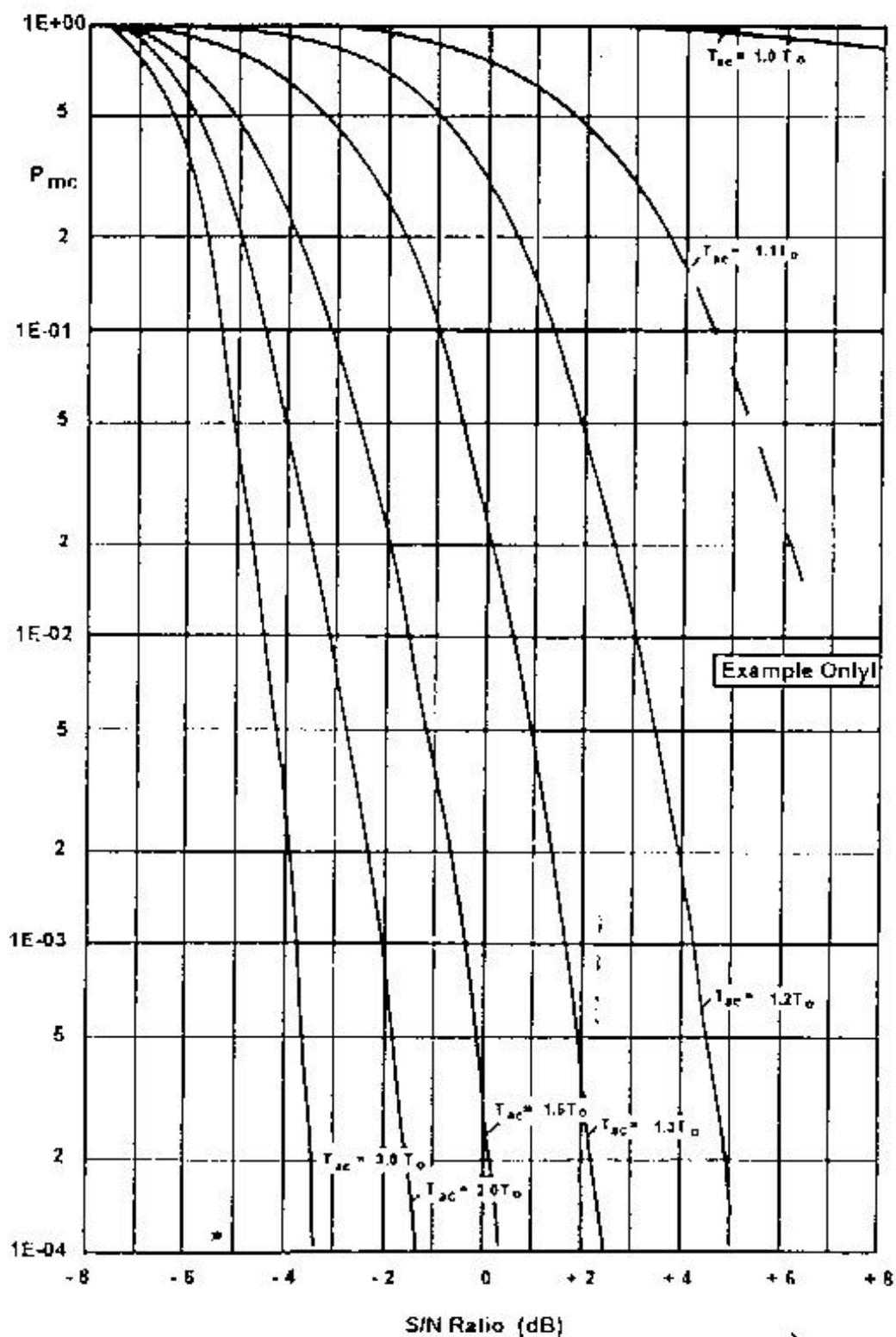


Figure 9. Examples of probability of missing command versus S/N

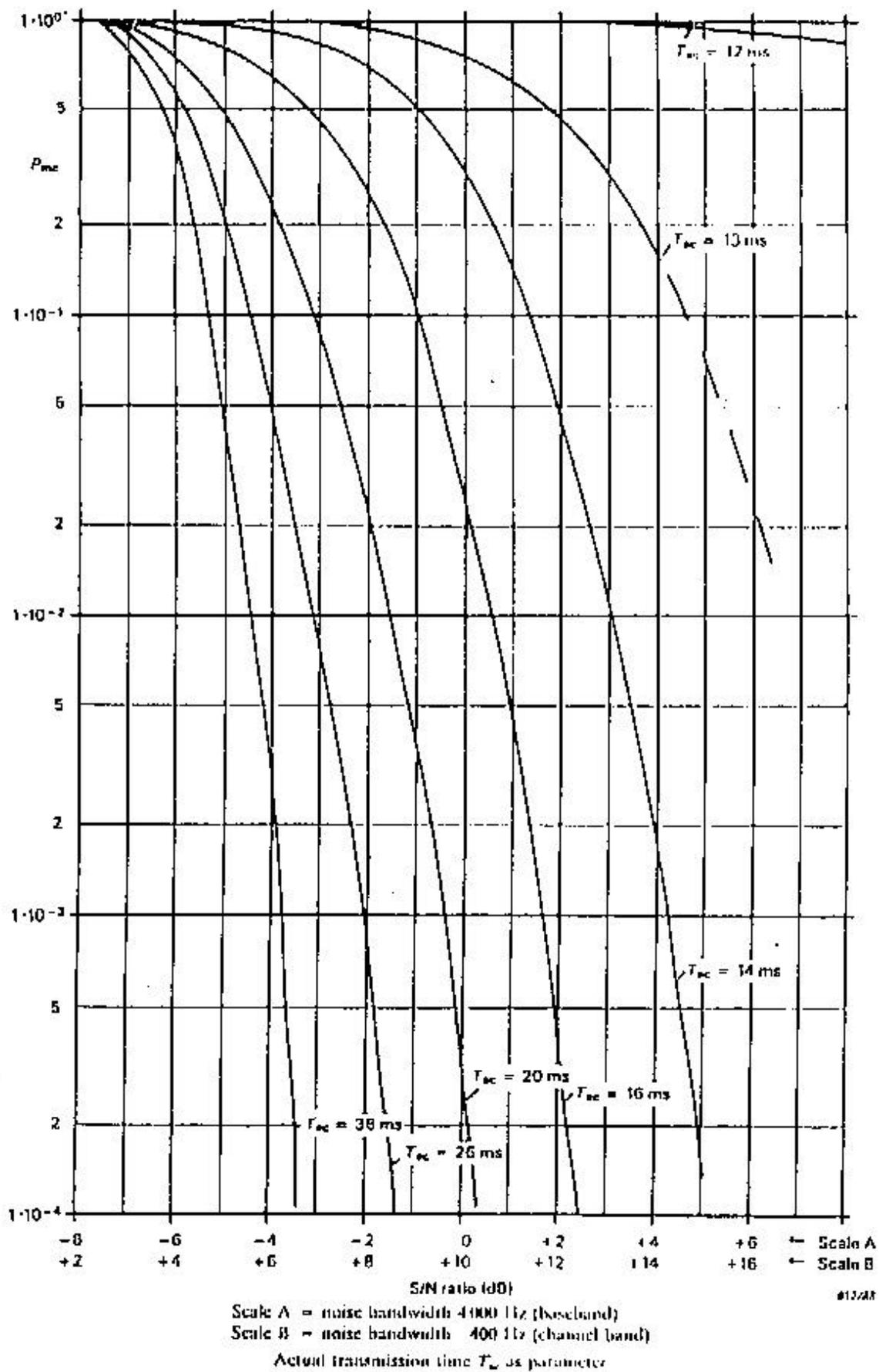


FIG. 12. --- Examples of probability of missing command versus S/N for a 200-baud channel.

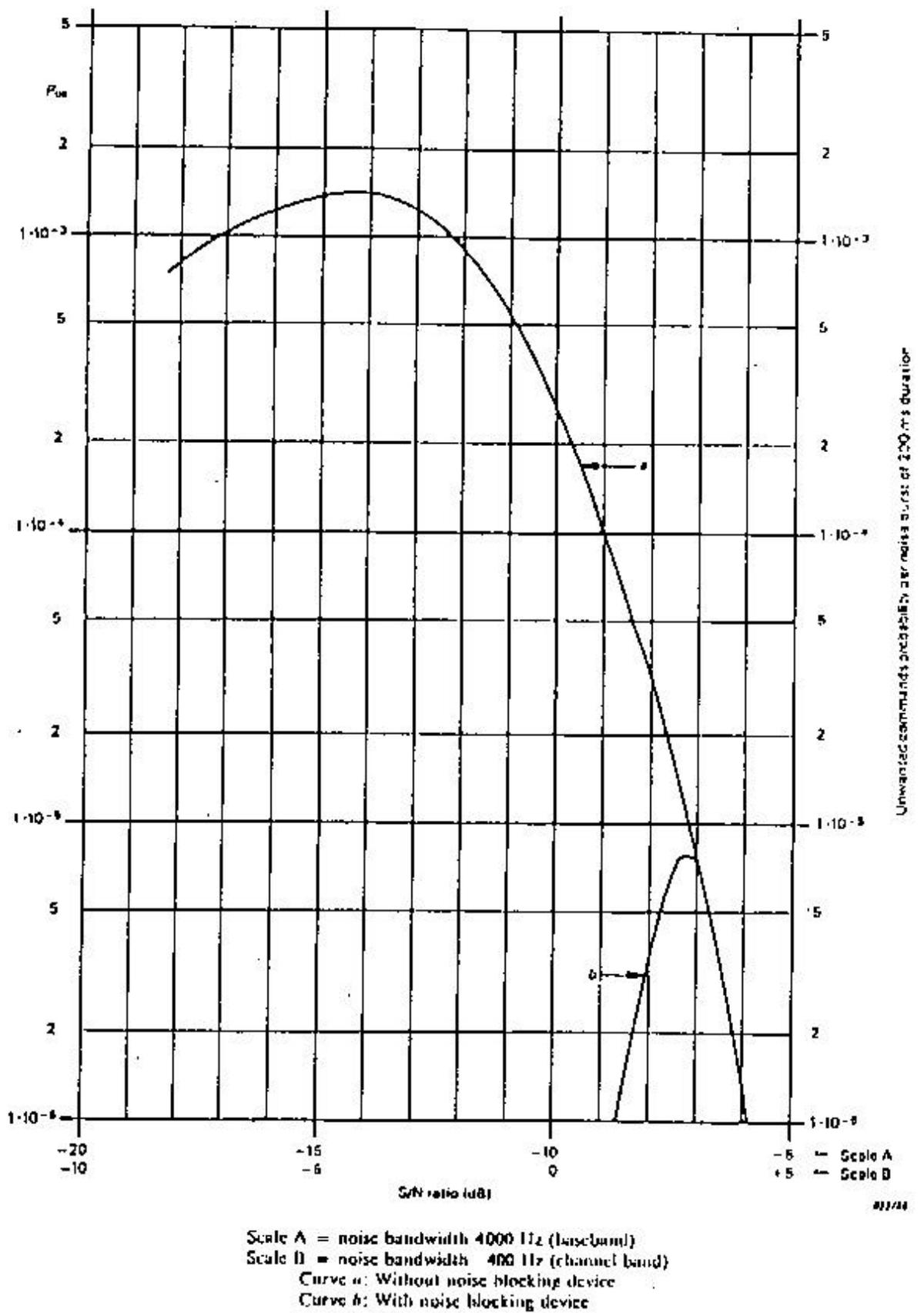


FIG. 15. — Examples of probability of unwanted commands versus S/N for 200-bit channel.

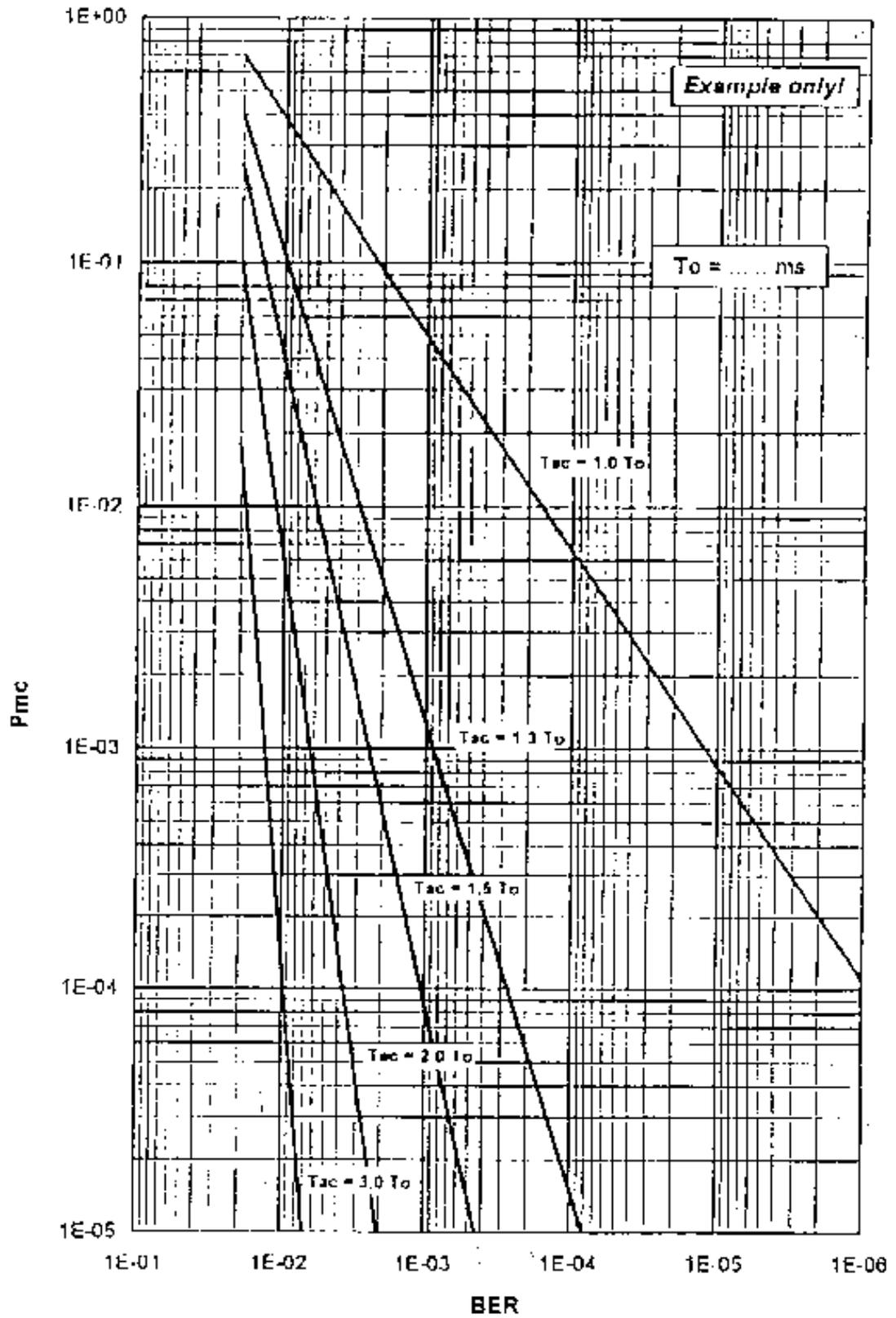


Figure 22. Example of dependability curves for digital teleprotection

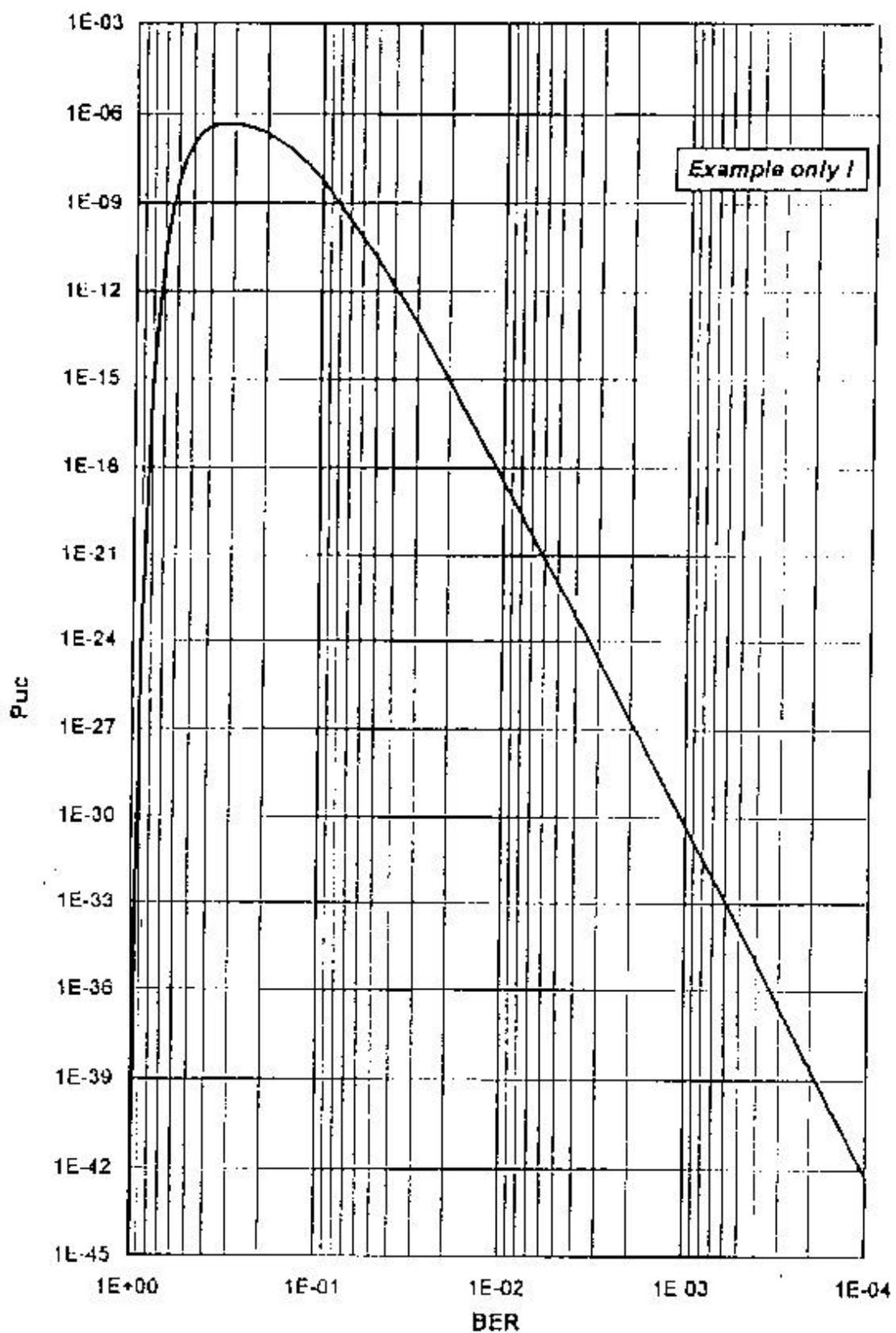


Figure 23. Example of security curve for digital teleprotection