

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



APLICACIÓN DE SISTEMAS DE ONDA PORTADORA EN LA TELEPROTECCIÓN ENTRE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS EN 220 kV

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:
ULISES ORCO LIBERATO**

**PROMOCIÓN
2003-I**

**LIMA-PERÚ
2013**

**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE ONDA PORTADORA EN
LA TELEPROTECCIÓN ENTRE SUBESTACIONES
ELÉCTRICAS EN 220 kV**

A Dios por el don de la vida
que me permitió alcanzar sueños guardados

A mi querida Alma Mater, la UNI,
en la cual compartí años de juventud.

A mis Padres por motivarme a seguir adelante
quienes alegran mi día con su compañía

SUMARIO

Las telecomunicaciones son de suma importancia en toda empresa e industria. En el sector eléctrico los enlaces de telecomunicaciones entre subestaciones eléctricas, se implementan aplicando diversas tecnologías, tales como: microondas, fibra óptica y onda portadora. Las aplicaciones más importantes de estos sistemas de telecomunicaciones son: transmisión de datos, voz, telecontrol y teleprotección.

El presente informe describe el sistema de telecomunicaciones por onda portadora, la cual es implementada entre las subestaciones Chilca REP, Desierto e Independencia. A través de este sistema de telecomunicaciones, la nueva S.E Desierto 220 kV podrá transmitir la información del sistema de teleprotección, del sistema de SCADA y del sistema de telefonía privada a las subestaciones adyacentes.

El sistema de telecomunicaciones por onda portadora, hace uso de las líneas de alta tensión para la transmisión de información, para la implementación se utilizan equipos que cumplan los estándares IEC, ANSI, IEEE los cuales regulan las especificaciones técnicas y funcionalidades de los elementos de un sistema de onda portadora (trampa de onda, dispositivos de acoplamiento, equipos de sintonización, y equipos de transmisión/recepción).

El sistema de telecomunicaciones por onda portadora implementado, sirve de plataforma para la instalación de un sistema de teleprotecciones entre las subestaciones Chilca REP, Desierto e Independencia, este sistema de teleprotecciones permitirá el despeje de fallas en las líneas de transmisión involucradas: líneas 2091 y 2208, ambas en 220 kV.

El contenido de este informe se enfoca en el sistema de onda portadora y su aplicación en las teleprotecciones, por ende no se profundiza en las otras aplicaciones tales como: la transmisión de datos, telecontrol y telefonía. Por otro lado dado que el sistema de teleprotección por onda portadora, tiene como respaldo los enlaces de microondas, el informe complementa la información relacionada a equipos de microondas en los enlaces de telecomunicaciones.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Objetivos del trabajo	3
1.3 Evaluación del problema	3
1.4 Alcance del trabajo	5
1.5 Síntesis del trabajo	5
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
2.1 Antecedentes históricos de las comunicaciones por onda portadora	6
2.2 Aspectos generales de los sistemas de comunicaciones	7
2.2.1 Elementos de un sistema de comunicaciones	7
2.2.2 Espectro electromagnético	8
2.2.3 Ancho de banda	8
2.2.4 Modulación	9
2.2.5 Tipos de modulación	10
2.2.6 Transmisión de datos digitales	12
2.2.7 Multiplexación	14
2.3 Sistemas de telecomunicaciones de onda portadora entre subestaciones	15
2.3.1 Generalidades	15
2.3.2 Componentes de un sistema de comunicación por onda portadora	16
2.3.3 Métodos de acoplamiento de una señal de onda portadora	21
2.4 Equipo de transmisión PowerLink y sus aplicaciones	26
2.4.1 Aplicación del PowerLink en redes telefónicas	28
2.4.2 Aplicación del PowerLink en telecontrol	29
2.4.3 Aplicación del PowerLink en la transmisión de datos	29
2.4.4 Aplicación del PowerLink en la teleprotección	31
2.5 Sistemas de protección en líneas de transmisión	32
2.5.1 Sistema de teleprotecciones	33

2.5.2	Definición de zonas de protección	33
2.5.3	Protección de distancia	33
2.5.4	Protección direccional de sobrecorriente de fases (67) y de tierra (67N)	38
2.5.5	Disparo directo transferido (DDT)	39

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	41	
3.1	Planteamiento de la solución	41
3.1.1	Alternativas de solución al problema	41
3.1.2	Solución al problema de telecomunicaciones.....	42
3.1.3	Servicio de teleprotección	43
3.2	Dimensionamiento de equipamiento y hardware.....	43
3.2.1	Equipos instalados en la SE Chilca REP	44
3.2.2	Equipos instalados en la SE Desierto	44
3.2.3	Equipos instalados en la SE Independencia	45
3.3	Descripción de los enlaces de datos	45
3.3.1	Enlace de datos Chilca REP – Desierto	45
3.3.2	Enlace de datos Desierto – Independencia	45
3.4	Descripción de los enlaces de teleprotección.....	49
3.4.1	Equipos de teleprotección en la SE Chilca REP	49
3.4.2	Equipos de teleprotección en la SE Desierto	50
3.4.3	Equipos de teleprotección en la SE Independencia.....	50
3.5	Descripción de equipamiento y hardware.....	50
3.5.1	Equipo de telecomunicaciones PowerLink	52
3.5.2	Equipo de teleprotección iSWT3000.....	52
3.5.3	Módulos del PowerLink	52
3.6	Instalación y montaje de equipos del sistema de onda portadora implementado .	58
3.6.1	Actividades en el montaje de equipos del sistema implementado	58
3.6.2	Personal para el montaje de equipos del sistema implementado	58
3.6.3	Equipamiento y maquinaria para montaje de equipos	58
3.7	Puesta en servicio del sistema de onda portadora.....	58
3.7.1	Personal para la puesta en servicio	59
3.7.2	Equipos para la puesta en servicio	59
3.7.3	Pruebas para la puesta en servicio.....	59
3.8	Pruebas de puesta en servicio del sistema de protección	60
3.8.1	Pruebas Extremo – Extremo	60

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	61
4.1 Análisis de enlaces de onda portadora y relación señal/ruido	61
4.1.1 Enlace Chilca REP - Desierto	63
4.1.2 Enlace Desierto - Independencia	65
4.2 Análisis del sistema de teleprotección implementado	67
4.2.1 Estándares aplicados	67
4.2.2 Características del sistema de teleprotección implementado	67
4.3 Costo referencial en la implementación del sistema de onda portadora	68
4.3.1 Comparación de costos del sistema implementado con otros sistemas	70
4.4 Cronograma de montaje y puesta en servicio del sistema de onda portadora.....	71
CONCLUSIONES	73
ANEXO A PRUEBAS SAT REFERENCIAL DEL SISTEMA DE ONDA PORTADORA	76
ANEXO B PROCEDIMIENTO PRUEBAS EXTREMO A EXTREMO	78
ANEXO C COSTO REFERENCIAL SISTEMA MICROONDAS	84
ANEXO D COSTO REFERENCIAL SISTEMA FIBRA OPTICA	85
ANEXO E UNIDAD DE SINTONIA AKE 100	86
ANEXO F DATOS TECNICOS DE EQUIPOS	87
ANEXO G GLOSARIO DE TÉRMINOS	89
ANEXO H PLANO DEL SISTEMA GENERAL DE TELECOMUNICACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	92

INTRODUCCIÓN

Las subestaciones eléctricas necesitan contar con un enlace de telecomunicaciones entre ellas, de alta confiabilidad, capaz de transmitir y recibir señales de los sistemas SCADA, de telefonía privada y teleprotección.

Para el caso de estudio, existía la necesidad de que la nueva SE Desierto 220 kV, a situarse entre las SS.EE Chilca REP e Independencia, cuente con un sistema de teleprotecciones, Para lograr ello, es necesario implementar un sistema de telecomunicaciones que se integre a los sistemas de telecomunicaciones existentes.

La solución a las telecomunicaciones fue usando la tecnología de onda portadora, la cual sirve de plataforma para instalar los sistemas de teleprotecciones en la SE Desierto 220 kV con las subestaciones adyacentes.

La solución a implementar debía ser por onda portadora para que sea compatible con el sistema existente (enlace Chilca REP - Independencia). Por ello es que a la SE Desierto, colocada entre las subestaciones Chilca REP e Independencia, se le habilitó un sistema de teleprotección activo, que permitiera realizar un disparo automático en los dos extremos de la línea de transmisión que presente una falla, la cual debe ser despejada dentro del tiempo permitido.

El sistema de teleprotecciones por onda portadora debía cumplir con los estándares internacionales IEC, ANSI IEEE. El sistema de Onda Portadora consiste de una trampa de onda, un transformador de tensión capacitivo, un equipo de sintonización y terminales Tx/Rx que manejan la información recibida (telefonía, datos, teleprotección, etc.), que para el caso de estudio el más importante es el servicio de teleprotección.

La solución se implementa con el equipo PowerLink de Siemens, un equipo que cumple con los estándares mencionados y permite las comunicaciones de redes telefónicas, el telecontrol, la transmisión de datos y la teleprotección.

La teleprotección se implementa adicionalmente con el iSWT3000, integrado al equipo de onda portadora PowerLink, que en sí es la interfaz entre el equipo de Transmisión/Recepción y el relé de protección.

El informe está organizado en cuatro capítulos principales:

- Capítulo I Planeamiento de ingeniería del problema.- En este capítulo se efectúa el planteamiento de ingeniería del problema, se describe el problema y se precisa el objetivo del trabajo, se evalúa el problema y se establecen los alcances del informe, para

finalmente presentar una síntesis del informe.

- Capítulo II Marco teórico conceptual.- Donde se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe.

- Capítulo III Metodología para la solución del problema.- Describe la solución implementada para el caso de estudio. Este desarrolla los siguiente ítems: planteamiento de la solución, dimensionamiento de equipamiento y hardware, descripción de los enlaces de datos, enlaces de teleprotección, descripción de equipamiento y hardware.

Capítulo IV Análisis y presentación de resultados.- El cual consta de: Análisis del enlace de telecomunicaciones por onda portadora, la determinación de la relación señal/ruido, Análisis del sistema de teleprotección implementado, la puesta en servicio de los sistemas, costo referencial en la implementación del sistema de onda portadora, la comparación de precios con otros sistemas y el cronograma de montaje y puesta en servicio del sistema de onda portadora.

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se realiza el planteamiento de ingeniería del problema, para ello primeramente se describe el problema y luego se expone el objetivo del trabajo, también se evalúa el problema y se precisan los alcances del informe, para finalmente presentar una síntesis del diseño presentado.

1.1 Descripción del problema

La nueva subestación Desierto en 220 kV, a situarse entre las SS.EE Chilca REP e Independencia, necesita contar con un sistema de telecomunicaciones que le sirva como plataforma para la instalación de un sistema de teleprotecciones, el cual permitirá realizar un disparo automático de los relés de protección en los dos extremos de la línea de transmisión que presente una falla, la cual debe ser despejada dentro del tiempo permitido.

El sistema de telecomunicaciones a implementar debe ser compatible con el sistema existente (enlace Chilca REP - Independencia). Además el sistema debe ser confiable y factible técnica y económicamente, tanto en el costo de instalación, montaje e ingeniería.

1.2 Objetivos del trabajo

El presente informe tiene por objetivo describir el sistema de onda portadora como solución implementada en el caso de estudio, mediante la cual permitirá que la S.E Desierto en 220 kV cuente con un sistema de teleprotecciones para el despeje de fallas de las líneas de transmisión 2091 y 2208 ambas en 220 kV.

1.3 Evaluación del problema

El 20 de Julio del año 2007, la compañía minera Milpo inauguró la operación de su cuarta Unidad Operativa: Cerro Lindo y para cubrir la demanda de energía eléctrica; Milpo construyó la S.E Desierto que toma 220 kV del Sistema Interconectado Nacional y la transforma a 60 kV y 22.9 kV para su uso industrial.

La SE Desierto está ubicada a 175 kilómetros al sureste de Lima, en la Provincia de Chincha, departamento de Ica (Figura 1.1). Esta nueva subestación de propiedad de Milpo se ubica entre las subestaciones Chilca REP e Independencia, ambos en 220 kV de nivel de tensión.

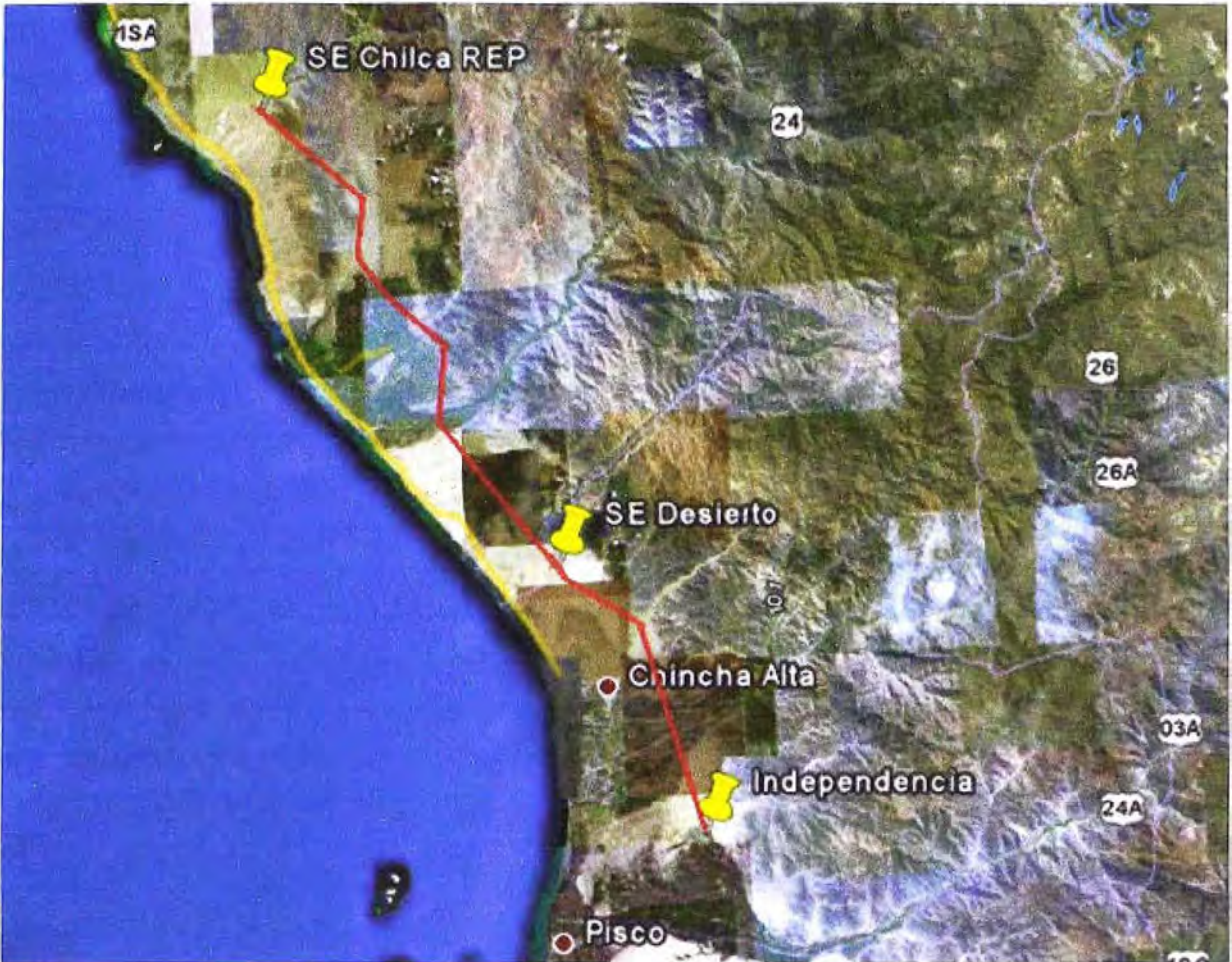


Figura 1.1 Ubicación de las subestaciones Chilca REP, Desierto e Independencia

El sistema de telecomunicaciones por onda portadora sirve como infraestructura de soporte para la mejor operación de los sistemas que hacen posible integrar la SE Desierto 220 kV al Sistema Interconectado Nacional (Figura 1.2); y además sirve para transmitir la información del sistema de teleprotección, del sistema de SCADA y del sistema de telefonía privada a las subestaciones adyacentes.



Figura 1.2 Detalle del Sistema Interconectado Nacional de la zona (Fuente: COES)

El sistema de teleprotección, deberá contar con un canal de datos dedicado para la actuación de los relés al presentarse una falla; deberá suspenderse el servicio de voz en su ancho de banda, solo en el instante en que el servicio de teleprotecciones se presente; una vez terminado con la orden respectiva, se restablece el servicio de voz; se mantienen inalterables los servicios de datos y telecontrol.

1.4 Alcance del trabajo

En el presente informe se describe el sistema de onda portadora y su aplicación en las teleprotecciones, por ende no se profundiza en las otras aplicaciones (transmisión de datos, telecontrol y telefonía).

Por otro lado debido a que el sistema de teleprotección por onda portadora, tiene como respaldo el enlace de microondas, el informe complementa la información relacionada a equipos de los sistemas de telecomunicaciones por microondas.

El presente informe no está enfocado en el diseño, por ende no incluye cálculos, la ingeniería fue realizada por una empresa externa a la ejecución del proyecto.

1.5 Síntesis del trabajo

Para el desarrollo conceptual se describe previamente los siguientes aspectos:

- Antecedentes históricos de las comunicaciones por onda portadora.
- Aspectos generales de los sistemas de comunicaciones.
- Sistemas de telecomunicaciones de onda portadora entre subestaciones.
- Equipo de transmisión PowerLink y sus aplicaciones.
- Sistemas de protección en líneas de transmisión.

Posteriormente se describe la implementación, consistiendo de los siguientes aspectos:

- Planteamiento de la solución.
- Dimensionamiento de equipamiento y hardware.
- Descripción de los enlaces de datos.
- Descripción de los enlaces de teleprotección.
- Descripción de equipamiento y hardware.
- Instalación y montaje de equipos del sistema de onda portadora implementado.
- Puesta en servicio del sistema de onda portadora.
- Pruebas de puesta en servicio del sistema de protección.

Finalmente se concluye desarrollando los siguientes ítems:

- Análisis de enlaces de onda portadora y relación señal/ruido.
- Análisis del sistema de teleprotección implementado.
- Costo referencial en la implementación del sistema de onda portadora.
- Cronograma de montaje y puesta en servicio del sistema de onda portadora.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe.

2.1 Antecedentes históricos de las comunicaciones por onda portadora

En sus inicios la utilización de los sistemas de onda portadora se limitaba al control y a la transmisión de datos a baja velocidad de la lectura de los medidores de energía eléctrica, sin embargo debido a su crecimiento paulatino, las propias empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión de datos para su uso interno.

La Tabla 2.1 presenta el desarrollo tecnológico de este sistema. [1]

Tabla 2.1 Cronología de los sistemas de onda portadora

Años	Características del desarrollo tecnológico
1920	<ul style="list-style-type: none"> - Nace la idea de realizar la comunicación a través de la red eléctrica. - Aparecen dos patentes relacionadas con las comunicaciones por Onda Portadora conocida como Powerline.
1922	<ul style="list-style-type: none"> - Entró en funcionamiento el primer sistema de frecuencia portadora (CFS) en las líneas de alta tensión, rango de frecuencias (15 hasta 500kHz), - Mantiene la operatividad de las redes de suministro de potencia. - En redes de alta tensión se llegaron a distancias de hasta los 500 Km usando 10 W de energía. - Servía para comunicaciones tales como mediciones remotas y tareas de control. - Uso en aplicaciones internas se ha utilizado para la automatización de: luces, temperatura, seguridad y otros.
1930	<ul style="list-style-type: none"> - Los sistemas de frecuencia portadora (CFS) operaban tanto para el nivel de media tensión como para el nivel de baja tensión, mediante la señalización de ondas en la portadora (RCS). - Empezó la transmisión de datos entre los rangos de frecuencia de (125 Hz y 3 KHz) - Limitado ancho de banda de unos pocos bits por segundo equipos de implementación escasos.
1997	<ul style="list-style-type: none"> - En Canadá e Inglaterra se presentó al mercado una tecnología que podía conseguir que Internet fuera accesible desde la red eléctrica: naciendo el sistema de Onda Portadora comercial.
1998	<ul style="list-style-type: none"> - El uso de la red de baja tensión (BT) para proveer acceso a Internet de banda ancha nació como una alternativa para problemas que presentaba ADSL, el cable modem o el acceso inalámbrico. En la actualidad las comunicaciones por Onda Portadora se ha desarrollado con aplicaciones de Internet para viviendas de hasta 100Mbit/s.

Actualmente los sistemas de ondas portadora en líneas de alta tensión han tenido grandes desarrollos con aplicaciones de alta confiabilidad en voz, datos, video y teleprotecciones; además existen nuevos diseños con los últimos estándares de tecnología, estos sistemas, tal como PowerLink de SIEMENS, proveen los más altos estándares de comunicación para protección de sistemas eléctricos, y pueden ser integrados fácilmente a otras tecnologías de comunicación tales como fibra óptica y conexión a satélites o microondas.

2.2 Aspectos generales de los sistemas de comunicaciones

Un sistema de comunicaciones es el conjunto de dispositivos que constituyen el eslabón de información entre la fuente y el destino. Un sistema eléctrico de comunicación es aquel que realiza esta función principalmente, aunque no exclusivamente, con dispositivos y fenómenos eléctricos. El propósito primordial que se persigue en el diseño de un sistema de comunicación es lograr que el sistema entregue en el punto de destino los mensajes en tal forma que difieran lo menos posible de los mensajes que originalmente se transmiten, cualesquiera que éstos sean. [2]

Los sistemas de comunicaciones tiene como esencia la transmisión, la recepción y el procesamiento de información usando circuitos eléctricos, esta información puede ser de forma analógica (voz humana, imágenes de vídeo, música) o de forma digital (gráficos, códigos, información de base de datos). Toda información debe ser convertida en energía electromagnética, antes de que pueda propagarse por un sistema de comunicaciones.

Los conceptos relacionados con los sistemas de comunicaciones y que son desarrollados en la presente sección son: elementos de un sistema de comunicaciones, espectro electromagnético, ancho de banda, modulación, tipos de modulación, transmisión de datos digitales, multiplexación.

2.2.1 Elementos de un sistema de comunicaciones

Existen tres elementos básicos para todo sistema de comunicación: transmisor, canal y receptor, como se indica en la figura 2.1.

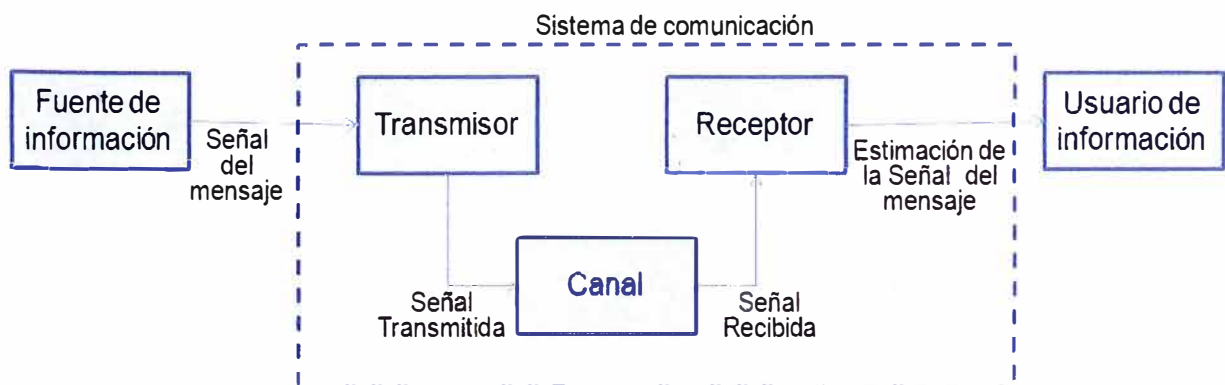


Figura 2.1 Elementos de un sistema de comunicación

El transmisor se localiza en un punto en el espacio, el receptor se ubica en algún otro punto separado del transmisor, y el canal es el medio físico que los conecta. El propósito del transmisor es convertir la señal de mensaje producida por la fuente de información en una forma adecuada para la transmisión por el canal.

Sin embargo, como la señal transmitida se propaga a lo largo del canal, se distorsiona debido a las imperfecciones de este último. Aún más, con el resultado de que la señal recibida es una versión corrompida de la señal transmitida. El receptor tiene la tarea de actuar sobre la señal recibida de manera que reconstruya para el usuario en una forma reconocible de la señal de mensaje original. [3]

2.2.2 Espectro electromagnético

El propósito de un sistema de comunicaciones es comunicar información entre dos o más ubicaciones (normalmente llamadas estaciones). Esto se logra, transformando la información de la fuente original a energía electromagnética y luego transmitiendo la energía a uno o más destinos, en donde de nuevo adquiere su forma original.

Esta energía puede propagarse en varios modos; por ejemplo, en forma de voltaje, corriente, ondas de radio, por espacio libre o como ondas de luz por fibra óptica. Esta energía está distribuida a través de un rango de frecuencias casi infinito. Las designaciones de banda según el Comité Consultivo internacional de radio (CCIR) se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Bandas de frecuencia del espectro electromagnético

Banda	Intervalo de frecuencias	Designación
2	30 Hz – 300 Hz	ELF (Frecuencias extremadamente bajas)
3	0.3 kHz – 3 kHz	VF (Frecuencias de voz)
4	3 kHz – 30 KHz	VLF (frecuencias muy bajas)
5	30 kHz – 300 kHz	LF (Bajas frecuencias)
6	0.3 MHz – 3 MHz	MF (Frecuencias intermedias)
7	3 MHz – 30 MHz	HF (Frecuencias altas)
8	30 MHz – 300 MHz	VHF (Frecuencias muy altas)
9	0.3 GHz – 3 GHz	UHF (Frecuencias ultra altas)
10	3 GHz – 30 GHz	SHF (Frecuencias ultra altas)
11	30 GHz – 300 GHz	EHF (Frecuencias extremadamente altas)
12	0.3 THz – 3 THz	Luz infrarroja
13	3 THz – 30 THz	Luz infrarroja
14	30 THz – 300 THz	Luz infrarroja
15	0.3 PHz – 3 PHz	Luz visible
16	3 PHz – 30 PHz	Luz ultravioleta
17	30 PHz – 300 PHz	Rayos X
18	0.3 EHz – 3 EHz	Rayos gamma
19	3 EHz – 30 EHz	Rayos cósmicos

2.2.3 Ancho de banda

El ancho de banda de una señal de información no es más que la diferencia entre las

frecuencias máxima y mínima contenidas en la información, y el ancho de banda de un canal de comunicaciones es la diferencia entre las frecuencias máximas y mínimas que pueden pasar por el canal (es decir son bandas de paso). El ancho de banda de un canal de comunicaciones debe ser suficientemente grande (ancho) para pasar todas las frecuencias importantes de la información. En otras palabras el ancho de banda del canal de comunicaciones debe ser igual o mayor que el ancho de banda de la información. [3]

2.2.4 Modulación

Es el proceso de cambiar una o más propiedades de la portadora (amplitud, frecuencia o fase) en proporción con la señal de información.

Las señales de información no pueden ser enviadas directamente hacia el canal de comunicación (cable, fibra óptica, atmósfera terrestre), casi siempre es necesario modular la información de la fuente, con una señal analógica de mayor frecuencia, llamada portadora. Esta señal es la que se encarga de transportar la información a través del sistema. La señal de información modula a la portadora, cambiando su amplitud, su frecuencia o su fase (Figura 2.2).

Las dos razones más importantes por las que se hace necesaria la modulación son:

- Es sumamente difícil irradiar señales de baja frecuencia en forma de energía electromagnética con una antena
- Ocasionalmente, las señales de información ocupan la misma banda de frecuencias y si se transmiten al mismo tiempo las señales de dos o más fuentes interferirán entre sí. Por ejemplo cada estación de radio en FM convierte a su información a una banda o canal de frecuencia distinto.

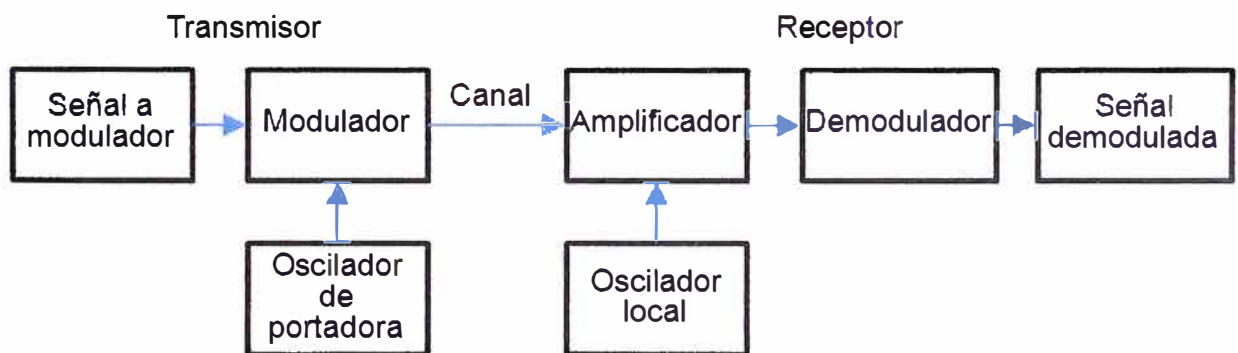


Figura 2.2 Diagrama de bloques de un esquema de comunicaciones

La modulación se hace en un transmisor mediante un circuito llamado modulador. Una portadora sobre la que ha actuado una señal de información se llama onda modulada o señal modulada. La demodulación es el proceso inverso a la modulación, y reconvierte a la portadora modulada en la información original (es decir, quita la información de la portadora). La demodulación se hace en un receptor, con un circuito llamado demodulador. [3]

El proceso de convertir una frecuencia, o banda de frecuencias, y pasarla a otro lugar en el espectro total de frecuencias, se llama traslación de frecuencia.

2.2.5 Tipos de modulación

Existen, básicamente, dos tipos de modulación: la modulación analógica, que se realiza a partir de señales analógicas de información; por ejemplo, la voz humana, audio y video en su forma eléctrica y la modulación digital, que se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales, por ejemplo una computadora.

- Modulación Analógica: AM, FM, PM.
- Modulación Digital: ASK, FSK, PSK, QAM.

Si la señal de información es analógica y la amplitud (V) de la portadora es proporcional a ella, se produce la modulación de amplitud (AM). Si se varía la frecuencia (f) en forma proporcional a la señal de información, se produce la modulación de frecuencia (FM); por último, si se varía la fase (θ) en proporción con la señal de información, se produce la modulación de fase (PM). [3]

Si la señal de información es digital, y la amplitud (V) de la portador se varía proporcionalmente a la señal de información, se produce una señal modulada digitalmente. llamada modulación por conmutación de amplitud (ASK, de amplitude shift keying). Si la frecuencia (f) varia en forma proporcional a la señal de información, se produce la modulación por conmutación de frecuencia (FSK, de frequency shift keying), y si la fase (θ) varia de manera proporcional a la señal de información, se produce la modulación por conmutación de fase (PSK, de phase shift keying). Si se varían al mismo tiempo la amplitud y la fase en proporción con la señal de información, resulta la modulación de amplitud en cuadratura (QAM, de quadrature amplitude modulation).

Se puede representar una señal portadora de alta frecuencia, a través de una onda senoidal de voltaje variable en el tiempo, como se muestra en la ecuación 2.1

$$v(t) = V \sin(2\pi f t + \theta) \quad (2.1)$$

Donde

$v(t)$ = voltaje variable senoidalmente en el tiempo

V = amplitud máxima (volts)

f = amplitud máxima (hertz)

θ = desplazamiento de fase (radianes)

En este informe se utilizan la modulación por amplitud AM y el sistema de Banda Lateral Única y es desarrollado a continuación.

a. Modulación por amplitud (AM)

En un sistema de transmisión, es imprescindible la existencia de un equipo transmisor, un canal de comunicación y un dispositivo receptor. Las características del

transmisor y del receptor deben ajustarse a las características del canal. Uno de los métodos empleados en la búsqueda de estos ajustes, es la llamada amplitud modulada (AM), que consiste en variar la amplitud de la onda.

Cuando una señal de baja frecuencia (BF), controla la amplitud de una onda de alta frecuencia (RF), se tiene una modulación por amplitud. En la transmisión existen dos procesos fundamentales. El primero, imprimir la Información de BF en la Portadora (RF), proceso al que se denomina modulación. El segundo, es el proceso decodificador, es decir la recuperación de la información, procedimiento que denominamos Demodulación o Detección. La modulación de una señal se visualizar gráficamente en la Figura 2.3

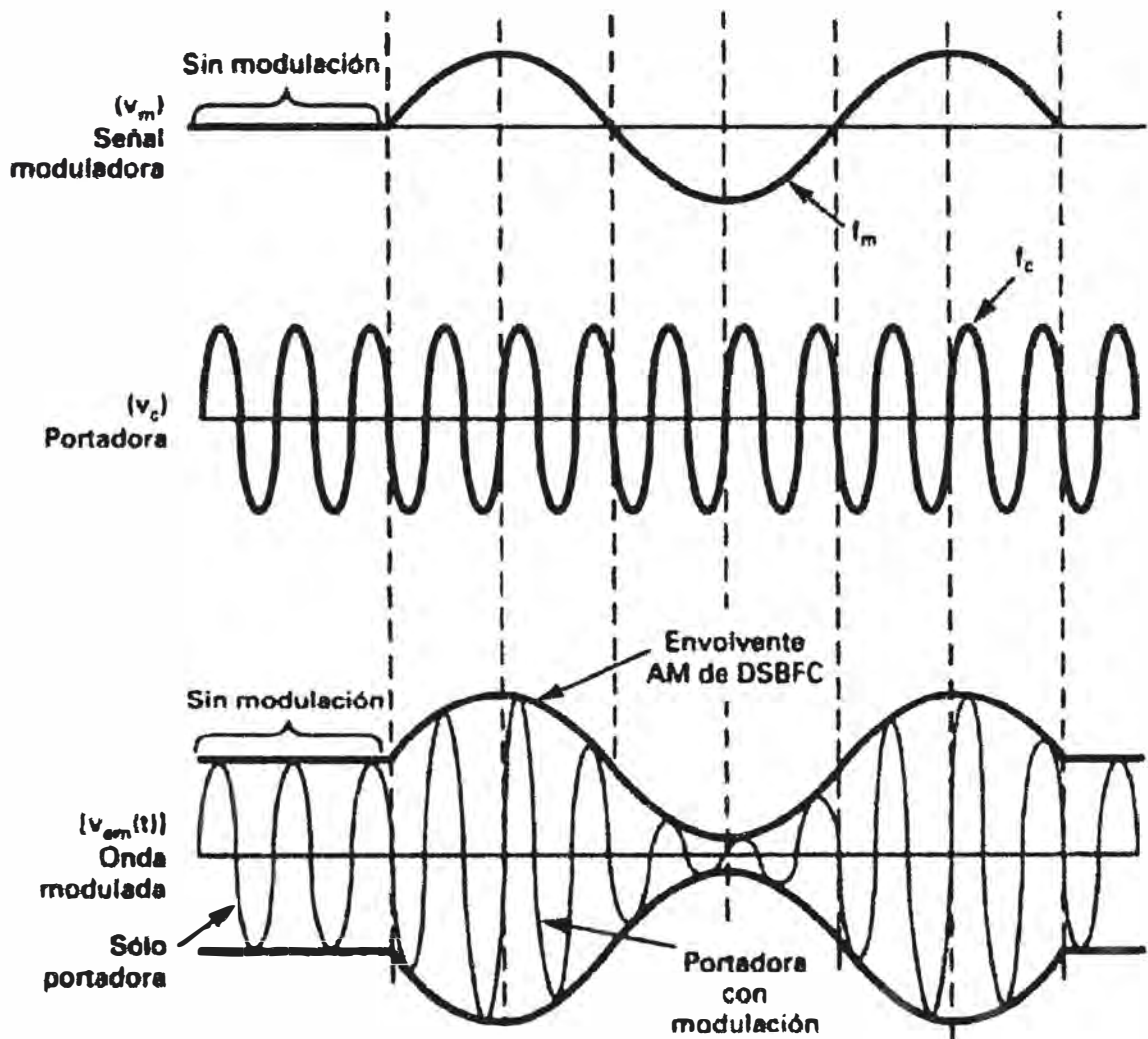


Figura 2.3 Modulación por amplitud de la onda portadora

Donde se tiene: para la señal portadora (2.2), para la señal moduladora (2.3), para la onda modulada (2.4).

$$v_c(t) = V_c \sin(2\pi f_c t) \quad (2.2)$$

$$v_m(t) = V_m \sin(2\pi f_m t) \quad (2.3)$$

$$v_{am}(t) \quad (2.4)$$

En la Figura 2.4 se muestra el espectro de frecuencias para una onda de AM. Donde

este espectro se extiende desde $f_c - f_m(\max)$ hasta $f_c + f_m(\max)$, siendo f_c la frecuencia de la portadora y $f_m(\max)$ la frecuencia máxima de la señal moduladora.[3]

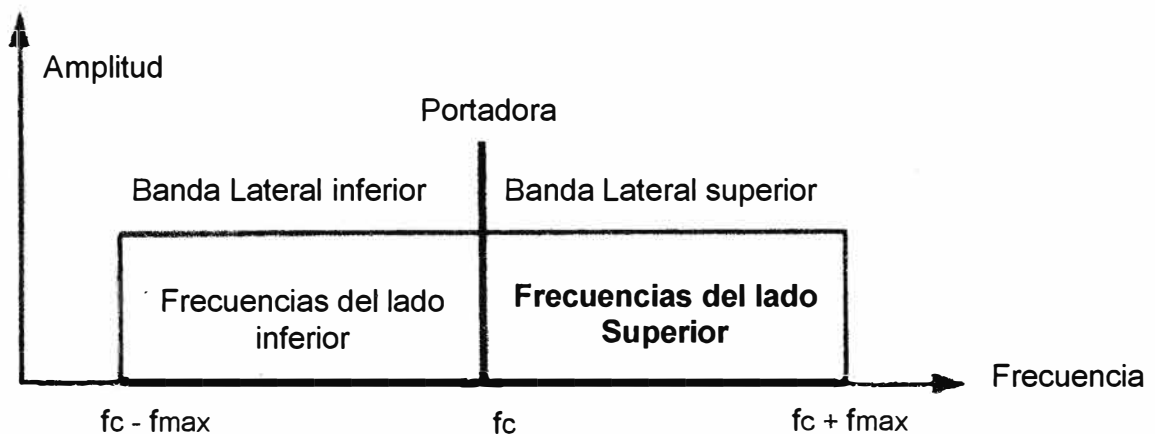


Figura 2.4 Espectro de frecuencias de una onda AM

b. Sistema de banda lateral única con portadora suprimida

Este tipo de modulación es de alta importancia en la transmisión de datos en el sistema de onda portadora en líneas de alta tensión. Los sistemas convencionales de doble banda lateral en AM, tienen varias desventajas inherentes debido a que dos tercios de la potencia transmitida se encuentra en la portadora, por lo que no hay información en la portadora, sino que la información viaja por las bandas laterales y como, tanto la banda lateral superior como la banda lateral inferior, transportan la misma información esto se vuelve una redundancia. En consecuencia, la modulación por amplitud AM convencional es ineficiente tanto en potencia como en el ancho de banda, que son dos de las consideraciones más importantes al diseñar un sistema de comunicación electrónica.

En sistemas de ondas portadora se utiliza la modulación por amplitud AM de banda lateral única con portadora suprimida donde la portadora se suprime totalmente y se quita una de las bandas laterales. Por lo tanto, esta modulación con portadora suprimida requiere de la mitad del ancho de banda que la AM convencional de doble banda lateral y considerablemente menos potencia transmitida. Esto correspondería a la zona sombreada de la Figura 2.4.

2.2.6 Transmisión de datos digitales

La transmisión de datos binarios se puede llevar a cabo en modo paralelo o en modo serie.

a. Transmisión paralela

La comunicación paralela transmite todos los bits de un dato de manera simultánea, es decir pueden enviar n bits al mismo tiempo en lugar de uno solo. El mecanismo es conceptualmente sencillo usar n hilos para n bits (Figura 2.5). [4]

Tiene la ventaja de la velocidad de transmisión, pero la desventaja de utilizar gran

cantidad de líneas y se atenúa a grandes distancias por la capacitancia entre conductores. Se usa básicamente para transmisiones en distancias muy cortas el cableado. Se limita habitualmente a distancias cortas.

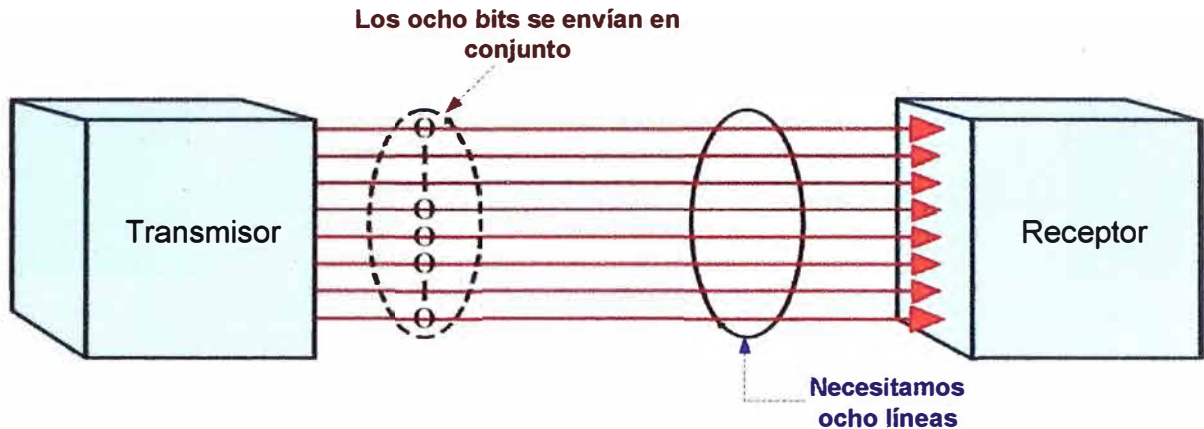


Figura 2.5 Transmisión paralela de datos

b. Transmisión serie

En este caso los datos son transferidos bit a bit utilizando un único canal. Puesto que la comunicación dentro de los dispositivos es paralela es necesario usar dispositivos de conversión en la interfaz entre el emisor y la línea (Figura 2.6). [4]

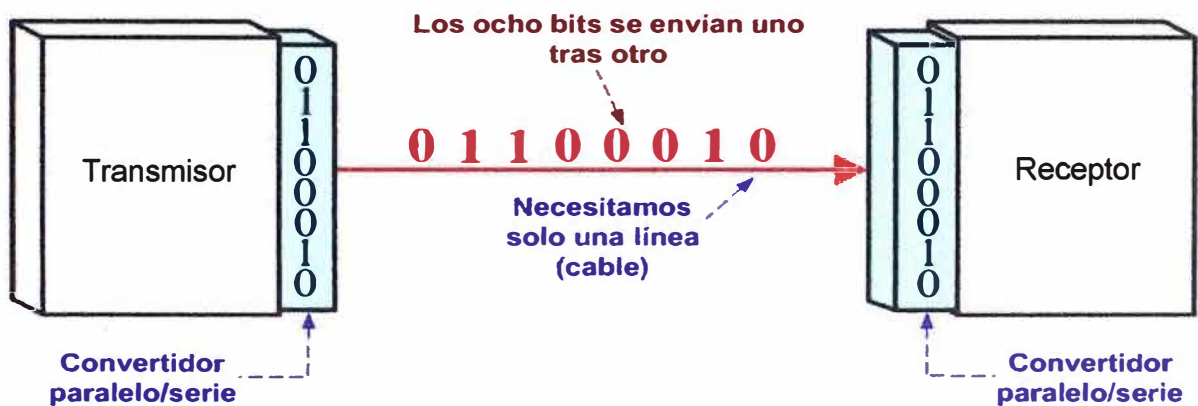


Figura 2.6 Transmisión serie de datos

La transmisión serie puede llevarse de dos maneras

- Transmisión asíncrona
- Transmisión síncrona:

b.1 Transmisión asíncrona

Se denomina así debido a que la temporización de la señal no es importante. En lugar de ella, la información se recibe y traduce siguiendo patrones acordados. Se enviará un bit de inicio (cero) al inicio y uno o más bits de parada (unos) al final de cada byte. Dentro de cada byte el receptor si debe estar sincronizado (Figura 2.7).

La adición de bits de inicio y parada y de los intervalos de inserción hace que la

transmisión sea más lenta. Será importante en conexiones de baja velocidad; por ejemplo de un Terminal a un computador.

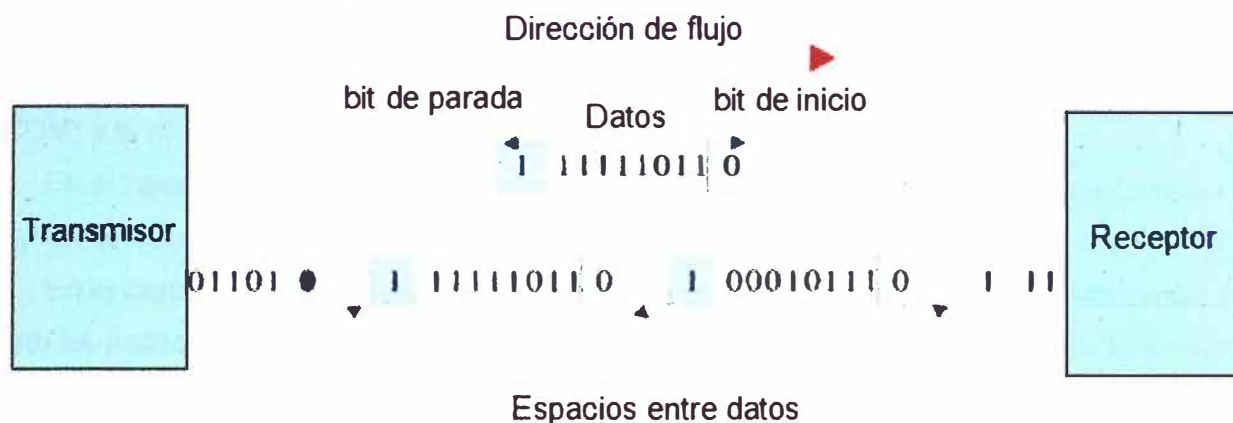


Figura 2.7 Transmisión asíncrona de datos

b.2 Transmisión síncrona

En este caso se envía un bit detrás de otro sin bits de inicio/parada o intervalos (Figura 2.8). Es responsabilidad del receptor agrupar bits. Si el emisor desea enviar datos en ráfagas separadas deben rellenarse como una secuencia de ceros y unos que indican vacío.

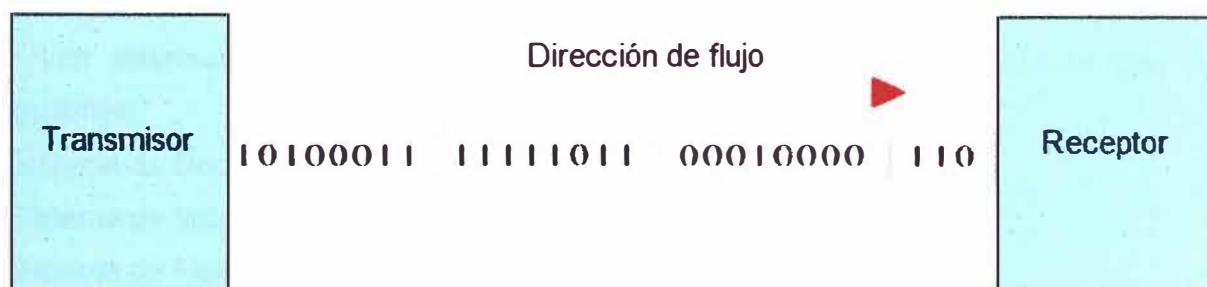


Figura 2.8 Transmisión síncrona de datos

2.2.7 Multiplexación

La multiplexación es el conjunto de técnicas que permiten la transmisión simultánea de múltiples señales a través de un único enlace de datos. Esta técnica se aplica cuando el ancho de banda de un medio que enlaza dos dispositivos es menor que el ancho de banda que necesitan los dispositivos [5].



Figura 2.9 Esquema de multiplexor

En la figura 2.9 se tiene n líneas de entrada, envían sus flujos de transmisión a un

multiplexor (MUX), que los combina en un único flujo. En el extremo receptor, el flujo se introduce en un demultiplexor (DEMUX), que separa el flujo en sus transmisiones componentes y los dirige a sus correspondientes líneas.

Existen dos tipos básicos de multiplexiones. La multiplexación por división de tiempo (TDM) y la multiplexación por división de frecuencia (FDM).

En el caso de TDM, a cada canal a transmitir se le asigna un momento de transmisión por un determinado tiempo.

En el caso FDM, los canales se transmiten en el mismo momento (simultáneamente), esto es posible cuando el ancho de banda útil del medio de transmisión supera el ancho de banda requerido por las señales a transmitir. Se pueden transmitir varias señales simultáneamente si cada una de ellas se modula con una frecuencia portadora diferente y las frecuencias portadoras están suficientemente separadas para que los anchos de banda de las señales no se solapen de forma importante. Cada señal modulada precisa un cierto ancho de banda centrado alrededor de su frecuencia portadora y conocido como canal. Para evitar interferencias, los canales se separan mediante bandas guardas o de seguridad, las cuales son zonas no utilizadas del espectro.

2.3 Sistemas de telecomunicaciones de onda portadora entre subestaciones

Los sistemas de telecomunicaciones más usados entre subestaciones son las siguientes:

- Sistema de Onda Portadora
- Sistema de Micro Ondas
- Sistema de Fibra Óptica

En cada uno de los sistemas existen ventajas y desventajas, si se desea realizar una eficiente protección de la línea de transmisión, se debe tomar en cuenta una evaluación técnico-económica para cada sistema y escoger el que más convenga para cada caso particular. Dado que este informe está limitado a Sistemas de Onda Portadoras, por ende solo se desarrolla los aspectos relacionados a esta tecnología.

Esta sección se desarrollan los siguientes aspectos: Generalidades, componentes de un sistema de comunicación por onda portadora y métodos de acoplamiento de una señal de onda portadora

2.3.1 Generalidades

El sistema de onda portadora es un sistema de telecomunicación que utiliza las líneas potencia como medio de transmisión. El rango de frecuencias que utiliza normalmente va de 40 a 500 kHz y el ancho de banda para cada comunicación es de 4 kHz. [6].

La comunicación se realiza por medio del envío de una onda portadora de alta tensión PLC (Power Line Carrier), La información en radiofrecuencia modulada en el primer

extremo de la línea, se recupera en el segundo extremo utilizando los amplificadores y circuitos demoduladores correspondientes. Las ondas de radiofrecuencia que llegan a los equipos de telecomunicaciones son las que se analizan y generan disparo en los interruptores en caso de ocurrir una falla. Esto lo hace a través los equipos de teleprotección y los relés de protección.

Actualmente, en el sistema interconectado nacional del Perú, para la protección de las líneas de transmisión de 500 kV se está utilizando fibra óptica como medio de telecomunicación principal y sistema de onda portadora o sistema de microondas como respaldo. En líneas en 220 kV, en diversos proyectos ejecutados se utiliza sistema de onda portadora como medio de telecomunicación principal y microondas como respaldo. Para líneas menores de 60 kV se utilizan cualquiera de los tres sistemas (microondas, fibra óptica, PLC) dependiendo de la evaluación técnico-económica

2.3.2 Componentes de un sistema de comunicación por onda portadora

Los componentes de un sistema PLC está conformado por los siguientes componentes (Figura 2.10):

- Trampa de onda
- Unidad de sintonía (Caja de Acoplamiento)
- Condensador de Acoplamiento (Transformador de tensión capacitivo)
- Terminal PLC

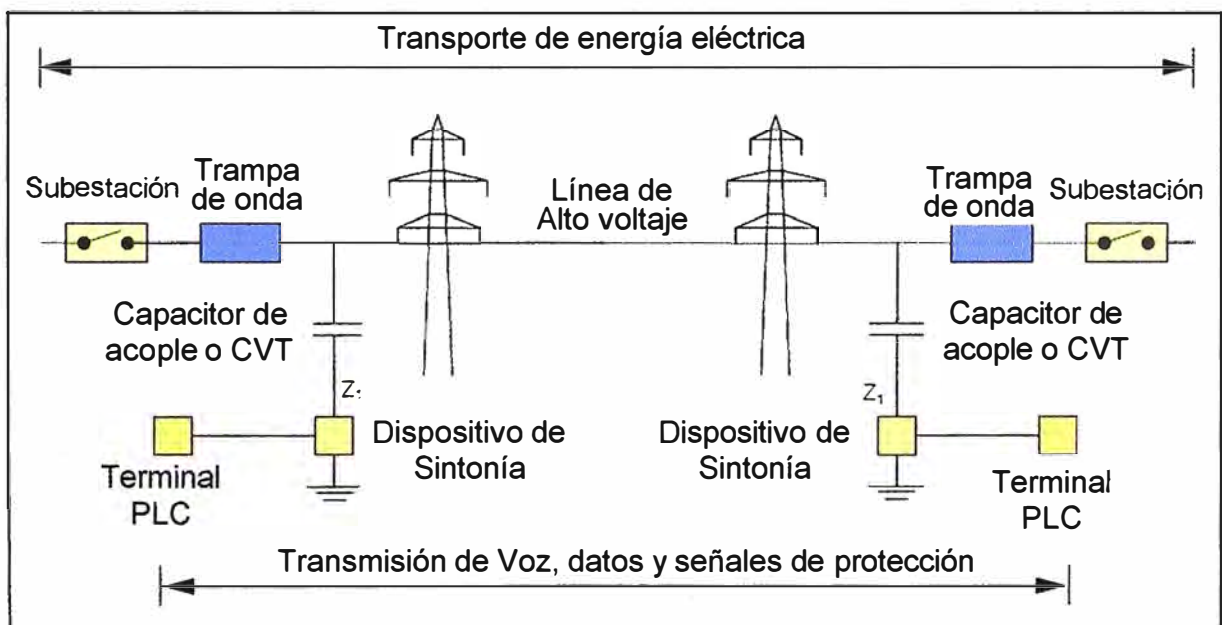


Figura 2.10 Componentes de Sistema de Onda Portadora

a. Trampa de onda

La trampa de onda o bobinas de bloqueo tienen la finalidad de confinar la señal de onda portadora en el interior de la línea de transmisión, impidiendo que la señal de teleprotección llegue a los equipamientos de la subestación. Son instaladas en los

extremos de la línea a ser protegida, presentan una baja impedancia para la frecuencia industrial y una alta impedancia para la frecuencia de la onda portadora. La bobina de bloqueo es conectada en serie con la línea de transmisión.

La Figura 2.11 muestra una bobina de bloqueo instalada en forma vertical, con conexión con cable ACCC desde la línea de AT al transformador de tensión capacitivo y al pararrayos antes de llegar al pórtico de llegada a la subestación.

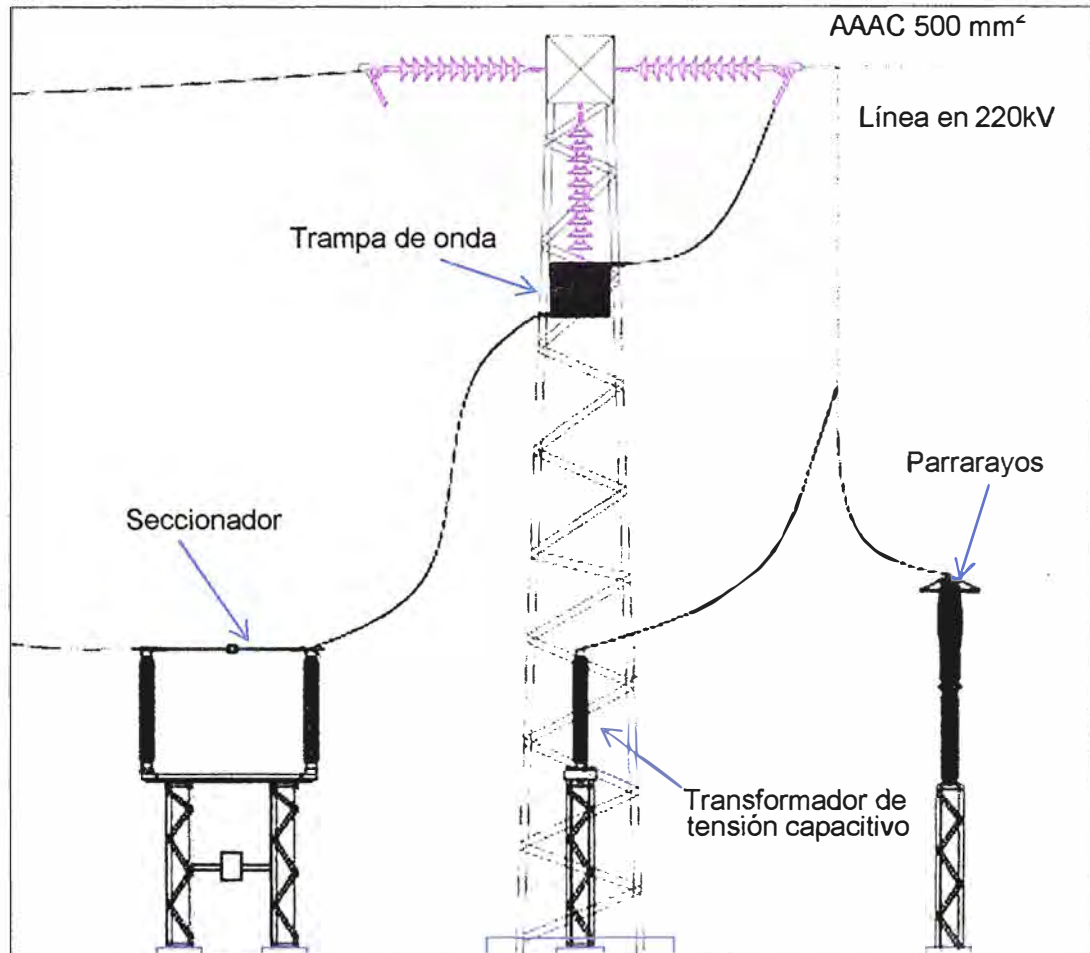


Figura 2.11 Instalación de trampa de onda tipo suspensión

Otra importante función de la trampa de onda es insensibilizar la señal de la Portadora a los cambios en la impedancia en barras de la subestación, haciéndolo más independiente de las condiciones de conmutación que modifican las configuraciones operativas del sistema.

El arreglo básico de una bobina de bloqueo es constituido por un circuito LC paralelo, que presenta una alta impedancia a la señal de la portadora y una mínima impedancia a la frecuencia de 60 Hz.

Para una frecuencia determinada las reactancias inductiva y capacitiva son iguales ($X_C = X_L$) en este caso se dice que el circuito está en resonancia o "sintonizado" en esta frecuencia llamada frecuencia resonante (ω_0). Lo descrito anteriormente se puede apreciar en la Figura 2.12.

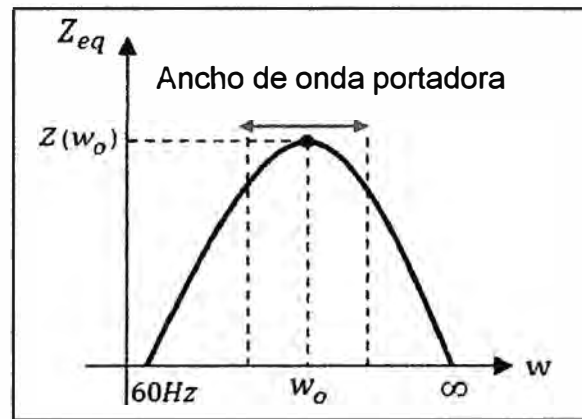


Figura 2.12 Curva característica de filtro LC paralelo

Donde: $W_0 = \sqrt{1/LC}$

b. Unidad de sintonía

La unidad de Sintonía, o caja de sintonía, tiene por finalidad evitar interferencias y ruidos, además de proteger al terminal de onda portadora de las sobretensiones y sobrecorrientes provenientes de alta tensión. También tiene como función permitir la realización del acoplamiento de impedancia entre el terminal onda portadora y la línea de alta tensión, resultando así en una mejor eficiencia en la transmisión de la señal.

Los equipamientos terminales de ondas portadoras son fabricados de forma que entre las terminales de salida o de entrada, a la línea de transmisión (LT), presenten una impedancia de 50Ω o de 75Ω . Por eso existe la necesidad de acoplar la impedancia con la LT a través del sintonizador de línea (unidad de sintonía) para líneas de transmisión de 500 kV y 230 kV, 250Ω y 400Ω , respectivamente. La combinación de la unidad de acoplamiento con el capacitor de acoplamiento suministra un camino de baja impedancia para la señal de la portadora por la formación de un circuito serie LC, sintonizado en la frecuencia de la portadora. El inductor de la caja de sintonía se ajusta de tal forma, que su reactancia inductiva (X_L) es igual a la reactancia capacitiva (X_C), obteniendo la frecuencia central del ancho de la portadora pasante. Ver figura 2.13.

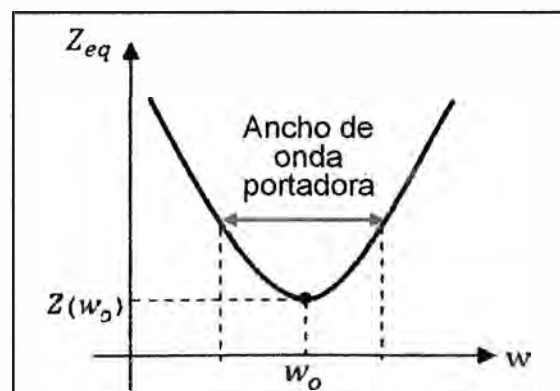


Figura 2.13 Curva característica de filtro LC serie

c. Transformador de tensión capacitivo - CVT

Este tipo de transformador de tensión está formado por unidades de condensadores en serie, también se le conoce como condensador de acoplamiento. Presenta una baja impedancia a la frecuencia de la portadora y bloquea la corriente a la frecuencia de 60Hz ofreciéndole una ruta de alta impedancia, es usado como parte del circuito de sintonía, en conjunto con la unidad de Acoplamiento, estando conectado directamente a la línea de transmisión, evitando influencias de la frecuencia de la red de energía en los equipos de onda portadora. Valores característicos de la capacitancia nominal del CVT se encuentran entre 1,000 pF y 50,000 pF. [7]

Debido a la necesidad de conectar la salida de un sintonizador a un punto de baja tensión del CVT, puede usarse un dispositivo que proporcione una ruta de alta impedancia dirigida a tierra para la señal portadora y una baja impedancia para el camino de la corriente a 60Hz. Este dispositivo es un inductor y se llama bobina de descarga. El condensador de acoplamiento y bobina de descarga se muestra en la Figura 2.14.

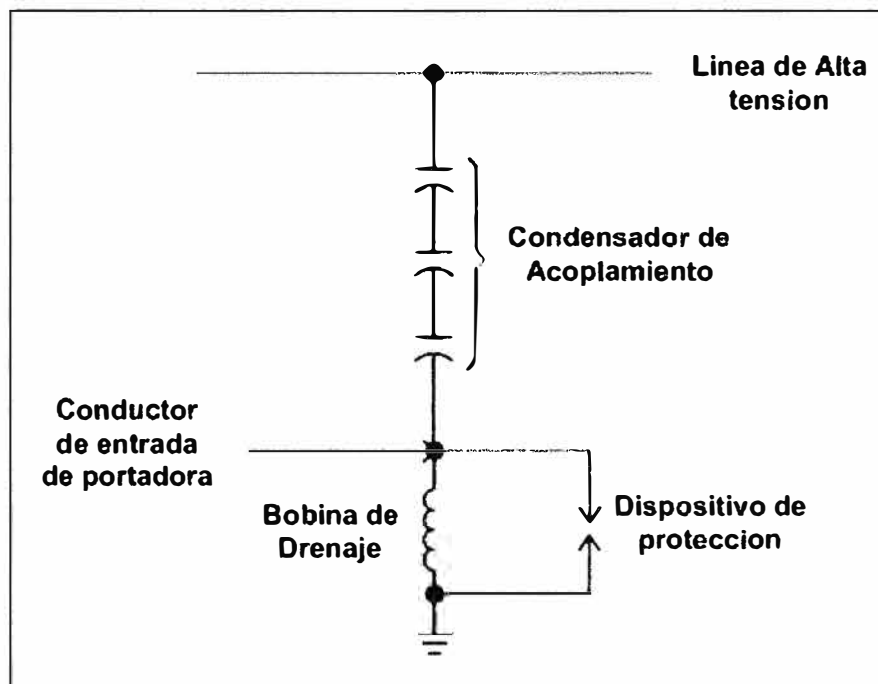


Figura 2.14 Combinación de condensador de acoplamiento y bobina de drenaje

La bobina de bloqueo (circuito LC en paralelo) y el CVT (transformador de tensión capacitivo) juntamente con la unidad de Sintonía (circuito LC en serie) están sintonizados en la banda que se desea transmitir la onda portadora en la línea de alta tensión.

El CVT también tiene con función suministrar la alimentación para la fuente de tensión de los sistemas auxiliares de la subestación (125Vcc/250Vcc), para operar relés de protección, lámparas indicadoras de alarmas, etc.

d. Cable coaxial

El cable coaxial fue creado en la década de los 30, y es utilizado para transportar

señales eléctricas de alta frecuencia. Posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado vivo, encargado de llevar la información, y uno exterior, de aspecto tubular, llamado malla o blindaje, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes. Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico, de cuyas características dependerá principalmente la calidad del cable. Todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante. Ver Figura 2.15.

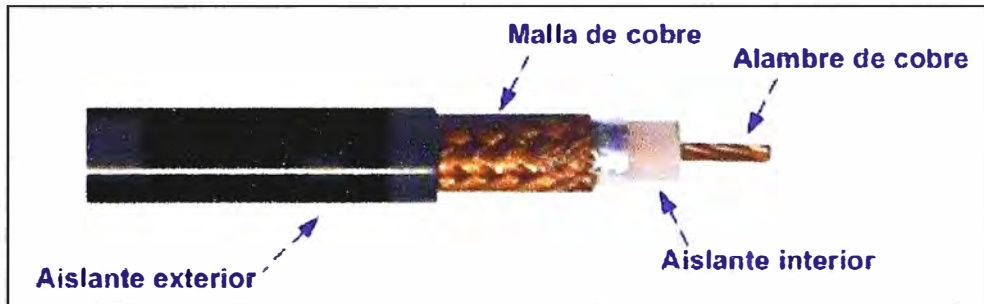


Figura 2.15 Cable coaxial

El cable coaxial es usado para conectar los equipamientos de onda portadora, localizados en la sala de control de la subestación, a las unidades de sintonía las cuales están instaladas en el patio de la subestación. También son utilizados para realizar la interconexión entre unidades de sintonía separadas por largas distancias, para garantizar conexiones de baja impedancia, para conseguir una baja pérdida en la conexión.

La malla de cobre debe ser aterrizada sólo en la terminal de transmisión/recepción, o en sólo una terminación de una conexión entre unidades de sintonía. Es decir está hecho para evitar transferencias de tensiones peligrosas durante eventos de fallas.

e. Equipos terminales de transmisión y recepción

Son equipos de telecomunicaciones que reciben y transmiten la señal de onda portadora, son montados en un Tablero en la sala de control de la subestación. Estos equipos se conectan con las unidades de sintonía que quedan localizadas en el patio de la subestación, junto a los transformadores de tensión capacitivos (capacitores de acoplamiento), esta conexión se hace a través de cables coaxiales blindados. Estos minimizan la interferencia sobre la señal de la portadora causada por ruidos electromagnéticos, tales como el efecto corona, presentes en el ambiente de la subestación.

El sistema a ser analizado en las próximas secciones utiliza un equipamiento de fabricación Siemens, modelo PowerLink para la transmisión de señales de Teleprotección en conjunto con señales de voz y datos. El equipamiento PowerLink suministra un canal bidireccional (transmisión/recepción) de datos de teleprotección, con modulación en amplitud, utilizando la técnica la modulación de amplitud AM de banda lateral única con portadora suprimida.

2.3.3 Métodos de acoplamiento de una señal de onda portadora

En el diseño de un sistema de comunicaciones PLC adquiere gran importancia las tecnologías de acoplamiento en las líneas de media y alta tensión.

Estos esquemas tienen la función de optimizar:

1. La adaptación de impedancias entre las líneas de alta tensión y los equipos de comunicaciones.
2. El ancho de banda disponible.

Se tienen los siguientes esquemas de acoplamiento en su orden del uso general, y que son explicados a continuación.

- Fase-Tierra.
- Fase- Fase.
- Intercircuito.
- Trifásicos.

a. Acoplamiento fase-tierra

En ese arreglo los equipamientos terminales son conectadas entre una fase de la línea de transmisión y la tierra de la subestación, conforme lo muestra la Figura 2.16. [7]

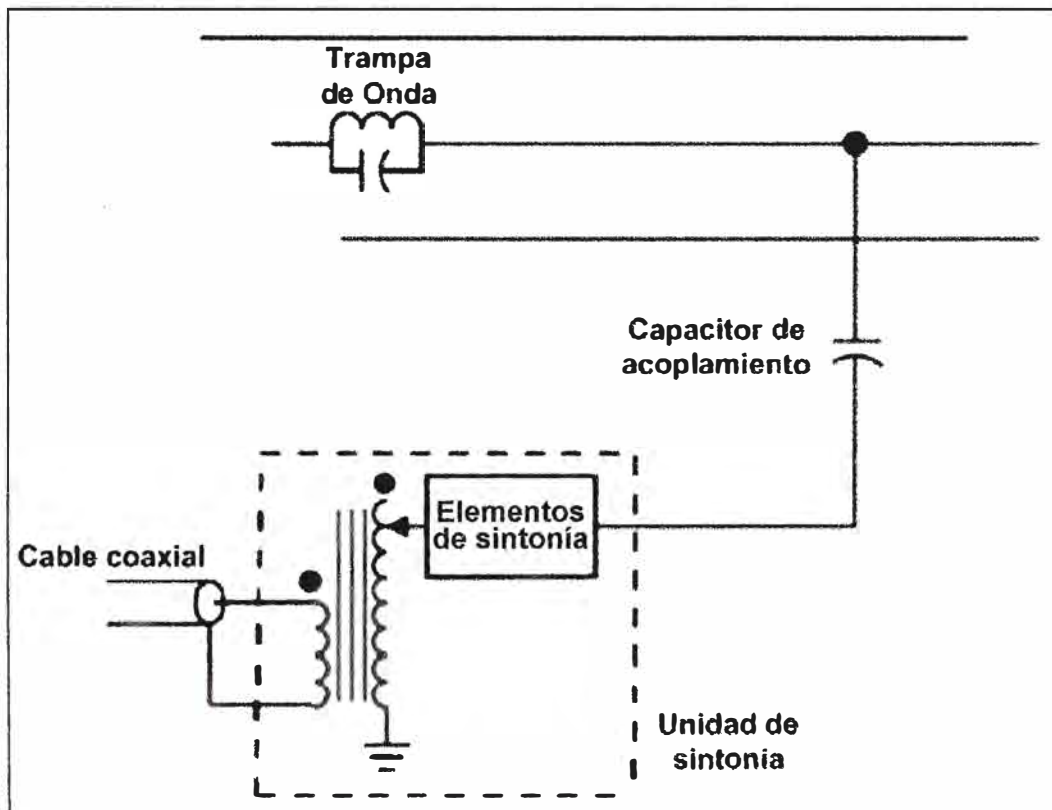


Figura 2.16 Acoplamiento fase a tierra

La trayectoria de retorno para el portador está sobre los dos otros cables de la LT. El condensador se debe conectar siempre con la línea de la fase del centro, puesto que las pérdidas serán menores. La desventaja principal se presenta al ocurrir una falla en la fase

utilizada, produciendo una reducción considerable en nivel de la señal.

La experiencia ha demostrado que usar la fase exterior en una línea de transmisión para el acoplamiento fase a tierra introduce niveles atenuación más alta y ésta se debe evitar o utilizar solamente en líneas cortas.

b. Acoplamiento fase - fase

En este tipo de acoplador, el transmisor-receptor está conectado entre cada fase y funciona esencialmente balanceado a tierra, según la Figura 2.17.

El arreglo del acoplador invierte la fase a tierra cuando un cortocircuito o un circuito abierto ocurren en una de las fases del acoplador, y previene así la pérdida completa de señal. La atenuación más baja se produce cuando el acoplador se conecta a dos fases adyacentes, es decir fase central y fase externa. Si realizamos un arreglo entre las dos fases exteriores, puede funcionar totalmente equilibrado a tierra, pero la atenuación entonces será más alta.

c. Acoplamiento intercircuito

Cuando dos líneas de transmisión son paralelas y recorren las mismas estructuras de soporte, o cuando no están en la misma estructura pero conectan las mismas subestaciones, es posible utilizar un realizar el equivalente a un acoplamiento fase-fase, o aún dos fases de cada circuito de modo a realizar el acoplamiento doble fase - fase, siendo este último, lo que presenta la mayor condición de seguridad y el mayor coste. En la Figura 2.18 se presenta un acoplamiento intercircuito, donde en cada terna hay un acoplamiento fase – tierra. [7]

Con el uso del acoplador intercircuitos, el arreglo invierte la fase a tierra. Esta es la ventaja principal, puesto que si un circuito se encuentra en dificultades actúa el otro, sin embargo, hay un aumento en la atenuación para esta condición que puede llegar a 12dB.

d. Acoplamiento trifásico

En este tipo de acoplamiento, el equipamiento terminal es conectada a la tres fases de la línea de transmisión de acuerdo con la Figura 2.19, este acoplamiento produce la más pequeña atenuación y reduce interferencias. Debido al alto coste de implantación, ya que necesita de tres conjuntos acoplamiento, sólo es utilizado en enlaces críticos o en líneas extremadamente largas de tensión 750 kV.

Como las tres fases son utilizadas para transmitir la señal, existe redundancia y se obtiene un desempeño mejor que en las configuraciones anteriores. La rotura o la ocurrencia de un corto-circuito en uno de los cabos coaxiales no ocasionará pérdida de la señal. En ese caso, el sistema queda automáticamente transformado en acoplamiento fase-fase, de esa forma la atenuación aumenta. [7]

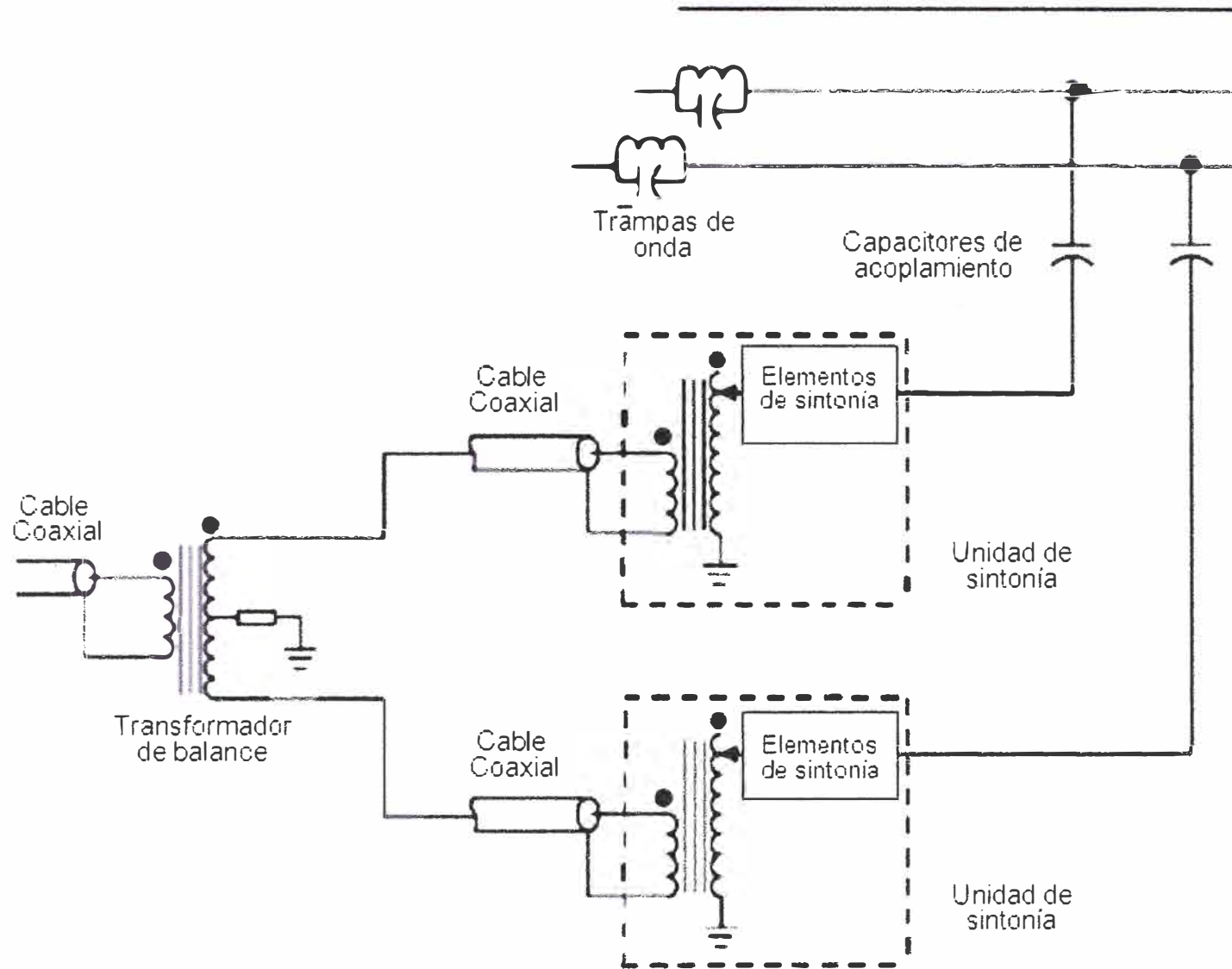
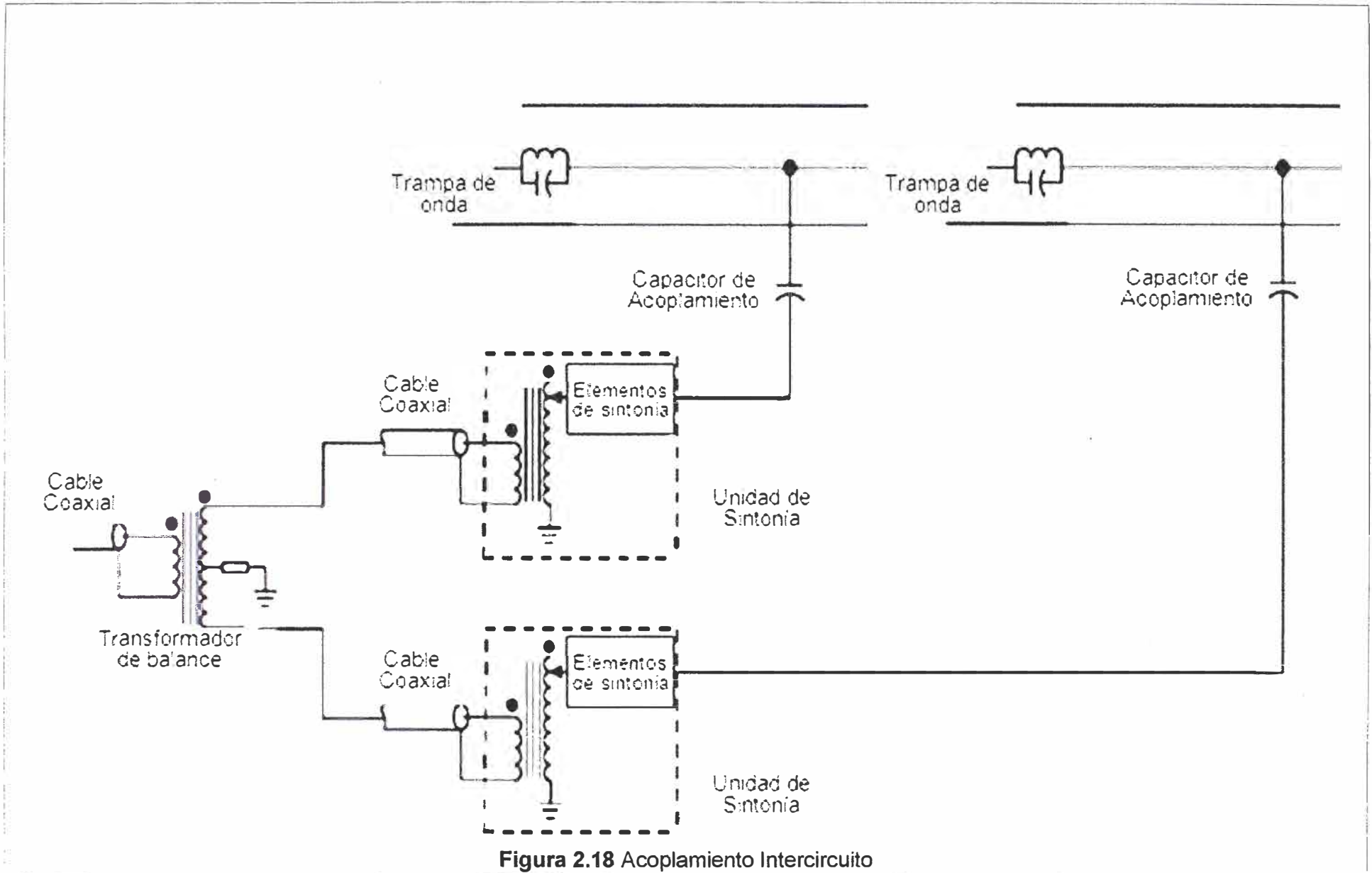


Figura 2.17 Acoplamiento entre fases



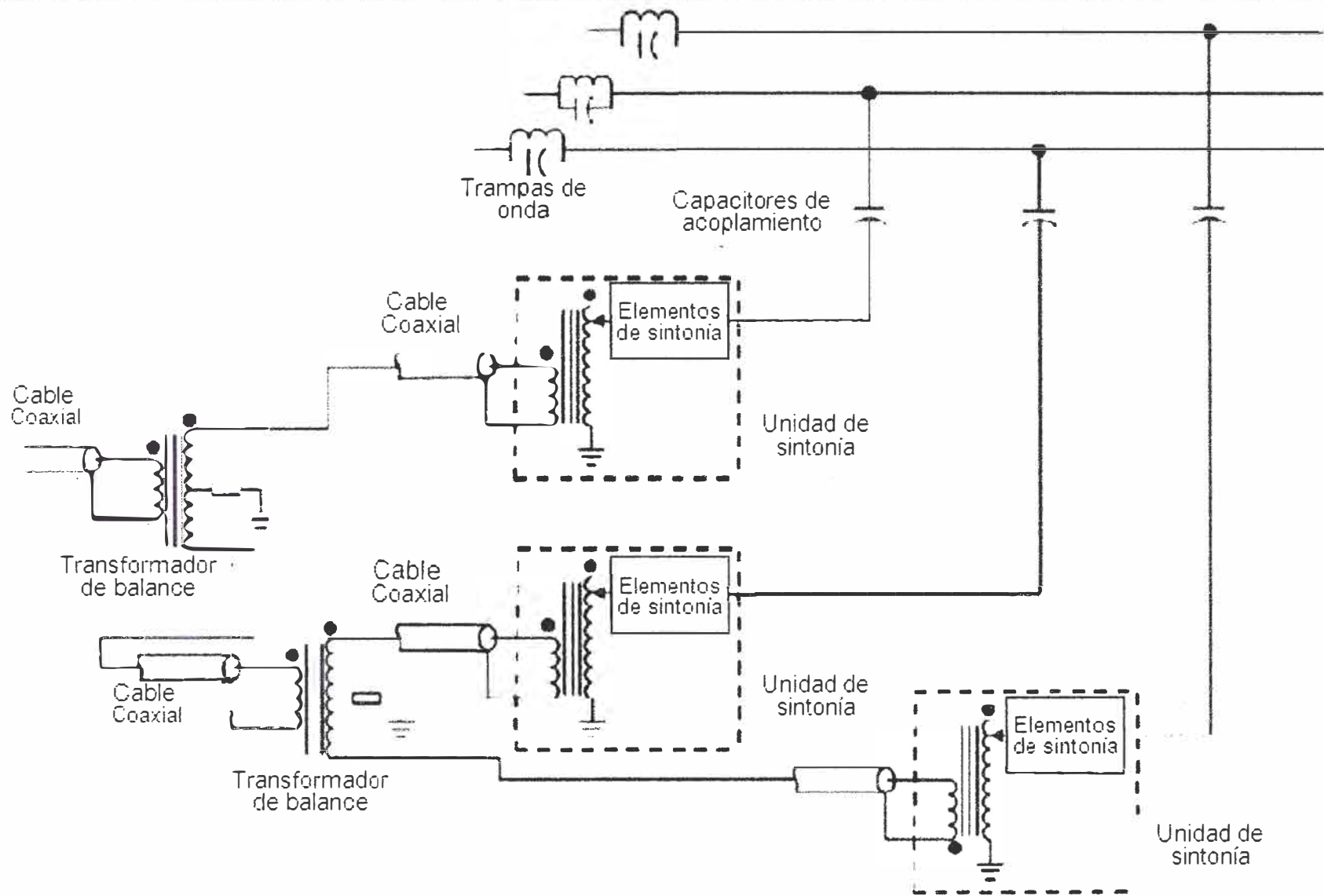


Figura 2.19 Esquema del acoplamiento trifásico

2.4 Equipo de transmisión PowerLink y sus aplicaciones

Los equipos del sistema PowerLink permiten transmitir por onda portadora: telefonía, fax y datos, video para vigilancia, así como señales de teleprotección de red en un rango de frecuencias entre 28 y 500 kHz a través de líneas aéreas de alta tensión y cables de onda portadora.

Las informaciones se transmiten según el método de banda lateral única con supresión de la portadora, la cual tiene la ventaja de alcanzar grandes distancias para la transmisión de la información, aprovechando la energía al máximo y con un ancho de banda mínimo.

El PowerLink permite la transmisión transparente de información sobre los 76,8 kbits/s. Además el sistema PowerLink con interfaz digital combinado con un sistema multiplexor externo o interno puede transmitir múltiples canales de voz y de datos, también posee un canal FSK en capacidad de una transmisión confiable de datos SCADA (2400 bauds máximo.). La Figura 2.20 muestra un esquema de servicios aplicados entre dos subestaciones. [8]

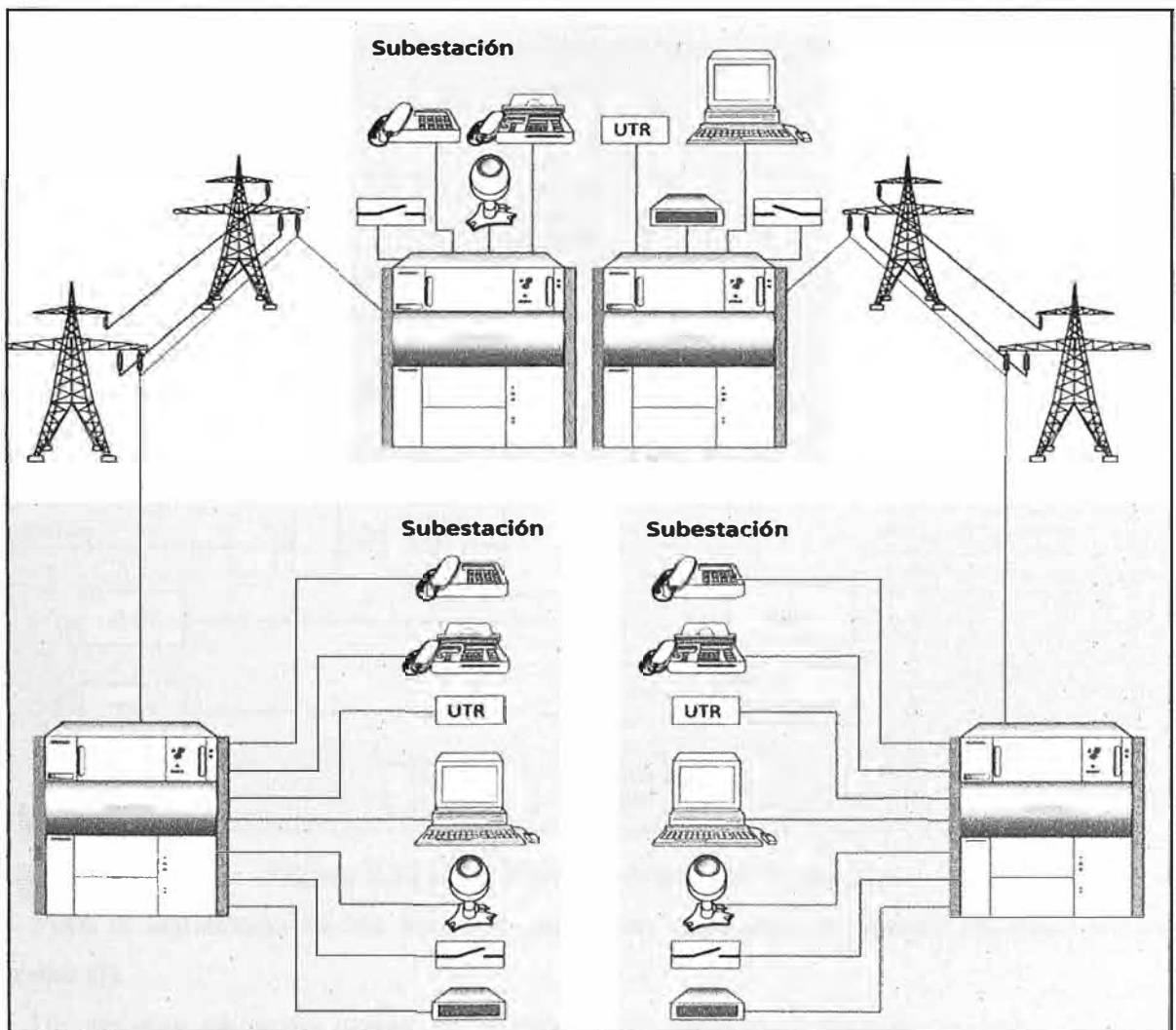


Figura 2.20 Esquema de servicios aplicados entre subestaciones

Estos servicios consisten de teléfonos digital o analógico, Unidad de Terminal Remota (UTR), computador (transmisión de datos), vigilancia por video, relevador de protección y modem.

La configuración puede ser ajustada por PC (Figura 2.21) sin variación en el hardware, lo cual garantiza una fácil modificación en sitio en caso de que la transmisión requiera cambios debido a modificaciones en la red. La Figura 2.22 muestra el diagrama de bloques del PowerLink



Figura 2.21 Configuración vía PC del Equipo PowerLink

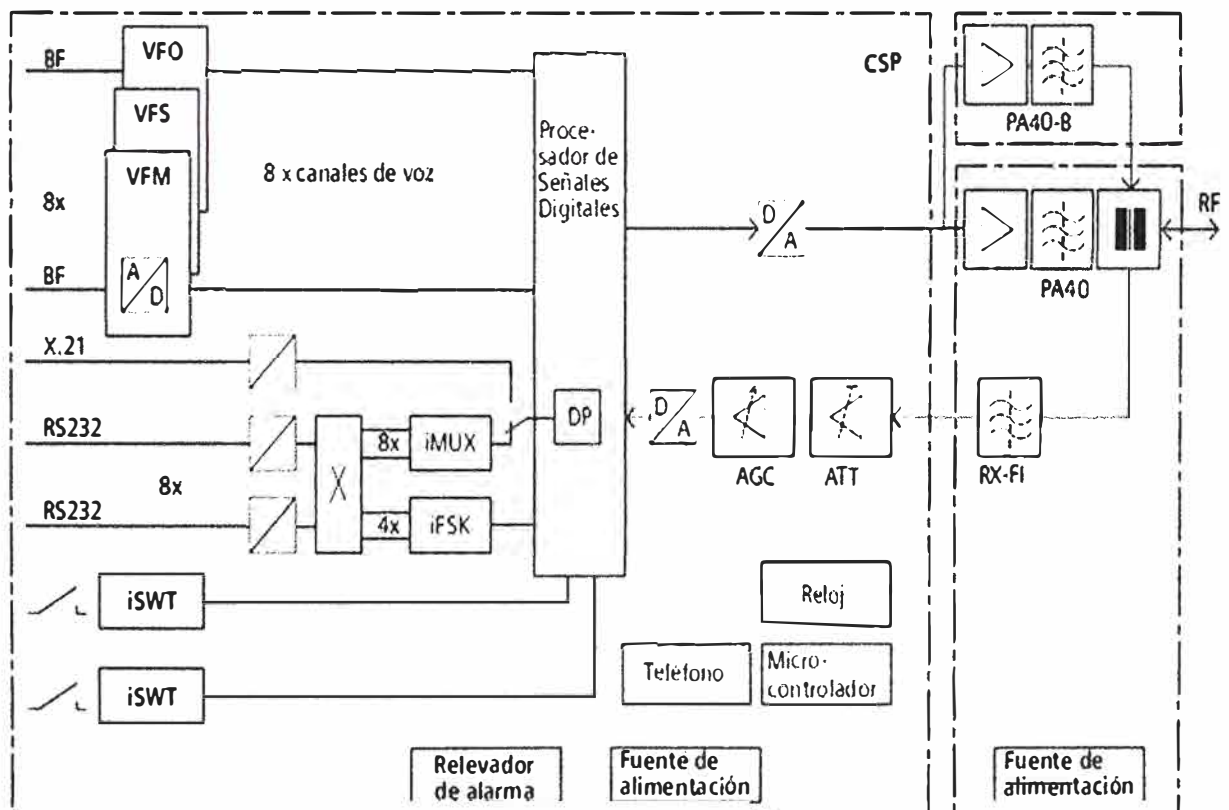


Figura 2.22 Diagrama de bloque del PowerLink

Para el significado de los bloques, se puede consultar el glosario de este informe (Anexo G).

Un sistema de onda portadora brinda varios servicios incorporados entre los más importantes: redes telefónicas, telecontrol, transmisión de datos, teleprotección.

2.4.1 Aplicación del PowerLink en redes telefónicas

Para aplicaciones de redes telefónicas el sistema de onda portadora PowerLink de SIEMENS permite usar un sistema telefónico analógico PABX existente. Ver Figura 2.23.

Además cabe indicar que el sistema PowerLink combinado con el multiplexor externo PMX 3000 FR (multiplexor de técnica "Frame Relay") le permite la conexión de hasta 20 teléfonos por subestación, la capacidad de administración del tráfico de datos, se consigue un uso óptimo de las tasas disponibles de transmisión; basado en que el ancho de banda disponible es solo ocupado cuando las señales de voz u otros servicios son transmitidos, el PMX 3000 FR puede servir como una pequeña central telefónica (PABX) logrando de esta forma el mayor beneficio económico de su equipo (Figura 2.24).

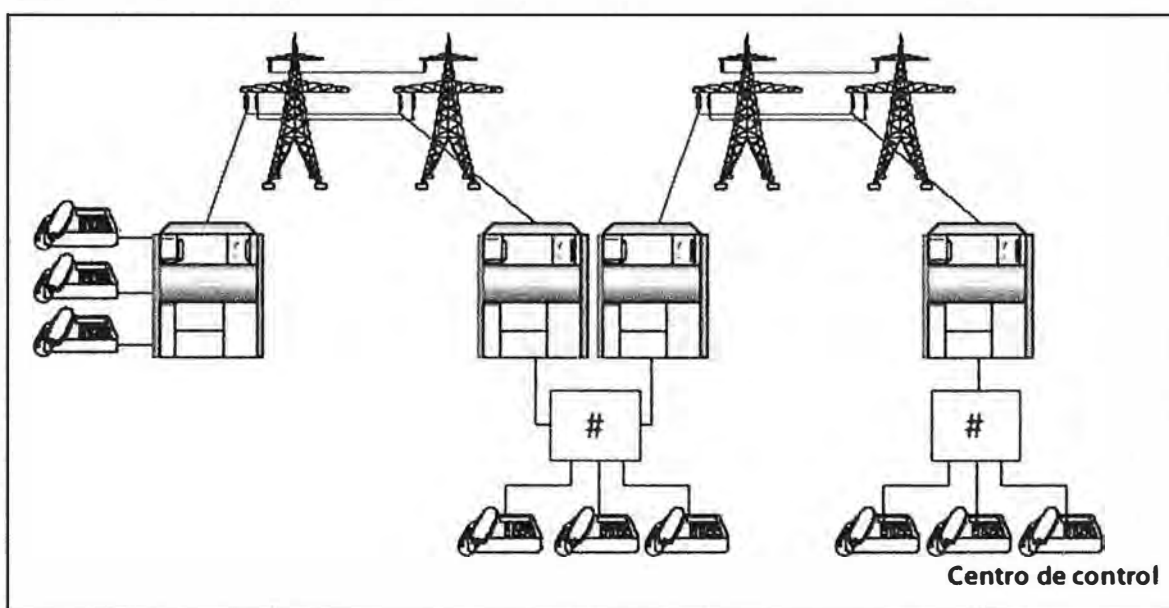


Figura 2.23 Red telefónica sin compresión de voz

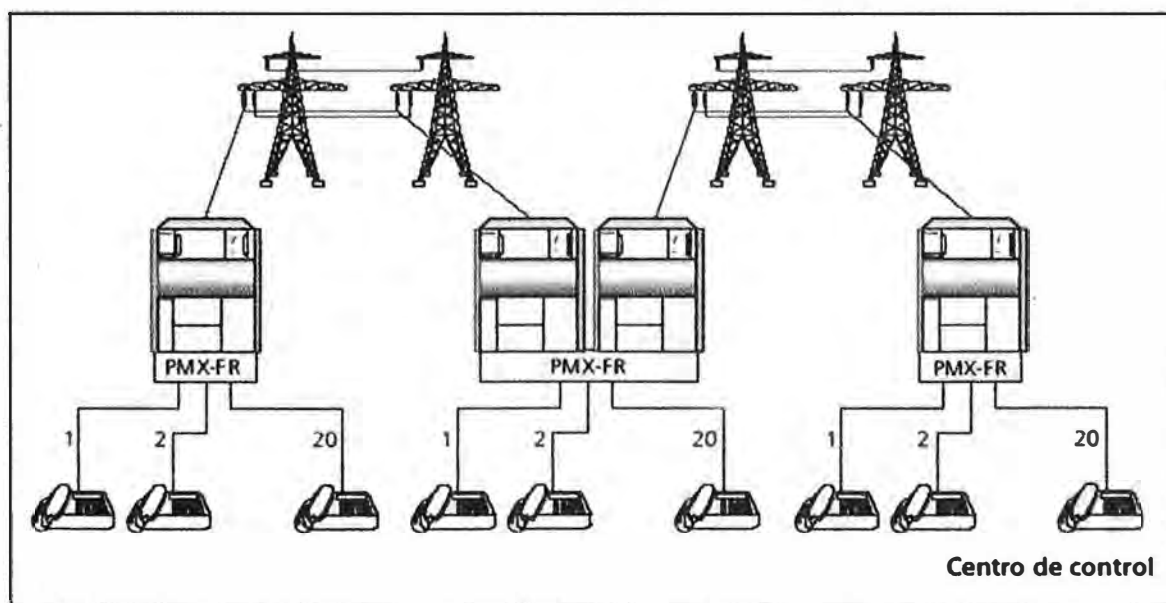


Figura 2.24 Red telefónica con "frame relay MUX"

2.4.2 Aplicación del PowerLink en telecontrol

La petición permanente de los datos de unidad Terminal Remota (UTR) con canal integrado FSK (frequency shift keying) puede llegar a tasa de bits de hasta 2400 Bd o interrogación secuencial de los datos de UTR vía bomba de datos (datapump) con un multiplexor y una tasa de bits de 19.2 kbit/s.

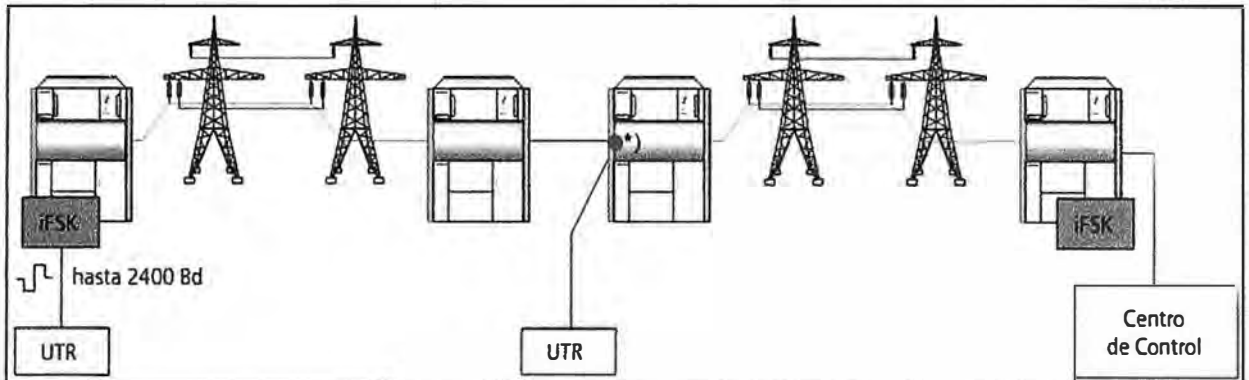


Figura 2.25 Telecontrol por medio del canal FSK Integrado

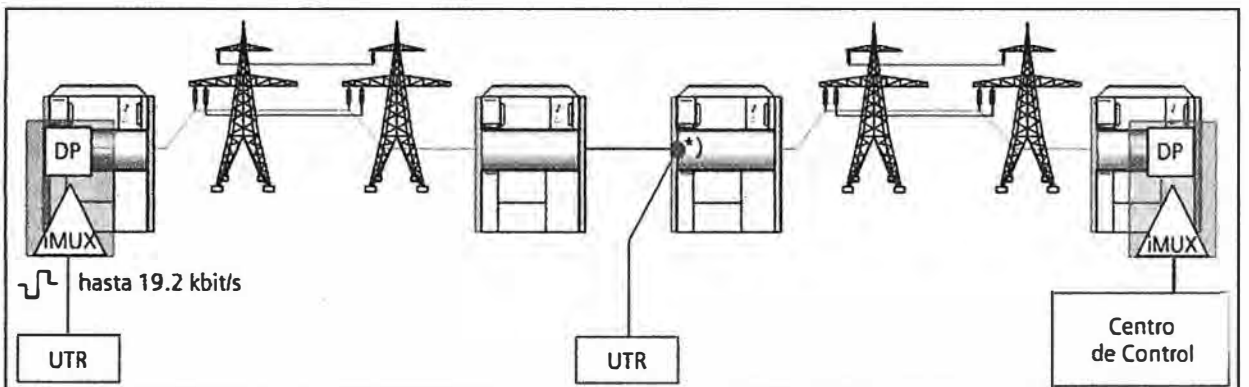


Figura 2.26 Telecontrol por medio de iMUX y bomba de datos (Datapump)

Todas las UTR asignadas al mismo grupo van a recibir la interrogación secuencial desde el Centro de Control. Si una UTR local es activada, la señal RTS (request to send) va a conmutar la línea de transmisión de datos (TxD) a la UTR local.

2.4.3 Aplicación del PowerLink en la transmisión de datos

Los multiplexores integrados (iMUX) permiten la transmisión de hasta 8 canales de datos asincrónicos por medio del multiplexor estadístico integrado con función de administración de prioridades.

La funcionalidad del multiplexor estadístico permite asignar a los puertos en suma una tasa de bits generalizada mayor, que la corriente de bits agregados que el multiplexor puede disponer. Por ejemplo: $8 \times 19,2 \text{ kbit/s} = 153,6 \text{ kbit/s}$. Las señales RTS/CTS controlan cada canal individual. La función de administración asigna la prioridad más alta a los puertos del 1 al 4 (por ejemplo: $4 \times 19,2 \text{ kbit/s}$) y menor prioridad a los puertos del 5 al 8 (por ejemplo: $4 \times 19,2 \text{ kbit/s}$). Los canales con alta prioridad serán siempre transmitidos. Los canales de menor prioridad serán transmitidos según disponibilidad de

la capacidad; por ejemplo si uno o más puertos entre el 1ero. y el 4to. están en estado de reposo.

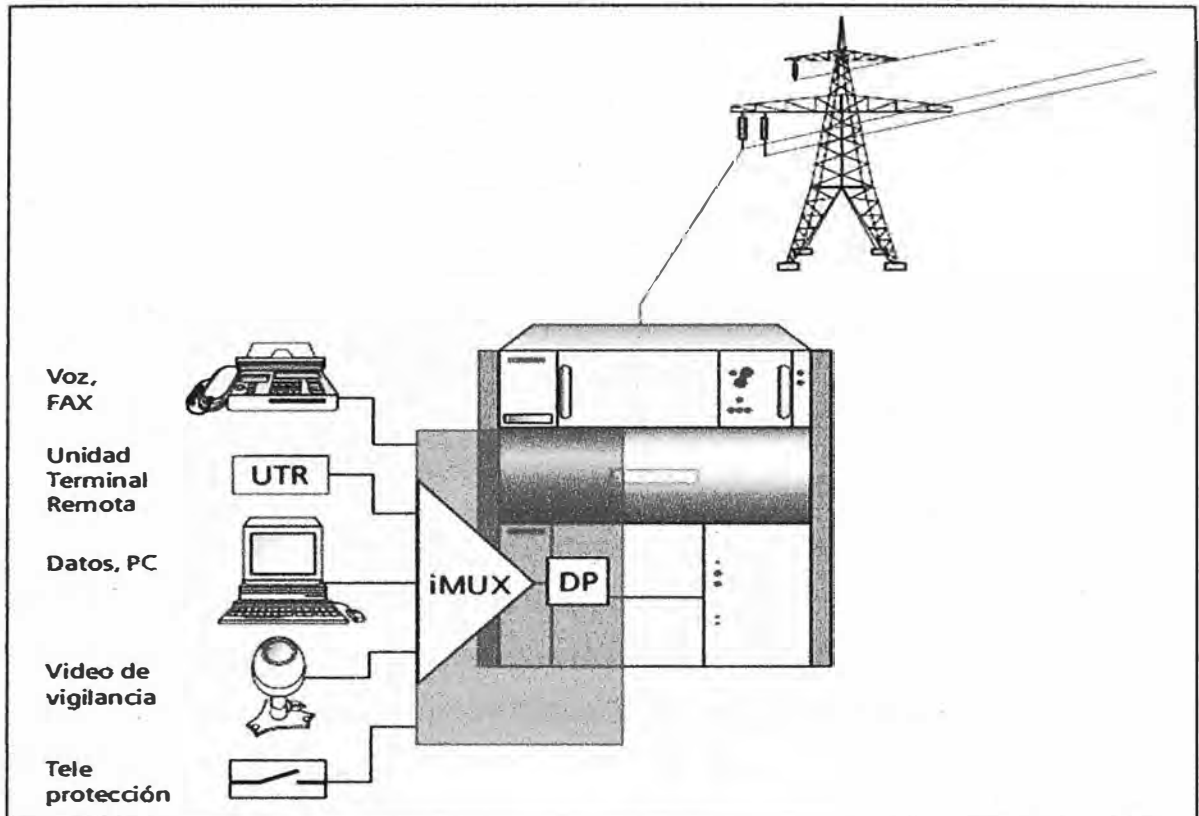


Figura 2.27 Esquema de transmisión de datos con el iMUX y la DP (Bomba de datos)

El PowerLink debe transmitir datos sincrónicos, es decir, pueda trabajar sobre redes PDH y SDH. (Figura 2.28).

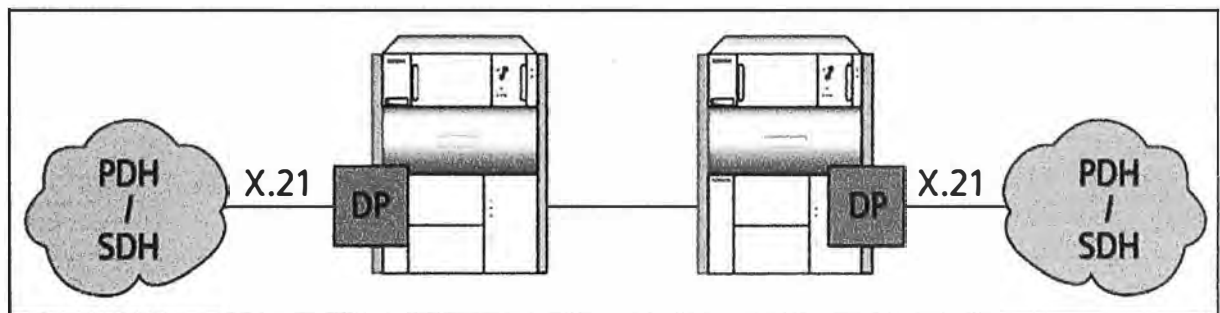


Figura 2.28 Transmisión en PDH/SDH

El PowerLink se puede utilizar para la transmisión de datos entre redes locales (LAN) de las subestaciones a través de la malla de alta tensión (Figura 2.29).

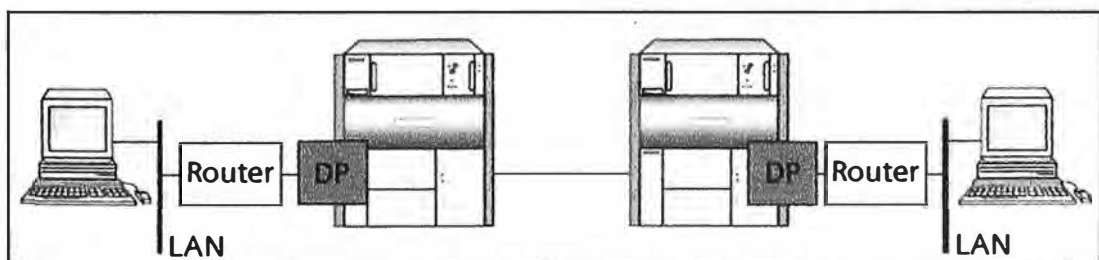


Figura 2.29 Transmisión en PDH/SDH

Si se usa PowerLink en modo analógico, pueden transmitirse hasta cuatro canales de datos convencionales con hasta 2400 baudios a través de modulación FSK y de forma transparente (Figura 2.30).

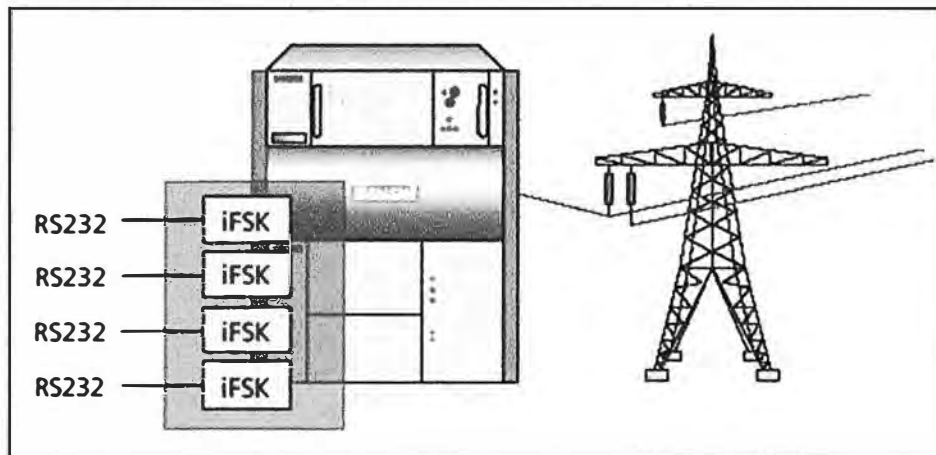


Figura 2.30 Transmisión en FSK

2.4.4 Aplicación del PowerLink en la teleprotección

El PowerLink puede servir de canal para tres sistemas de transmisión de señales de protección independientes (Equipo de teleprotección externo SWT3000).

- Servicio Único (SP)
- Servicio Múltiple Simultáneo (SMP)
- Servicio Múltiple Alternado (AMP)

Las Figuras 2.31 y 2.32 muestran la comunicación con 4 hilos o Fibra Óptica.

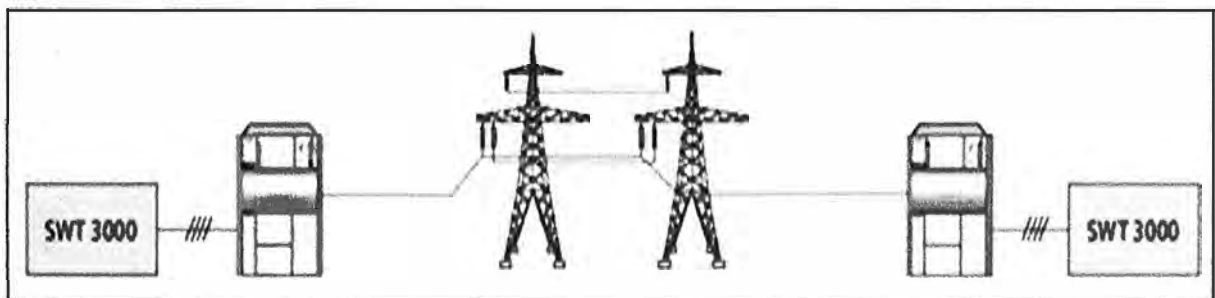


Figura 2.31 Equipo SWT3000 externo – Conexión de 4 hilos

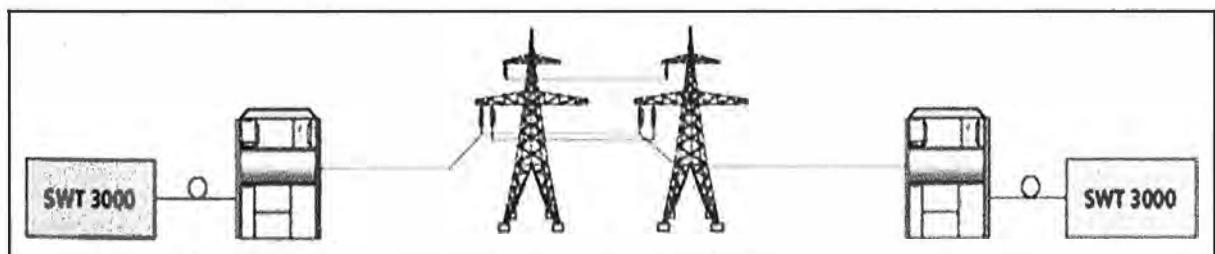


Figura 2.32 Equipo SWT3000 externo – Conexión de fibra óptica

a. Servicio único (SP)

El servicio único de teleprotección consiste en un canal dedicado, es decir, solo cumple con esta función (Figura 2.33).

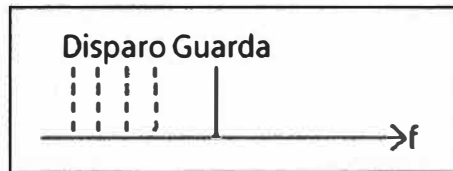


Figura 2.33 Servicio único de teleprotección

b. Servicio múltiple simultáneo (SMP)

El sistema múltiple simultáneo consiste en compartir el canal de teleprotección con voz o datos sin sobreponerse unos con otros, aquí conviven los disparos de guarda con la información (Figura 2.34 y 2.35).

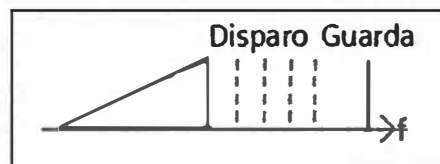


Figura 2.34 Servicio Múltiple Simultáneo (SMP) con canal de voz

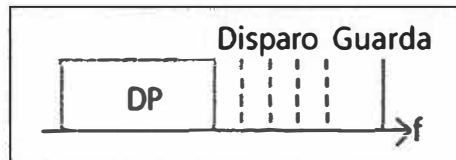


Figura 2.35 Servicio Múltiple Simultáneo (SMP) con bomba de datos

c. Servicio múltiple alternado (AMP)

El servicio múltiple alternado es muy similar al servicio múltiple simultáneo con la diferencia que las señales de voz y datos pueden alternar entre sí en un mismo tramo del ancho de banda.

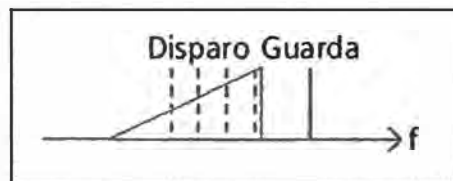


Figura 2.36 Servicio múltiple alternado con canal de voz

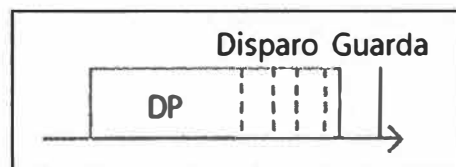


Figura 2.37 Servicio múltiple alternado con bomba de datos

2.5 Sistemas de protección en líneas de transmisión

Los sistemas de protecciones han evolucionado. A través de los años, desde dispositivos con única función de protección hacia sistemas complejos que implican el uso de modernos componentes de hardware y soluciones de software. Estos modernos sistemas de protección zona más selectivos en su detección y funcionamiento. A menudo

exigen un mayor esfuerzo en el análisis y en la aplicación, así como métodos avanzados para su evaluación y prueba.

2.5.1 Sistema de teleprotecciones

Es el sistema de telecomunicaciones aplicado a las protecciones, cuya principal aplicación es la protección de líneas de transmisión y su finalidad es conducir una o más señales del relé de una subestación al relé de la subestación del extremo remoto de una línea de transmisión. La transmisión de la señal es bidireccional, quiere decir que debe ser factible la transmisión simultánea de las señales de una subestación a otra.

Los Equipos de teleprotección constituyen las interfaces entre las Telecomunicaciones y los Relés de Protección (Figura 2.38). [6]



Figura 2.38 Sistema de Protecciones entre subestaciones

2.5.2 Definición de zonas de protección

Considerando una línea de transmisión como objeto a protegerse, mediante funciones de distancia y direccional, se define dos zonas de protección:

a. Zona primaria

Se define como el 100% de la línea de transmisión protegida. Para el caso de la protección de distancia se protege del 80% al 90% de la línea y para cubrir el porcentaje restante se utiliza zona de respaldo

b. Zona de respaldo

Esta zona protege a un porcentaje de las línea de transmisión adyacentes a la zona primaria Estos es únicamente posible únicamente mediante protección de distancia.

2.5.3 Protección de distancia

Este tipo de sistema de protección está basado en la impedancia calculada mediante el valor de voltaje y corriente existentes en el punto de ubicación del relé. A través de la comparación de estas dos señales se obtiene su característica de operación, que puede ser líneas rectas o círculos en el plano R-X.

Los relés para estos sistemas de protección, son relés direccionales cuya actuación

se produce en distintos tiempos según la distancia a la cual se encuentra la falla del relé que la detecta. La ventaja de este sistema de protección es que la actuación es independiente de la corriente de falla, y por tanto del estado de la alimentación de la red en el momento en que se produce la falla.

Se desarrolla a continuación: Criterios de ajustes en la protección de distancia y protección de distancia con canales de comunicación, esquemas de teleprotección

a. Criterios de ajustes en la protección de distancia

Son dos: ajuste en zona Primaria y ajuste en zona de respaldo.

a.1 Ajuste en zona primaria

También llamada zona 1, tiene un alcance del 80% de la longitud total de la línea protegida que trabaja de manera instantánea (0ms), para cubrir el porcentaje restante de la línea y un poco más, es necesario operar con otras unidades en forma temporizada que además serán como respaldo de esta zona.

a.2 Ajuste en zona de respaldo

Existen dos: 2da y 3ra zona:

- Segunda zona Cubre el 100% de la línea protegida y hasta un 20% de la siguiente línea con un retardo de tiempo de entre (200 - 500ms).
- Tercera zona Como se aprecia en el siguiente gráfico esta cubre los dos primeros tramos de la línea en su totalidad y un pequeño porcentaje del tercer tramo con un retardo de tiempo (1 a 2 segundos).

La figura 2.39 se indica un ajuste de zonas para un sistema radial.

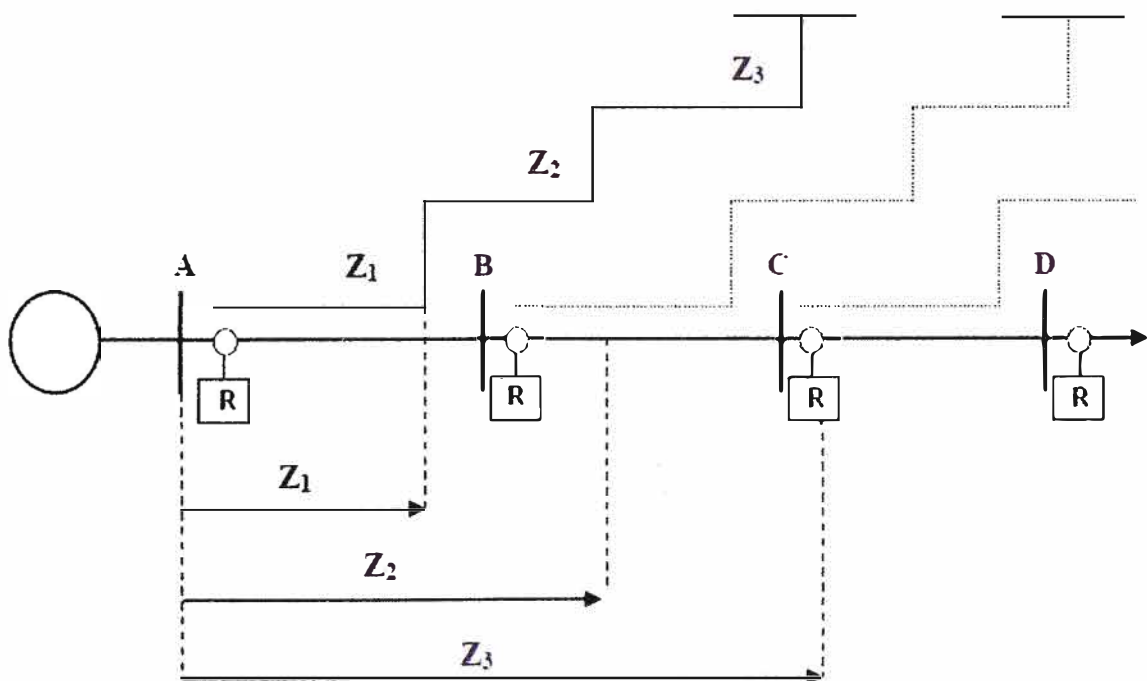


Figura 2.39 Ajuste de zonas para un sistema radial

Todo este ajuste es hacia el sentido de operación del relé, por otra parte se podría decir que estas dos últimas zonas también se aprovechan para dar respaldo (respaldo remoto) a los transformadores, ya que en muchos casos estas zonas alcanzan a cubrirlos.

b. Protección de distancia con canales de comunicación

Para proteger el 100% de la línea de transmisión cubriendo la zona primaria, es necesario el empleo de canales de comunicación en esquemas de teleprotección.

Los relés ubicados en los extremos poseen canales para intercambiar información y de esta manera logran selectividad para despejar las fallas ocurridas en su alimentador o línea protegida sin tiempos de retraso, el esquema se muestra en la Figura 2.40.

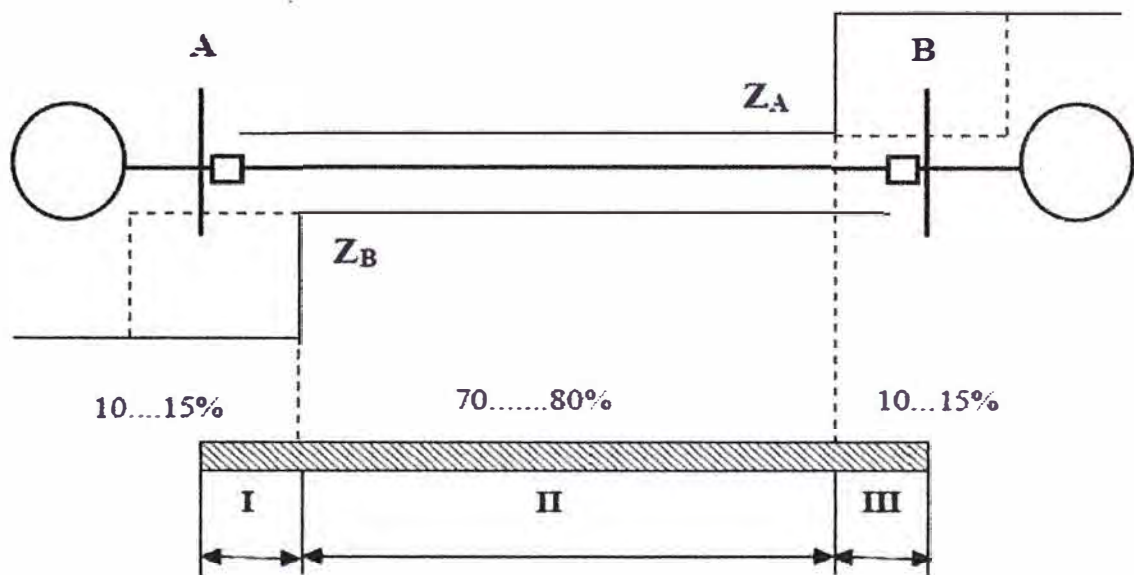


Figura. 2.40 Zonas de retraso en Zona Primaria

Falla en la sección II: Disparo rápido en los dos extremos de la línea por zona de bajo alcance.

Falla en la sección I o II: Retraso de disparo en cada extremo por zona 2, Disparo rápido requiere intercambio de información en los dos finales de línea.

Los siguientes medios pueden aplicarse:

- Hilo piloto: tienen una protección especial y son aislados contra voltajes inducidos provenientes del mismo sistema, usados en distancias de hasta 25km aproximadamente.
- Sistemas PLC: para líneas de transmisión de alta tensión, hasta 400km
- Microondas: para distancias mayores de 50km pero con línea de vista directa entre los elementos.
- Fibra Óptica: Usado para enlace directo con distancia hasta los 150km y para mayores distancias con amplificadores repetidores.

c. Esquemas de teleprotección

Son los siguientes: Disparo transferido directo de bajo alcance (DUTT), Disparo

transferido permisivo de bajo alcance (PUTT), Disparo transferido permisivo de Sobre alcance (POTT).

c.1. Disparo transferido directo de bajo alcance – DUTT

En este esquema el interruptor es abierto directamente al recibir un señal, su zona de trabajo tiene un alcance de alrededor del 80% de la línea protegida y se aplica normalmente con un canal de comunicaciones FSK. Con este tipo de canales la frecuencia de guarda se transmite durante condiciones normales y en condiciones de falla el transmisor es conmutado a una frecuencia de disparo. [9]

Cada extremo da orden de disparo cuando ve la falla en zona 1 o cuando recibe orden de disparo del otro extremo. La Figura 2.41 ilustra este esquema.

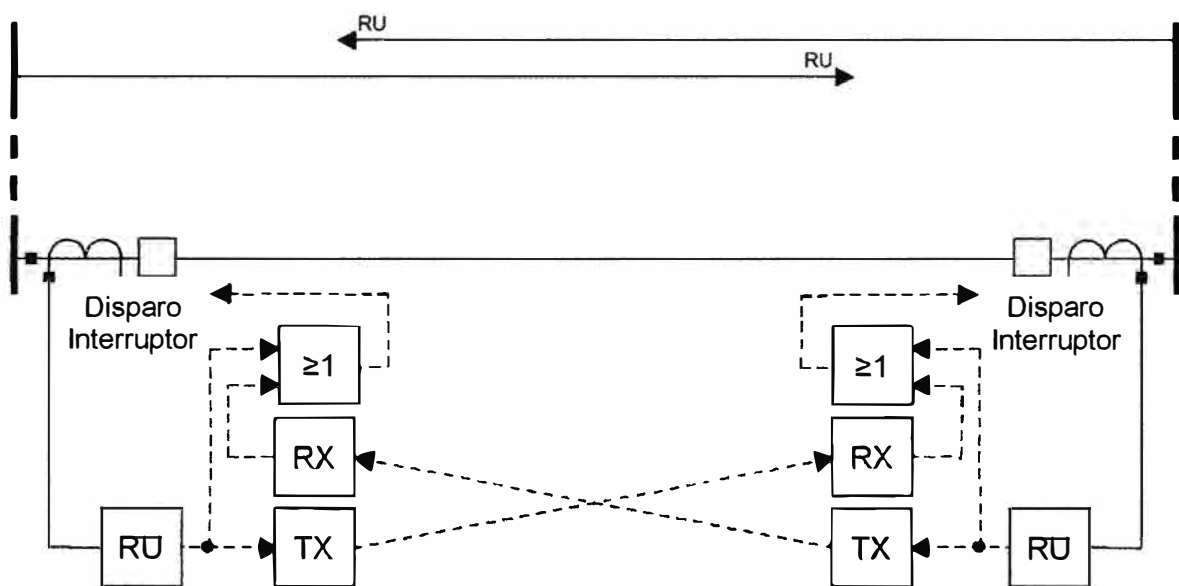


Figura 2.41 Esquema de disparo directo subalcanzado - DUTT

Donde:

TX: Transmisor de teleprotección

RX: Receptor de teleprotección

RU: Debe ser ajustado para bajo alcance y se debe traslapar con el alcance del RU de la zona remota.

Este esquema también es conocido como Disparo Directo, razón por la cual, al producirse una señal de disparo errónea puede ocasionar una falsa operación del relé y generar problemas en el sistema.

c.2. Disparo transferido permisivo de bajo alcance – PUTT

Trabaja con dos zonas, la primera zona es la zona de protección con un alcance de alrededor del 85% de la línea protegida (bajo alcance) y la otra es una zona de arranque con un alcance que sobrepasa el 100% de la línea protegida, aproximadamente el 120% (sobre alcance).

Este esquema es idéntico al esquema DUTT sólo que todo disparo piloto (visto en

zona 1 de uno de los extremos) es transmitido al otro extremo (disparo permisivo) y es supervisado por una unidad que tiene un alcance de zona 2 del otro extremo. La Figura 2.42 ilustra este esquema. [9]

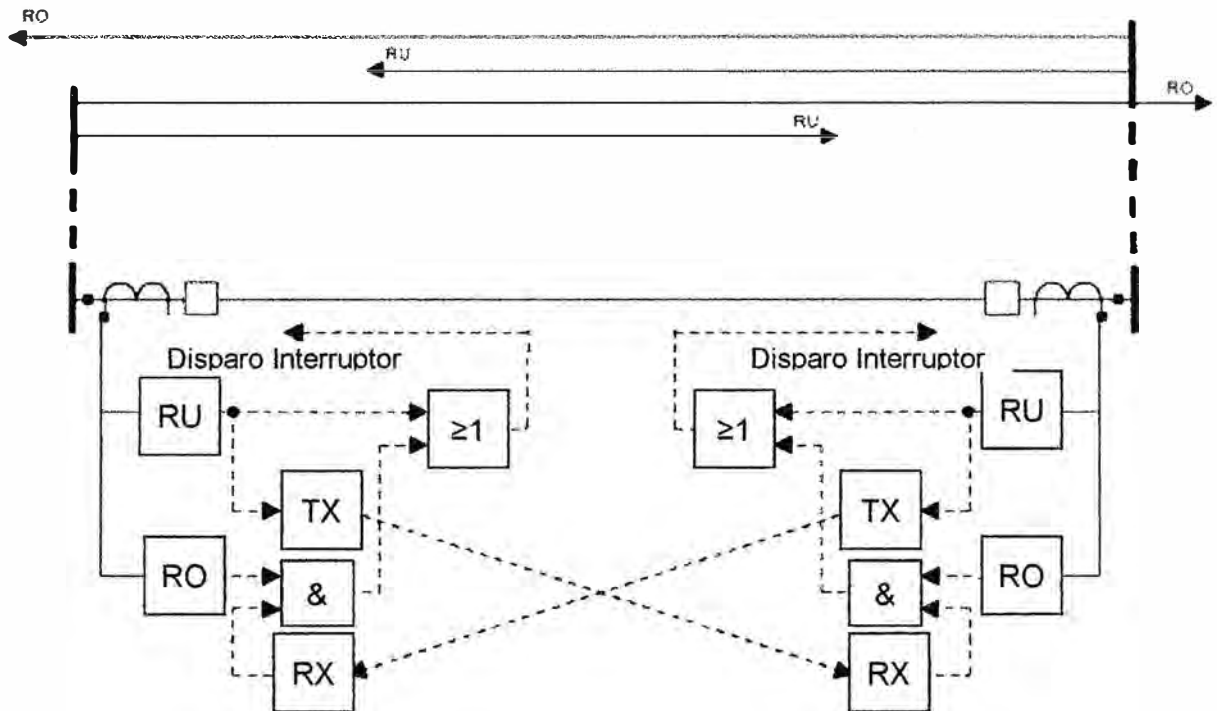


Figura 2.42 Esquema de disparo permisivo subalcanzado

Donde:

RU: Debe ser ajustado para bajo alcance y se debe traslapar con el alcance del RU de la zona remota.

RO: Debe ser ajustado para sobre alcance

El esquema de teleprotección de bajo alcance permisivo, PUTT; es reconocido como seguro, dado que no ocasiona falsos disparos, aunque tiene algunas limitaciones para detectar fallas de alta impedancia, lo cual es de gran importancia en líneas largas.

c.3. Disparo transferido permisivo de sobre alcance – POTT

Este método es más usado en alimentadores pequeños, su zona de operación sobrepasa el 100% de la línea protegida, por lo general el 120%, se usa frecuentemente con canales de comunicaciones FSK en los que se envía la señal de guarda permanentemente y se conmuta hacia una señal de disparo cuando opera alguna de las unidades de sobrealcance.

El disparo se produce si se recibe una señal de disparo del otro extremo y se tiene una señal de sobrealcance en el punto de instalación del relé. [9]

Con fallas externas solamente operará una de las unidades de sobre alcance y por esto no se efectuará disparo en ninguno de los terminales. La Figura 2.43 ilustra este esquema.

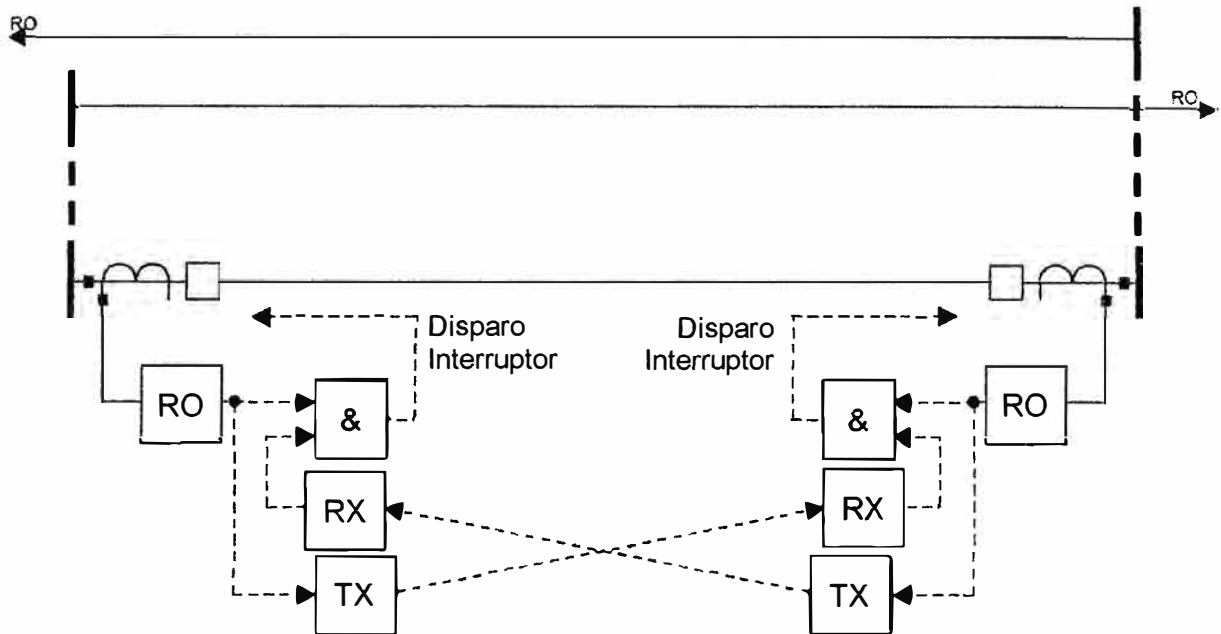


Figura 2.43 Esquema de disparo permisivo sobrealcanzado - POTT

Donde:

RO: Debe ser ajustado para sobre alcance

Este sistema requiere de coordinación de protecciones y un análisis de la transmisión de señales para prevenir operaciones erróneas, como es el caso de la inversión de corriente.

2.5.4 Protección direccional de sobrecorriente de fases (67) y de tierra (67N)

Este esquema consta de cuatro elementos de sobre corriente de tiempo, uno para cada fase y uno para la corriente residual (tierra). Las unidades instantáneas y de sobrecorriente de tiempo usadas en relés direccionales son idénticas en operación y diseño a las usadas en relés de sobrecorrientes no direccionales, con la diferencia que la operación de una o ambas unidades es controlada o supervisada por cada unidad direccional, con lo cual los relés de sobrecorriente direccional solo responden a fallas en una sola dirección.

La direccionalidad viene dada por una entrada que puede ser de voltaje, de corriente o de ambas. Los relés direccionales de fase son polarizados por el voltaje de fase, mientras que los relés de tierra emplean varios métodos de polarización, usando cantidades de secuencia cero o de secuencia negativa.

Las unidades direccionales que se polarizan con secuencia negativa se prefieren en los casos donde los efectos de acoplamiento mutuo de secuencia cero hacen que las unidades direccionales de secuencia cero pierdan direccionalidad (líneas largas de doble circuito por ejemplo).

Los requerimientos de ajuste de la corriente de arranque del elemento instantáneo y las características de corriente-tiempo son similares a los relés de sobre corriente no

direcciona, pero considerando solo las fallas en dirección hacia adelante

2.5.5 Disparo directo transferido - DDT

Se denomina Disparo Directo Transferido ó DDT a la generación y emisión de una señal de disparo a los interruptores del extremo opuesto de una línea, a través de los equipos de comunicaciones.

Se trata de un disparo tripolar duplicado (Sistemas Principal y Respaldo), implementado en redes de 220 kV a 500 kV, transmitido de un extremo a otro en una línea de transmisión. Utiliza igual equipamiento de comunicaciones que el dedicado a la teleprotección, con la diferencia que no interviene necesariamente la protección de distancia especialmente si la lógica de emisión no está integrada a las protecciones. [10]

a. Casos donde se aplica un disparo directo transferido

La apertura del extremo opuesto de una línea se da en los siguientes casos:

a1. Protecciones

Por lo general se trata de casos obligatorios, como, por ejemplo, la función de interrumpir el aporte del extremo remoto, ante fallas en reactores rígidos a la línea (sin interruptor, sólo con seccionador), así como para situaciones de falla interruptor, con acción de disparo decidida por la protección de falla del interruptor, especialmente ante cortocircuitos en barras.

a2. Necesidades operativas

En líneas de gran longitud y reactivo capacitivo, al operarse la apertura tripolar de un extremo, por protecciones o por maniobras, puede elevarse la tensión en la línea a valores no admisibles para el equipamiento. Ante tal circunstancia, el valor de tensión del extremo que ha quedado cerrado puede no ser tan elevado como para ser detectada, en forma sencilla, la perturbación del extremo opuesto. En otros casos resulta inconveniente mantener energizada una línea desde un determinado extremo por los problemas derivados del elevado consumo de reactivo. Por ello, cualquier apertura trifásica (por protecciones o por apertura manual) originada en un extremo deberá generar una señal DDT hacia el otro extremo.

De los orígenes mencionados anteriormente, el segundo engloba al primero. Podría pensarse, por lo tanto, en simplificar el planteo y establecer como principio que siempre que se abra un extremo se debe producir la apertura del extremo opuesto por el comando DDT. Esto último sería válido excepto por la inconveniencia que supone contar con una acción como la indicada si la misma no es imprescindible, atendiendo a razones de confiabilidad. Para resolver este conflicto se requerirá especificar el comando DDT para el caso más general y diseñar la lógica para que, mediante adecuados puentes en bornera ó cambiando la configuración lógica, puedan desactivarse selectivamente

determinados circuitos, teniendo en cuenta los posibles cambios del sistema eléctrico.

Para el caso de la DDT se utilizarán equipos de teleprotección con señales codificadas en binario con altas exigencias de control en la recepción, incluyendo la posibilidad de ajuste del tiempo de decisión o evaluación de la señal en el receptor.

Se recomienda que las órdenes de arranque y de disparo para el comando DDT se den mediante dos contactos para aumentar el grado de seguridad.[10]

b. Envío y recepción de un disparo directo transferido

Hay causas y consideraciones que se deben tomar al efectuarse un envío y recepción de un disparo directo transferido.

b1. Emisión de un disparo directo transferido

Las causas más generales de emisión de un disparo directo transferido son:

- Emisión por protecciones: Cualquier orden de disparo de las protecciones que ocasione la apertura trifásica definitiva de la línea deberá conducirse al extremo opuesto sin esperar la confirmación de la apertura en el propio extremo.

Esto comprenderá, entre otras, a las señales de disparo generadas por la lógica de la protección de falla del interruptor, a las producidas por las protecciones de reactores conectados directamente a la línea, etc.

- Emisión por apertura manual de la línea: Cuando una orden de apertura manual ocasione la apertura de la línea, deberá abrir el extremo opuesto.

b2. Recepción de un disparo directo transferido

La confiabilidad en la recepción está muy influenciada por el grado de seguridad, ya que la señal de recepción ocasiona el disparo de los interruptores sin otra condición adicional. Por lo tanto, deberán tomarse las medidas adecuadas en los equipos de teleprotección y en el enlace en general para garantizar un grado de seguridad adecuado.

Si la situación fuera crítica y todas las medidas adoptadas no fueran aún suficientes se apelará a algún grado de redundancia serie (ó serie paralelo) para aumentar la seguridad.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo describe la solución implementada para el caso de estudio.

3.1 Planteamiento de la solución

Para contar con un servicio de teleprotecciones en la Subestación Desierto 220 kV es necesario primero contar con un sistema de telecomunicaciones en la nueva subestación de la Compañía Minera Milpo y ampliar el sistema de telecomunicaciones existente (Enlace: S.E. Chilca REP - S.E. Independencia), para lograr ello es necesario incorporar dos nuevos enlaces de telecomunicaciones:

- S.E. Chilca REP - S.E. Desierto
- S.E. Desierto - S.E. Independencia

3.1.1 Alternativas de solución al problema

Para que la SE Desierto 220 kV cuente con el servicio de teleprotecciones, los nuevos enlaces de telecomunicaciones, pueden implementarse usando los siguientes sistemas:

- Sistema de Onda Portadora
- Sistema de Microondas
- Sistema de Fibra Óptica

En cada uno de los sistemas de telecomunicación tiene ventajas y desventajas, tal como se muestra en la tabla 3.1. Para decidir la solución a implementarse se debe evaluar el aspecto técnico - económico y escoger el que más convenga.

Se opta como solución, el sistema por Onda Portadora por cuanto las subestaciones Chilca REP e Independencia ya se comunicaban utilizando esta tecnología con equipos de última generación en sistemas de onda portadora. Por otro lado para el presente proyecto, los costos de implementación para el sistema de telecomunicaciones por onda portadora es mucho menor al sistema de telecomunicaciones por Fibra Óptica, el cuadro comparativo, se muestra en la tabla 4.8 del capítulo IV.

Cabe mencionar que un sistema de teleprotecciones siempre debe contar con la disponibilidad de un sistema de telecomunicaciones, es por esta razón que el sistema de telecomunicaciones cuenta con un sistema de respaldo. Para el presente proyecto el sistema principal de telecomunicaciones es por Onda Portadora y el sistema de respaldo es por Microondas.

Tabla 3.1 Ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de telecomunicaciones

SISTEMA APLICADO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ONDA PORTADORA	<p>Constituye un método económico en el caso de pequeños y medianos volúmenes de información sobre distancias medianas grandes.</p> <p>Garantiza las comunicaciones elevado grado de seguridad para el caso de los servicios de telefonía, telecontrol y de teleprotección.</p> <p>Pueden ser integrados fácilmente a otras tecnologías de comunicación tales como fibra óptica y conexión a microondas.</p>	<p>Áncho de banda pequeño.</p> <p>Baja velocidad de transmisión.</p> <p>Necesidad de sistemas de acoplamiento y bloqueo</p>
MICROONDAS	<p>Costo de inversión generalmente más reducido.</p> <p>Alta capacidad de comunicaciones</p> <p>Instalación más rápida y sencilla.</p>	<p>Para grandes distancias son necesarios repetidores.</p> <p>Muy sensible frente a fenómenos atmosféricos</p> <p>Saturación del espectro de frecuencias</p>
FIBRA OPTICA	<p>Gran ancho de banda y muy alta capacidad de comunicaciones</p> <p>Atenuación baja de la señal para grandes distancia.</p> <p>Inmunidad electromagnética.</p> <p>Seguridad y aislamiento eléctrico.</p>	<p>Costo alto en equipos e instalación.</p> <p>Las técnicas de empalmes son complejas y se necesitan de equipos muy caros y personal calificado.</p> <p>La instalación de los conectores es compleja.</p>

3.1.2 Solución al problema de telecomunicaciones

El problema de telecomunicaciones en la S.E Desierto 220kV, se resuelve implementando dos sistemas por onda portadora digital PowerLink de la marca SIEMENS. El esquema de la solución implementada la presentamos en la figura 3.1. Donde PL son los equipos de Transmisión/ Recepción PowerLink.

Los sistemas por Onda Portadora digitales PowerLink están diseñados con los más altos estándares de comunicación para protección de redes eléctricas, y pueden ser integrados fácilmente a otras tecnologías de comunicación tales como fibra óptica y conexión a satélites.

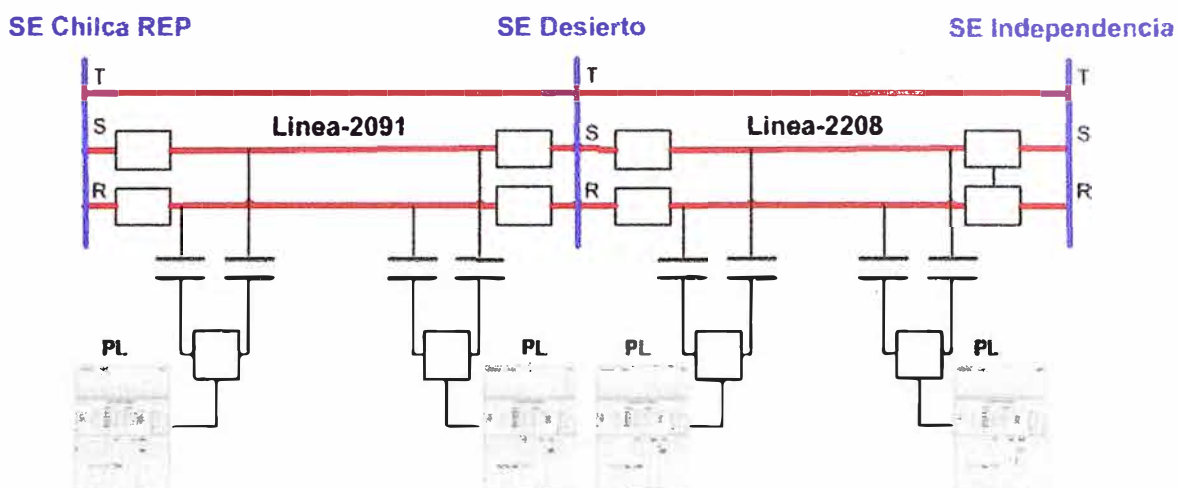


Figura 3.1 Esquema de la configuración del sistema de comunicaciones PLC

Se debe considerar que la protección debe accionarse en un tiempo tan corto como sea posible. El tiempo de transmisión máximo para una señal de protección en un sistema de comando (sin tomar en cuenta el tiempo de propagación) y para una seguridad de funcionamiento y una SRN definida debe ser:

- menor a 20 ms para sistemas de bloqueo
- menor a 40 ms para sistemas de disparo permisivo
- menor a 60 ms para sistemas de disparo interno.

Para estos tiempos, la probabilidad de tener un comando perdido será:

- menor a 10^{-3} para sistemas de bloqueo
- menor de 10^{-2} a 10^{-3} para sistemas de disparo permisivo
- menor de 10^{-3} a 10^{-4} para sistemas de disparo interno.

3.1.3 Servicio de teleprotección

Para las protecciones de las líneas de transmisión ubicadas entre las SE. Chilca REP, SE Desierto y SE Independencia se provee equipos de teleprotección SIEMENS, iSWT3000, integrado al equipo de onda portadora PowerLink.

El sistema de teleprotección, deberá contar con un canal de datos dedicado para la actuación de los relés al presentarse una falla; deberá suspenderse el servicio de voz en su ancho de banda, solo en el instante en que el servicio de teleprotecciones se presente; una vez terminado con la orden respectiva, se restablece el servicio de voz; se mantienen inalterables los servicios de datos y telecontrol.

3.2 Dimensionamiento de equipamiento y hardware

Se muestra el equipamiento para la solución en las tres subestaciones. En las figuras 3.2 a 3.4, se describe el esquema de configuración del sistema de comunicaciones de onda portadora de cada una de las tres subestaciones, indicando el equipamiento que forma parte de los enlaces de datos Chilca REP-Desierto y Desierto-Independencia. Así

mismo se proporciona el esquema general a nivel de bloques (Anexo H), el cual incluye las tres estaciones y el sistema de respaldo de microondas.

3.2.1 Equipos instalados en la SE Chilca REP

El gabinete de telecomunicaciones de la subestación Chilca correspondiente al enlace Chilca - Desierto está equipado de:

- Un (01) equipo de transmisión por onda portadora PowerLink con teleprotección integrada iSWT3000 para 4 comandos independientes. Se contará con la interfaz X.21 para transmisión síncrona de datos. Adicionalmente como respaldo para las comunicaciones de datos y voz, se tendrá un multiplexor integrado de 4 canales con bomba de datos dinámica para transmisión de datos asíncronos. Este Powerlink funcionará en un esquema fase – fase.
- Un (01) equipo externo de teleprotección SWT3000 con interfaz G703.1 a 64 kbps para transmisión digital.

3.2.2 Equipos instalados en la SE Desierto

Se describe equipamiento y hardware de los enlaces de telecomunicaciones: Desierto –Chilca REP, y Desierto-Independencia.

a. Enlace de telecomunicaciones Desierto - Chilca REP

El gabinete de telecomunicaciones de la subestación Desierto correspondiente al enlace Desierto – Chilca REP estará equipado de:

- Un (01) equipo de transmisión por onda portadora PowerLink con teleprotección integrada iSWT3000 para 4 comandos independientes. Se contará con la interfaz X.21 para transmisión síncrona de datos. Adicionalmente como respaldo para las comunicaciones de datos y voz se tendrá un multiplexor integrado de 4 canales con bomba de datos dinámica para transmisión de datos asíncronos. Este Powerlink funcionará en un esquema fase – fase.
- Un (01) equipo externo de teleprotección SWT3000 con interfaz G703.1 a 64 kbps para transmisión digital.
- Un (01) multiplexor de acceso SDM 9220 equipado con:
 - Una (01) interfaz de datos: X.21 para conexión al multiplexor Loop Telecom para el respaldo vía microondas.
 - Una (01) tarjeta de voz E&M 4 hilos para un canal de voz
- Un multiplexor de acceso SDM 8400 equipado con:
 - Una (01) interfaz X.21 para conexión al equipo de onda portadora PowerLink enlace Desierto – Chilca.
 - Una (01) interfaz X.21 para conexión al equipo de onda portadora PowerLink enlace Desierto – Independencia.

- Un (01) canal de datos a baja velocidad interfaz RS232 para la RTU de DESIERTO.

b. Enlace de telecomunicaciones Desierto - Independencia

El gabinete de telecomunicaciones de la subestación Desierto correspondiente al enlace Desierto - Independencia estará equipado de:

- Un (01) equipo de transmisión por onda portadora PowerLink con teleprotección integrada iSWT3000 para 4 comandos independientes. Se contará con la interface X.21 para transmisión síncrona de datos. Adicionalmente como respaldo para las comunicaciones de datos y voz se tendrá un multiplexor integrado de 4 canales con bomba de datos dinámica para transmisión de datos asíncronos. Este Powerlink funcionará en un esquema fase – fase.
- Un (01) equipo externo de teleprotección SWT3000 con interfaz G703.1 a 64 kbps para transmisión digital.

3.2.3 Equipos instalados en la SE Independencia

El gabinete de telecomunicaciones de la subestación Independencia correspondiente al enlace Independencia - Desierto estará equipado de:

- Un (01) equipo de transmisión por onda portadora PowerLink con teleprotección integrada iSWT3000 para 4 comandos independientes. Se contará con la interface X.21 para transmisión síncrona de datos. Adicionalmente como respaldo para las comunicaciones de datos y voz se tendrá un multiplexor integrado de 4 canales con bomba de datos dinámica para transmisión de datos asíncronos. Este Powerlink funcionará en un esquema fase – fase.
- Un (01) equipo externo de teleprotección SWT3000 con interfaz G703.1 a 64 kbps para transmisión digital.

3.3 Descripción de los enlaces de datos

3.3.1 Enlace de datos Chilca REP – Desierto

En la subestación Chilca REP se tiene un equipo PowerLink el cual recibe los datos de la SE Desierto, y una tarjeta de voz interface FXO.

En la subestación Desierto será instalado un equipo PowerLink con un canal de datos síncrono interface X.21 para transmisión de datos y una tarjeta de voz interface FXS.

3.3.2 Enlace de datos Desierto – Independencia

En la subestación Desierto se tiene un equipo PowerLink el cual recibe los datos de la SE Independencia, y una tarjeta de voz interface FXO.

En la subestación Independencia será instalado un equipo PowerLink con un canal de datos síncrono interfaz X.21 para transmisión de datos y una tarjeta de voz interface FXS.

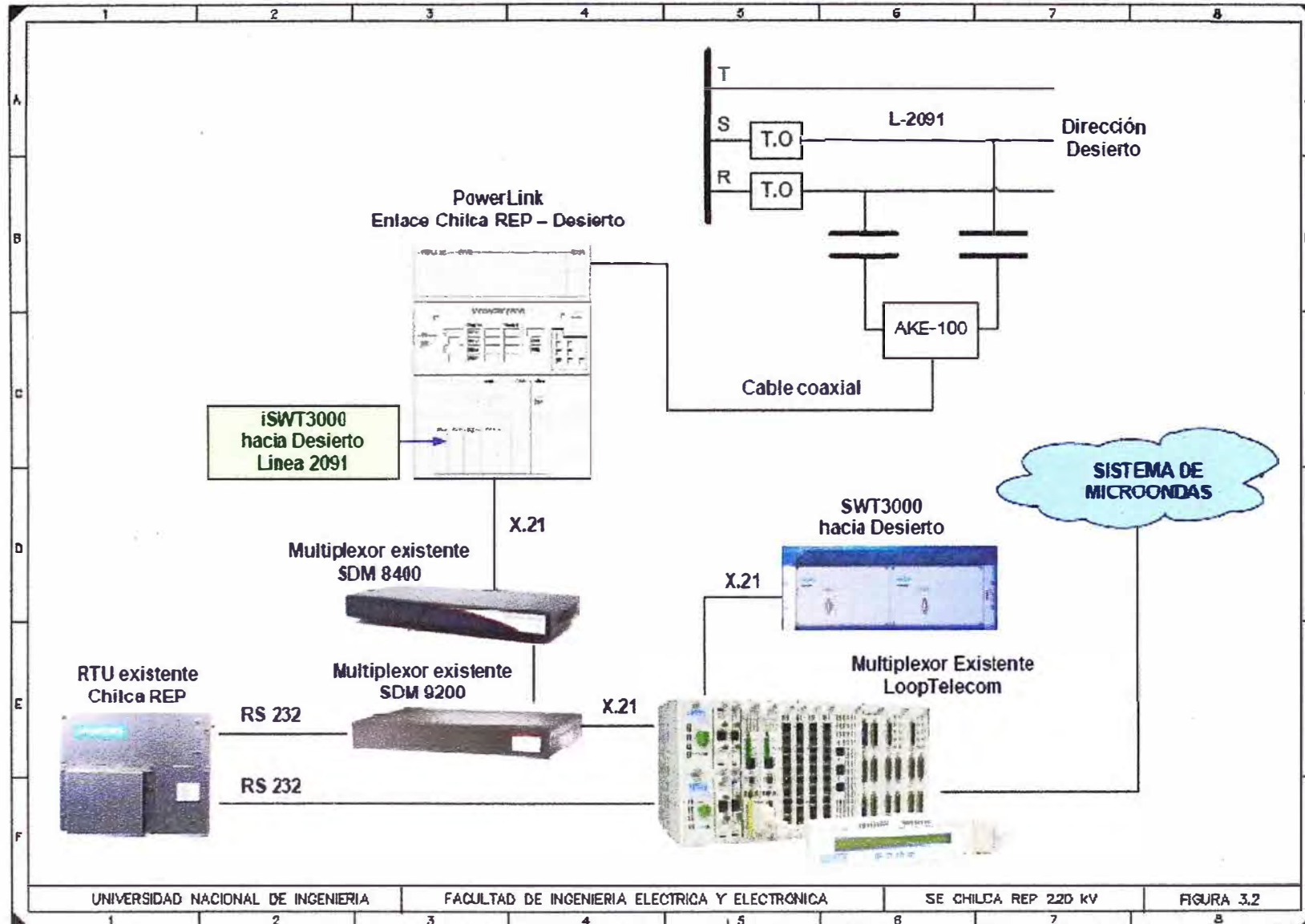


Figura 3.2 SE Chilca REP 220 KV - Esquema de la configuración del sistema de comunicaciones PLC

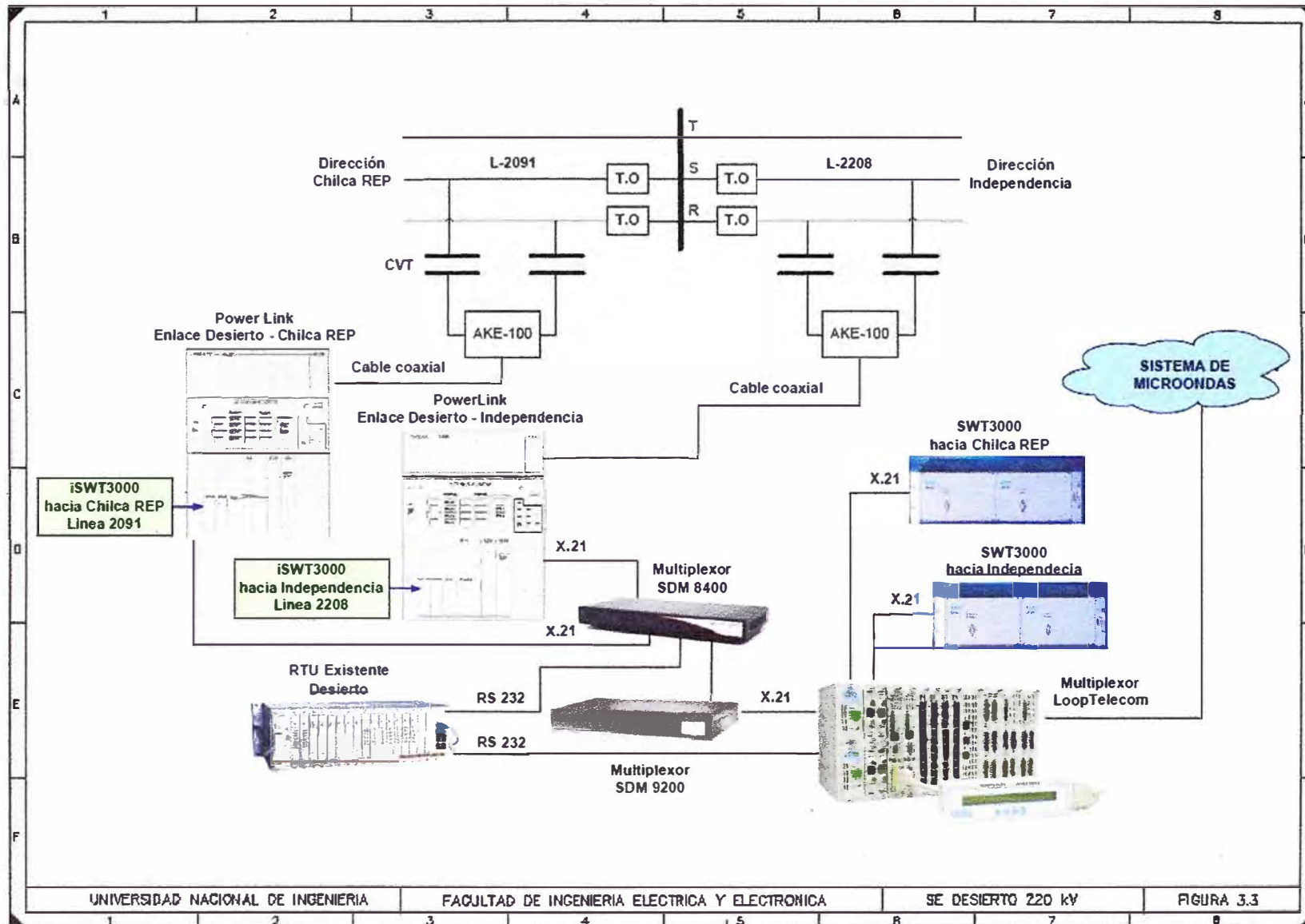


Figura 3.3 SE Desierto 220 kV - Esquema de la configuración del sistema de comunicaciones PLC

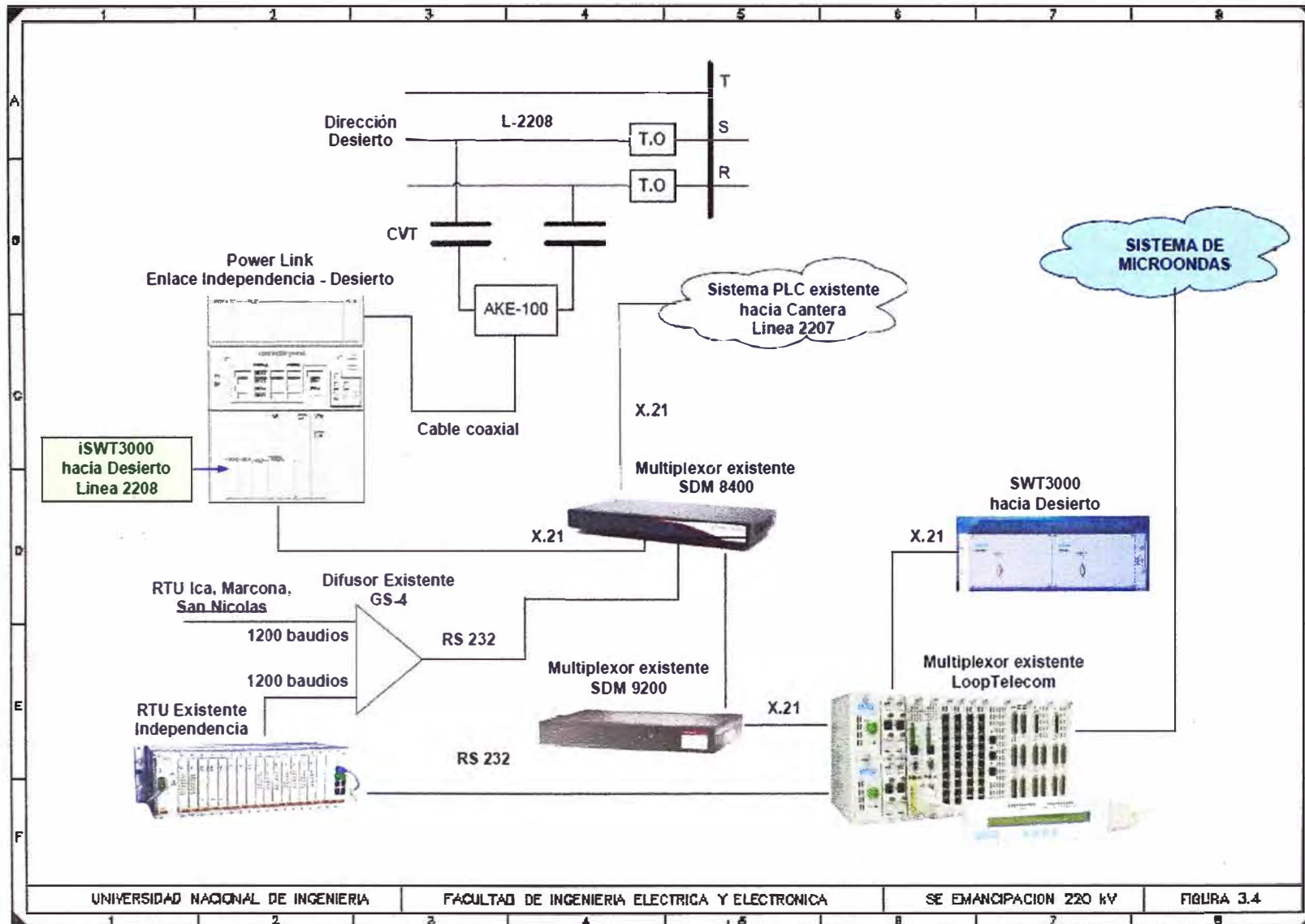


Figura 3.4 SE Independencia 220 kV - Esquema de la configuración del sistema de comunicaciones PLC

3.4 Descripción de los enlaces de teleprotección

Se detallan en las tres subestaciones: Chilca REP, Desierto, e Independencia.

3.4.1 Equipos de teleprotección en la SE Chilca REP

La transmisión y recepción de las señales de teleprotección se realiza en forma análoga y digital. La Figura 3.5 incluye el enlace de teleprotección con la SE Desierto.

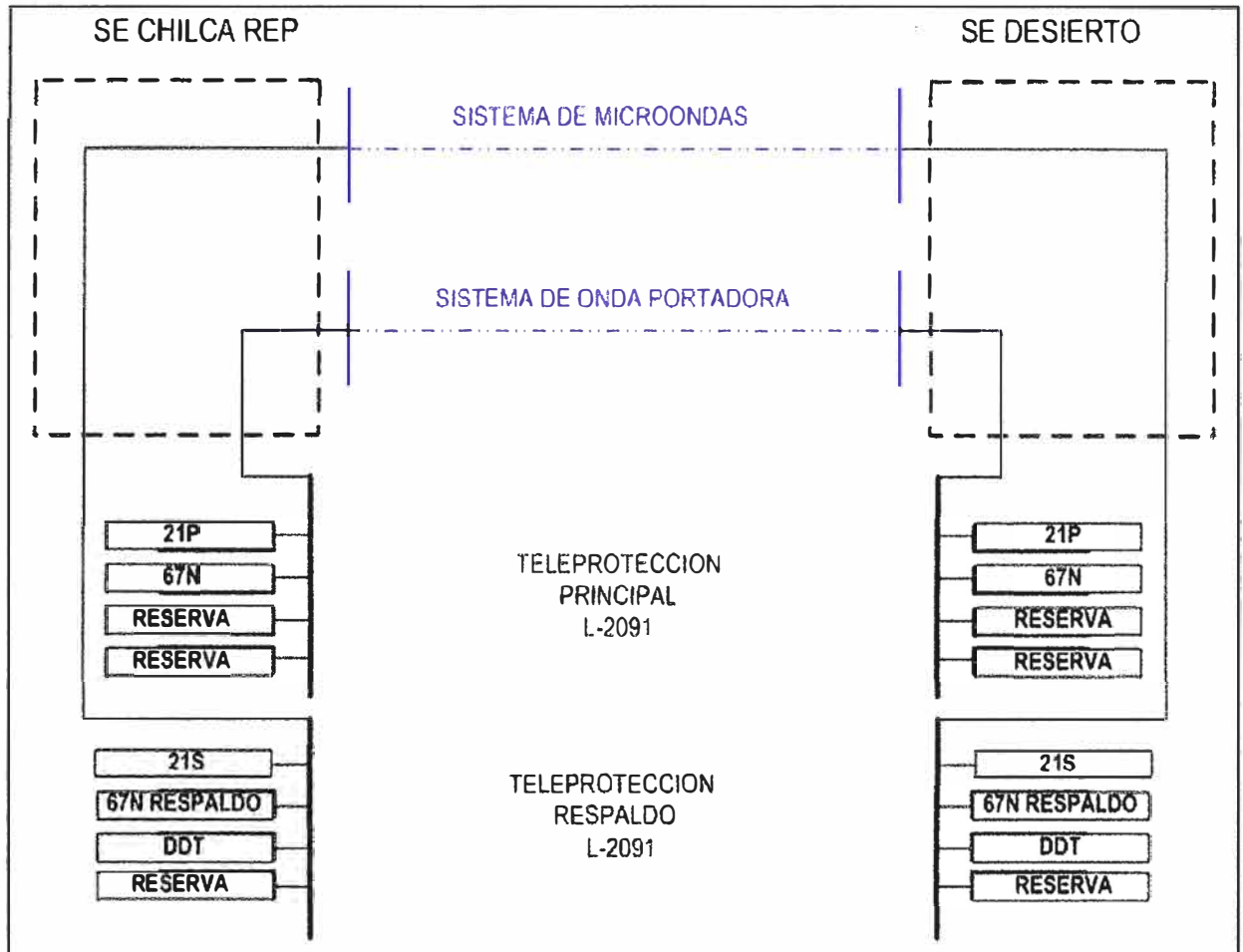


Figura 3.5 Enlace de Teleprotección Chilca REP - Desierto

a. Equipos para sistema de teleprotección análoga

En la SE Chilca REP, se tiene un (01) equipo de teleprotección iSWT3000 integrada al PLC con capacidad para transmitir y recibir cuatro (04) comandos independientes, en esta teleprotección se implementarán las órdenes 21P y 67N en modo permisivo para proteger la línea 2091.

b. Equipos para sistema de teleprotección digital (microondas)

En cuanto a la teleprotección por microondas, se tiene un (01) equipo de teleprotección externa SWT3000 con capacidad para transmitir y recibir cuatro (04) comandos independientes, este equipo tiene una interfaz X.21 para conectarse con el multiplexor Loop AM3440-A a una velocidad de 64 Kbps. en esta teleprotección se implementarán las órdenes 21S y 67N en modo permisivo y la orden DDT en modo directo para proteger la línea 2091.

3.4.2 Equipos de teleprotección en la SE Desierto

La transmisión y recepción de las señales de teleprotección se realiza en forma análoga y digital:

a. Equipos para sistema de teleprotección análoga

En el gabinete del enlace Desierto – Chilca REP se tiene un (01) equipo de teleprotección iSWT3000 integrada al PLC con capacidad para transmitir y recibir cuatro comandos independientes, en esta teleprotección se implementarán las ordenes 21P y 67N en modo permisivo para proteger la línea 2091.

En el gabinete Desierto – Independencia se tiene un (01) equipo de teleprotección integrada al PLC con capacidad para transmitir y recibir cuatro comandos independientes, en esta teleprotección se implementarán las órdenes 21P y 67N en modo permisivo para proteger la línea 2208.

b. Equipos para sistema de teleprotección digital (Microondas)

En el gabinete del enlace Desierto – Chilca REP se tiene una (01) equipo de teleprotección externa SWT3000 con capacidad para transmitir y recibir cuatro comandos independientes, este equipo tiene una interfaz X.21 para conectarse con el multiplexor Loop telecom AM3440-A a una velocidad de 64 Kbps. En este equipo de teleprotección externa se implementarán las órdenes 21S y 67N en modo permisivo y la orden DDT en modo directo para proteger la línea 2091.

En el gabinete Desierto – Independencia se tiene un (01) equipo de teleprotección externa SWT3000 con capacidad para transmitir y recibir cuatro comandos independientes, estos equipos tienen una interfaz X.21 para conectarse con el multiplexor Loop telecom AM3440-A a una velocidad de 64 Kbps. En la SWT3000 (2208) se implementarán las órdenes 21S y 67N en modo permisivo y la orden DDT en modo directo para proteger la línea 2208.

3.4.3 Equipos de teleprotección en la SE Independencia

La transmisión y recepción de las señales de teleprotección se realiza en forma análoga y digital. La Figura 3.6 incluye el enlace de teleprotección entre la SE Independencia con la SE Desierto.

a. Equipos para sistema de teleprotección análoga

Se tiene un (01) equipo de teleprotección iSWT3000 integrada al PLP con capacidad para transmitir y recibir cuatro (04) comandos independientes, en esta teleprotección se implementarán las órdenes 21P y 67N en modo permisivo para proteger la línea 2208.

b. Equipos para sistema de teleprotección digital (Microondas)

Se tiene un (01) equipo de teleprotección externa SWT3000 con capacidad para transmitir y recibir cuatro (04) comandos independientes, este equipo tiene una interfaz

X.21 para conectarse con el multiplexor Loop AM3440-A a una velocidad de 64 Kbps. en esta teleprotección se implementarán las órdenes 21S y 67N en modo permisivo y la orden DDT en modo directo para proteger la línea 2208.

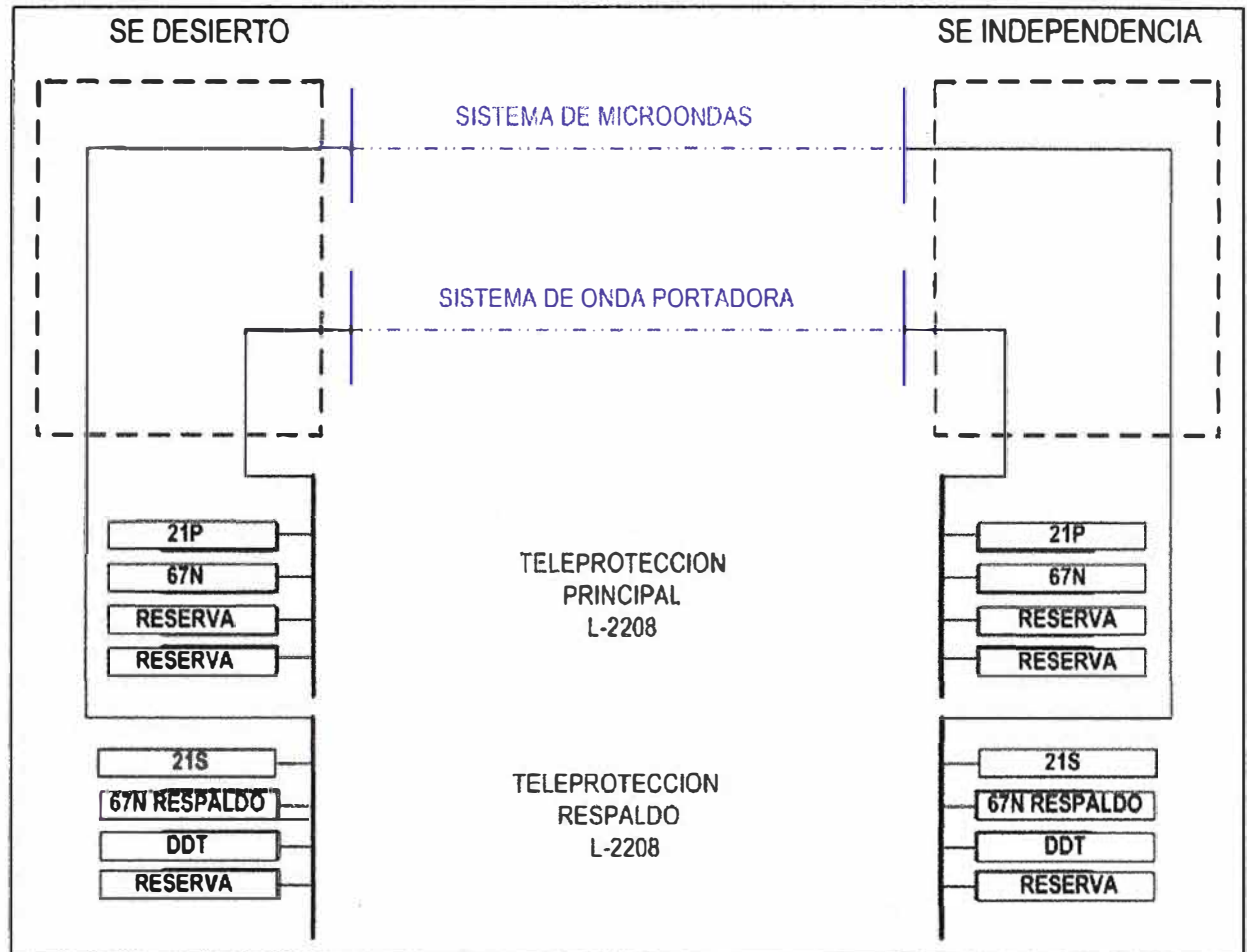


Figura 3.6 Enlace de Teleprotección Desierto – Independencia

Cabe mencionar que los dos nuevos sistemas de teleprotección implementados (Enlace: Chilca REP – Desierto y Desierto – Independencia) forman parte de varios sistemas de teleprotección existente, en el Anexo H, mostramos el plano general de telecomunicaciones de las subestaciones involucradas en el proyecto, desde una perspectiva más amplia. En el plano general de telecomunicaciones (Anexo H) se muestra los enlaces Chilca REP - San Juan y el enlace Chilca REP - Cantera - Independencia.

3.5 Descripción de equipamiento y hardware

En este proyecto se implementaron dos sistemas PLC digitales PowerLink para los enlaces:

- S.E. Chilca REP – S.E. Desierto
- S.E. Desierto – S.E. Independencia

En cada una de las subestaciones se instaló el equipo PowerLink con sus módulos respectivos y dentro de los cuales se encuentra el iSWT300, el cual nos permite contar

con el servicio de teleprotección.

3.5.1 Equipo de telecomunicaciones PowerLink

Los equipos del sistema PowerLink permiten transmitir por onda portadora (PLC) telefonía, fax y datos, video para vigilancia, así como señales de Teleprotección de red en un rango de frecuencias entre 28 y 500 kHz a través de líneas aéreas de alta tensión y cables de onda portadora.

Las informaciones se transmiten según el método de banda lateral única (SSB) con supresión de la portadora, la cual tiene la ventaja de alcanzar grandes distancias para la transmisión de la información, aprovechando la energía al máximo y con un ancho de banda mínimo.

La Transmisión transparente de información sobre los 76,8 kbps provee de nuevas perspectivas y aplicaciones para el uso de tecnología PLC. El sistema PLC Power Link con interfaz digital combinado con un sistema multiplexor externo o interno puede transmitir múltiples canales de voz y de datos, también posee un canal FSK en capacidad de una transmisión confiable de datos SCADA (2400 Bauds máximo.)

La configuración puede ser ajustada por PC sin variación en el hardware, lo cual garantiza una fácil modificación en sitio en caso de que la transmisión requiera cambios debido a modificaciones en la red.

3.5.2 Equipo de teleprotección iSWT3000

Los equipos de teleprotección Siemens, iSWT3000, están integrado al equipo de onda portadora PowerLink y están configurados para transmitir cuatro (04) disparos independientes en modo permisivo, y equipos de teleprotección externos SWT3000 adecuados para cuatro (04) comandos simultáneos e independientes, estos últimos configurados de tal modo que permite la transmisión de dos (02) disparos permisivos y dos (02) disparos directos con la misma tarjeta de comandos.

Dichos equipos de teleprotección constan de los siguientes módulos:

- Módulo de interfaz de comando IFC-P: con 4 entradas digitales y 4 salidas de contacto para conexión de relés de protección.
- Módulo de señalización IFC-S: con 8 salidas de contacto, previsto para la implementación externa de contadores de disparos.
- Módulo PU3: es la tarjeta central de procesamiento del equipo iSWT3000

3.5.3 Módulos del PowerLink

Cada equipo de onda portadora PowerLink a utilizar en el proyecto estará equipado con los módulos indicados en la Tabla 3.1, Solamente el tablero de la SE Desierto correspondiente al enlace Desierto – Chilca REP contiene adicionalmente los equipos descritos en la Tabla 3.2. En la Figura 3.7 y 3.8 se puede apreciar el equipamiento a nivel

de módulos de los equipos de onda portadora.

Se describen los siguientes módulos: Sección de Frecuencia Portadora (CFS), módulo PSCFS, módulo IFC-P, módulo IFC-S, módulo PU, módulo CSP, módulo ALRS y los módulos de Amplificación de señales (PA-40, PA40-B y PSPLE-AC).[12]

Tabla 3.1 Módulos del PowerLink

Descripción de los módulos del PowerLink	Cantidad
Módulo Amplificador PA40 y PA40B para un total de 80 Watt de potencia de transmisión.	1
Módulo PSPLE-DC Fuente de alimentación módulo amplificador	1
Módulo RX-FI, Filtro de Recepción	1
Módulo CSP con data Pump dinámica para interfaz X.21, y con multiplexor integrado	1
Módulo ALRS, Módulo de alarmas	1
Módulo IFC-P, Módulo de cuatro comandos permisivos	1
Módulo IFC-S, Módulo de señalización de comando	1
Módulo PU3, Módulo de procesamiento de la teleprotección	1
Módulo PSCFS, Módulo fuente de alimentación de la parte de portadora.	1

Tabla 3.2 Módulos adicionales SE Desierto

Multiplexor SDM 9220	1
Multiplexor SDM 8400	1

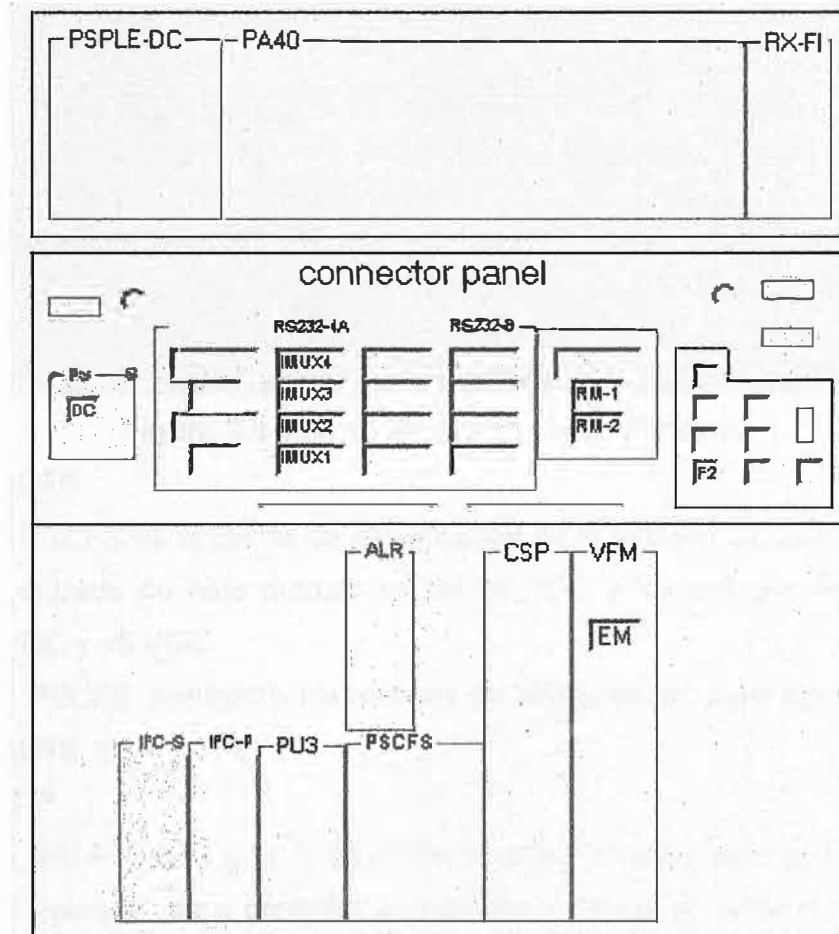


Figura 3.7 Equipamiento a nivel de módulos de los equipos de onda portadora.

a. Sección de frecuencia portadora (CFS)

El módulo de frecuencia portadora está diseñado para poderse instalar en un rack de 19". Este módulo contiene La fuente de potencia (PSCFS), el módulo central de procesamiento de señal CSP, un (1) módulo de alarmas, una (1) teleprotección integrada SWT3000 y un (1) módulo de voz VFX.

En la parte derecha del módulo de frecuencia portadora se encuentran los slots (ranuras) para realizar el montaje de los módulos CSP y VFX los cuales pueden ser VFO para conexión directa a una planta telefónica, VFS para conexión a una extensión telefónica y VFM para interconectar centrales telefónicas.

Al lado izquierdo se ubican los slots para colocar el módulo ALRS y el módulo PSCFS. En los Slot de la teleprotección integrada colocamos la unidad de procesamiento PU-3, el módulo IFC-P y el módulo IFC-S. [12]

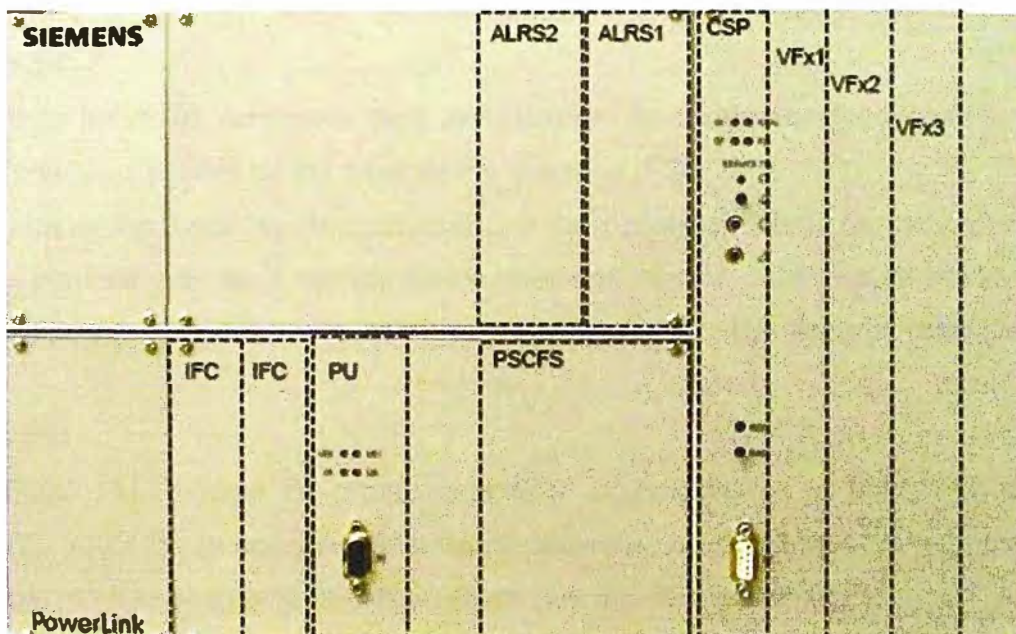


Figura 3.8 Módulo de frecuencia de portadora

b. Módulo PSCFS

El módulo PSCFS es la fuente de alimentación de la sección CF (Carrier Frequency). El voltaje de entrada de este módulo es de 48 VDC y los voltajes de salida son de +12VDC, -12VDC y +5 VDC.

El módulo PSCFS suministra los voltajes de alimentación para los módulos IFC-P, PU3, IFC-S, ALRS, CSP y VFX

c. Módulo IFC-P

El módulo IFC-P posee cuatro entradas binarias y cuatro salidas de contactos de comando (por ejemplo, para conectar a entradas binarias de relés de protección o a controladores de bahía. Esto se muestra en la figura 3.9.

Si una señal es detectada (cambio del flanco de la señal) por las entradas binarias del

módulo IFC-P, se solicita una interrupción al módulo PU3. EL módulo IFC-P está conectado al PU3 por un cable plano a través del conector frontal. Si el módulo PU percibe una interrupción, puede leer el estado de las entradas binarias a través de las líneas DIFO...DIF3.

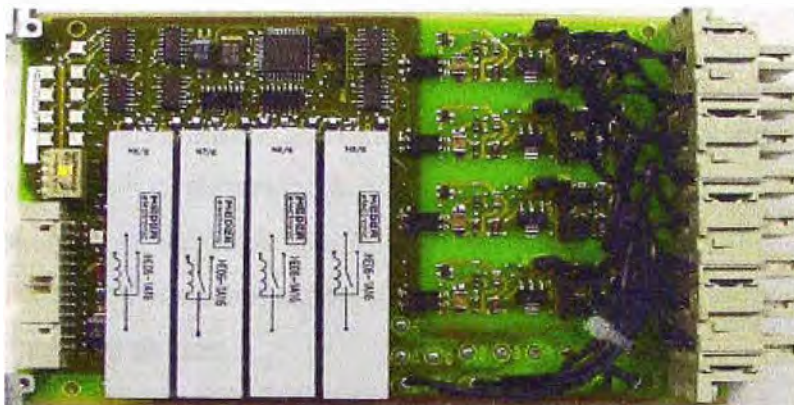


Figura 3.9 Módulo IFC-P

d. Módulo IFC-S

El módulo IFC-S es empleado para señalización de comandos provenientes de las entradas binarias o salidas de los relés de los módulos IFC-P.

Cada una de las 8 salidas del módulo IFC-S representa el estado de cada una de las 4 entradas binarias y de las 4 salidas de los relés del módulo IFC-P, de tal forma que se realiza el conteo independiente de los disparos transmitidos y los disparos recibidos en la estación.

e. Módulo PU

EL módulo PU (módulo de procesamiento y evaluación) es la unidad central del equipo SWT 3000. En la sección transmisora convierte los comandos de teleprotección recibidos del módulo de interfaz IFC-P en tonos con frecuencia definida.

Los módulos PU3 e IFC-P se encuentran integrados en el equipo PowerLink, por lo tanto se transmiten las frecuencias directamente al módulo de radio frecuencia del transmisor (HFS). Al transmitirse en un equipo bicanal solamente con servicio de protección en un canal, se envían las señales en la posición de frecuencia intermedia directamente al módulo HFS. La conversión necesaria de las frecuencias también es realizada en el módulo PU.

En el lado receptor se reciben los comandos entrantes a nivel de frecuencia intermedia desde el módulo HFE, convirtiéndose en comandos "binarios" de protección, pasándose a continuación al módulo IFC-P para entregarlos a la salida de comando.

f. Módulo CSP

El módulo de procesamiento central de señal contiene todas las funciones del PowerLink excepto las entradas y salidas análogas VF, las señalizaciones de la

teleprotección integrada y las funciones de la etapa de amplificación.

Las funciones del módulo son las siguientes:

- Procesamiento digital de señal para la función de modulación, bomba de datos y transmisión de canales de datos FSK.
- Unidad de control con microcontrolador memoria.
- Interfaz de datos la cual puede ser programada de modo síncrono a través de un multiplexor externo y una interfaz X.21 o transmisión de hasta 8 canales de datos RS232 asíncronos a través de un multiplexor integrado.
- Contiene la respuesta en salida de alta frecuencia.
- Contiene el atenuador y el control automático de ganancia.
- Cancelador automático de eco.

La bomba de datos es otra función del módulo CSP, esta tiene tres modos de trabajos:

1. Óptimo: Realiza la mejor adaptación del camino de transmisión y así garantiza el bitrate más alto.
2. Rápido: Garantiza el tiempo más rápido para la sincronización.
3. Dinámico: Se adapta a las condiciones del tiempo. (este modo será el utilizado en el proyecto Chilca)

El módulo CSP con el fin de asegurar que no se tengan desviaciones de frecuencias, realiza un control automático de frecuencia de tal manera que desviaciones de frecuencias entre la señal de envío y la señal de recepción son compensadas por este control.

g. Módulo ALRS

En el PowerLink las alarmas están distribuidas a través de este módulo con tres relés de salida. Con este módulo máximo tres salidas de alarmas están disponibles.

Las siguientes alarmas pueden ser cableadas al relé de alarmas en el PowerLink:

- GENALR (Alarma General)
- TXALR (Alarma de transmisión)
- RXALR (Alarma de recepción)
- SNALR (Alarma de relación señal ruido)
- NU (Alarma no urgente)
- REMALR (Alarma del terminal remoto)
- F61UE (Monitoreo del iSWT 1)
- F62UE (Monitoreo del iSWT 2)
- F61UNBL (Salida de impulso no bloqueado iSWT 1)
- F62UNBL (Salida de impulso no bloqueado iSWT 2)

h. Amplificación de señales

Se realizan con los módulos PA-40, PA40-B y PSPLE-AC.

h.1 Módulo PA-40

El módulo VE40-1 corresponde al amplificador de potencia de la señal de RF, el cual entrega una señal de salida de 40 vatios, el cual se puede apreciar en la figura 3.10.

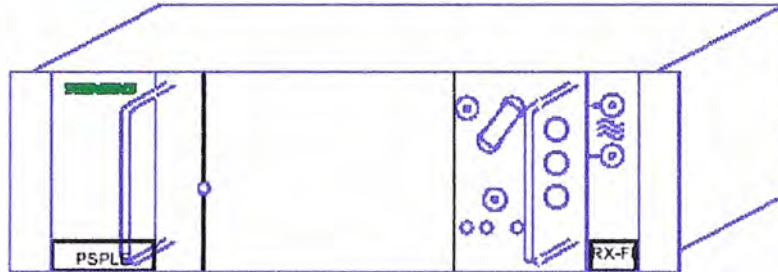


Figura 3.10 Módulo PLE-40

El módulo PA 40 cuenta con una regulación dinámica de la potencia de salida para evitar una sobremodulación en el momento en que se module al máximo el amplificador.

Para evitar una sobremodulación, a la salida del amplificador se conducen los valores de tensión y corriente a una sección del circuito donde el exceso de los valores límites estipulados son detectados. En dicho caso, se activa un bucle de regulación con el amplificador controlado por voltaje (VCA) que actúa como elemento conector para fijar la señal de salida del amplificador de 40 W a un valor máximo permitido.

h.2 Módulo PA40-B

El módulo VE40-3 se encarga de amplificar la señal proveniente del módulo VE40-1, de tal forma que a la salida se obtiene una señal de RF con una potencia de 80 vatios. Este módulo lo podemos apreciar en la figura 3.11.

La señal de salida del módulo VE40-3 se conecta posteriormente a la unidad de acoplamiento fase- fase AKE100 a través de un cable coaxial de 75 ohm.

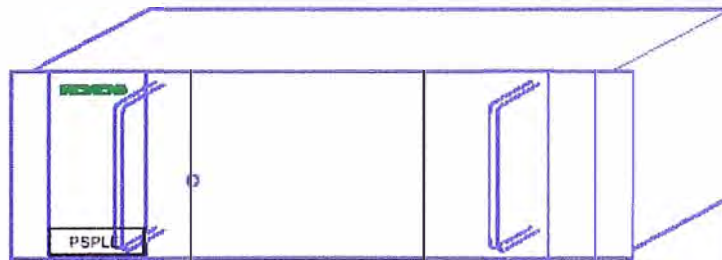


Figura 3.11 Módulo PLE 40-B

h.3 Módulo PSPLE-AC

El módulo PSPLE-AC es la fuente de alimentación de la sección correspondiente al módulo amplificador de potencia PA-40 y PA 40-B.

El voltaje de entrada al módulo es de 48 VDC y el voltaje de salida es de +48 VDC y -48 VDC.

3.6 Instalación y montaje de equipos del sistema de onda portadora implementado

Cada equipo instalado cumple con los estándares solicitados por la IEC, ANSI e IEEE, en el Anexo F se muestra la tabla de datos técnicos de los equipos y materiales más importantes que intervienen en el sistema de onda portadora implementado.

3.6.1 Actividades en el montaje de equipos del sistema implementado

La instalación y montaje de los equipos en patio de llaves tuvo una duración total de 24 días. En el capítulo 4.6 se muestra el diagrama de Gantt de todas las actividades realizadas. El montaje e instalación de equipos, se dividieron en las siguientes actividades:

- Montaje de 04 trampas de Onda
- Montaje de 04 cajas de Acoplamiento
- Tendido y Conexión de cable en AT : Trampa de Onda - Transf de Tensión Capacitivo.
- Tendido y Conexión de 800mt de cable Coaxial - 75 ohm
- Montaje de 04 equipos de telecomunicaciones en sala de control
- Conexión de 04 equipos de telecomunicaciones con hardware involucrado.

3.6.2 Personal para el montaje de equipos del sistema implementado

El personal necesario en cada subestación para el montaje de los equipos del sistema PLC implementado es el siguiente:

- (01) Ingeniero Supervisor
- (02) Operarios Linieros
- (02) Ayudantes
- (02) Técnicos Electricistas
- (01) Chofer/Operario de Grúa
- (01) Rigger.

3.6.3 Equipamiento y maquinaria para montaje de equipos

Los equipos y maquinaria más importantes para el montaje de equipos en cada subestación son los siguientes:

- (01) Camión grúa de 3 toneladas de carga máxima
- (02) Radios de comunicación
- (02) Multímetros digitales Fluke 27-II
- (02) Maletas de herramientas mecánicas
- (02) Maletas de herramientas eléctricas

3.7 Puesta en servicio del sistema de onda portadora

La puesta en servicio inicia con la programación del equipo PowerLink y las pruebas locales en cada subestación. Las pruebas locales consisten en el acoplamiento de la

señal. Un buen acoplamiento permite que la potencia enviada por el transmisor llegue con pérdidas mínimas al transmisor, ello se logra calibrando adecuadamente la unidad de sintonía (caja de acoplamiento). Las cuatro (04) unidades nuevas de sintonía instaladas en el patio de llaves de cada subestacion es el AKE 100-A2 de SIEMENS, las características de este equipo lo podemos encontrar en el Anexo E.

3.7.1 Personal para la puesta en servicio

Para la puesta en servicio del sistema PLC se necesita el siguiente personal en cada subestación:

- (01) Ing. Especialista de Telecomunicaciones
- (01) Técnico Electricista

3.7.2 Equipos para la puesta en servicio

Los equipos necesarios para las pruebas son los siguientes:

- (02) Medidores de frecuencia PSM 137
- (02) Generador de frecuencia SPM 33
- (02) Multimetros digitales Fluke 27-II
- (02) Laptos HP

3.7.3 Pruebas para la puesta en servicio

La puesta en servicio de un sistema de onda portadora concluye con las pruebas SAT (pruebas de aceptación en campo). En las pruebas SAT se verifica la disponibilidad y requerimientos solicitados para cada uno de los servicios que presta el sistema de onda portadora: el servicio de voz, datos y teleprotección. Estas pruebas involucran las pruebas punto a punto (desde un equipo PowerLink local a otro equipo PowerLink remoto).

Para realizar la pruebas SAT, primero se configura el equipo en modo de prueba, esta prueba se realiza según el siguiente procedimiento:

- Un especialista de telecomunicaciones por onda portadora se ubica en cada extremo del enlace de comunicaciones en prueba, debemos tomar en cuenta que las pruebas SAT se realizan enlace por enlace (Enlace Chilca REP-Desierto y Desierto-Independencia).
- Se genera una señal a una frecuencia definida con el SPM 33 y se mide la potencia de llegada de la señal con el PSM 137 en el extremo remoto (en decibelios), ambos equipos el generador de señal y medidor deben estar calibrados en la misma frecuencia. Esto se hace para cada una de las señales del servicio 1 (Voz y señales de teleprotección) y servicio 2 (datos). Esto se aprecia en el anexo de Pruebas SAT (Anexo A).
- En muchos casos se prueba el desempeño del sistema de telecomunicaciones simulando una falla en cada fase, esto se logra aterrando una de las fases en forma

independiente, se mide la Relación Señal/Ruido (SNR) y atenuación de la recepción de la señal, la cual debe estar dentro de los valores aceptables.

- Las pruebas de teleprotección se realizan a través de los bornes de los equipos de teleprotección integrados iSWT3000 seguidamente se efectúan pruebas a través de los bornes seccionables de Tx y Rx ubicados en cada tablero de comunicaciones. En el presente proyecto tenemos (04) canales de transmisión y (04) canales de recepción (21P, 67N, Reserva 1 y Reserva 2). Se procede en forma similar para los equipos de teleprotección externos SWT3000 (teleprotección de respaldo por microondas)

- Concluidas estas pruebas, los enlaces se encuentran listos para pruebas Extremo a Extremo, las cuales se aplican a un sistema de protecciones de una línea.

3.8 Pruebas de puesta en servicio del sistema de protección

Las pruebas de puesta en servicio del sistema de protecciones para las líneas 2091 y 2208 ubicadas entre las SS.EE Chilca REP, Desierto e Independencia se realizan con las pruebas Extremo a Extremo (End to End).

3.8.1 Pruebas Extremo – Extremo

Las pruebas Extremo a Extremo se realizan entre un Relé de protección local a un Relé de protección remoto. Estas pruebas permiten analizar el comportamiento global del sistema de protecciones asistido por el sistema de comunicaciones, en condiciones de falla.[13] Entre los principales puntos a verificar se pueden nombrar los siguientes:

- Operación de los relés de protección
- Operación de los equipos de maniobra (interruptores)
- Operación del medio de comunicación dedicado a la Teleprotección y las señales involucradas.

El detalle de las pruebas Extremo a Extremo es desarrollado en el Anexo B, existen diversas empresas especialistas que realizan estas pruebas, en el presente informe presento a modo de ejemplo la metodología y procedimientos que aplica una empresa peruana, especialista pruebas Extremo a Extremo, en pruebas de equipos de patio y estudios de coordinación de las protecciones. Los equipos de prueba y software que utiliza esta empresa es de la Marca DOBLE.

No profundizaremos en las pruebas Extremo a Extremo debido a su aplicación principal es verificar el comportamiento del sistema de protecciones frente a una falla.

En las pruebas Extremo a Extremo, el sistema de teleprotección debe comportarse como un sistema seguro, confiable y debe tener una velocidad en milisegundos que cumpla la norma IEC 60834 (menor a 65 milisegundos). En diversos proyectos ejecutados el sistema PowerLink con teleprotección integrada utiliza un tiempo de transmisión de 25 a 30 milisegundos entre equipos de teleprotección.

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se tocan los siguientes temas:

- Análisis de enlaces de onda portadora y relación señal/ruido.
- Análisis del sistema de teleprotección.
- Costo referencial en la implementación del sistema de onda portadora.
- Cronograma Montaje y puesta en servicio del sistema de onda portadora.

4.1 Análisis de enlaces de onda portadora y relación señal/ruido

En esta sección se presenta el cálculo de los enlaces de onda portadora y la determinación de la relación señal/ruido en forma teórica. Estos cálculos fueron realizados por el área de Ingeniería de Siemens, los cuales se efectuaron de acuerdo a la norma IEC 60663 bajo condiciones adversas de tiempo. Los valores obtenidos son aproximaciones de los valores reales obtenidos en campo.

El ruido de una línea de energía decrece en función de la frecuencia, mientras que la atenuación se incrementa con la frecuencia [11]. La frecuencia óptima por lo tanto depende de los efectos combinados de esos factores (dependientes de la frecuencia) y podrían ser diferentes en cualquiera de las dos líneas. Ver figura 4.1

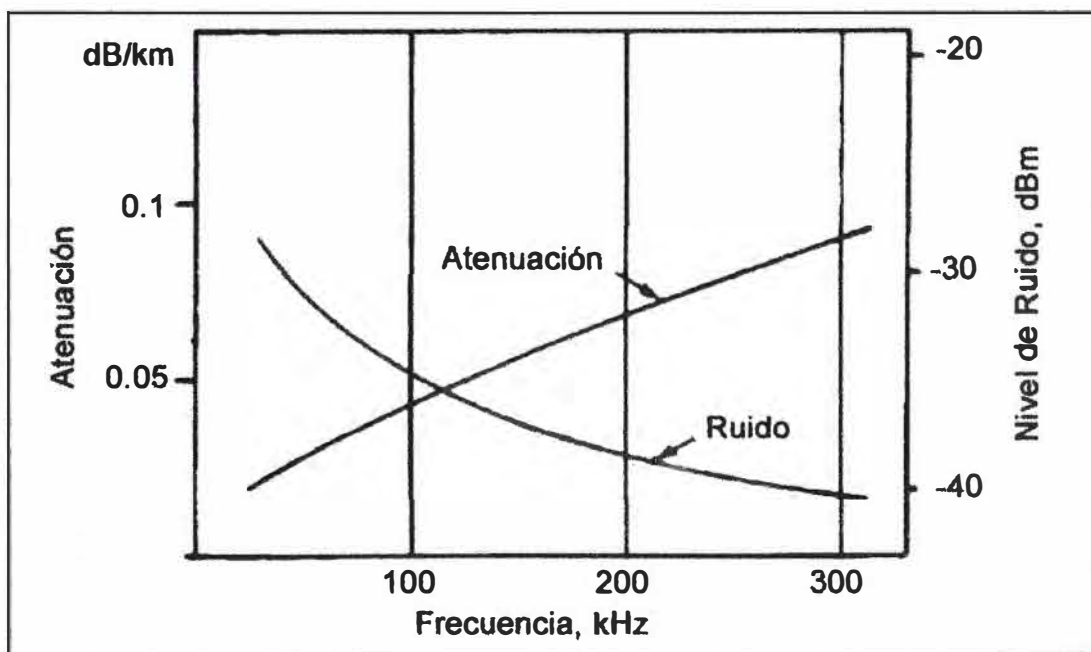


Figura 4.1 Relación de la Atenuación y ruido en una línea de 500kV típica
En líneas simples (una terna) de hasta 160 km de longitud, la curva Atenuación

versus Frecuencia es bastante ligero para los circuitos de acoplamiento fase a fase y fase central a tierra. Por otro lado, para climas adversos, el ruido estará entre 6 dB a 10 dB mayor a 50 kHz que a 200 kHz.

Bajo esta condición, la mejor relación Señal/Ruido para un transmisor dado podría ocurrir a frecuencias tales como 150 kHz o 200 kHz. Con líneas más largas que 160 km, la frecuencia óptima será correspondientemente menor. Será también considerablemente menor en circuitos con acoplamiento, en los cuales no esté involucrada una fase central.

Para líneas cortas, el medio más fácil y económico para incrementar la relación señal a ruido o el nivel de potencia recibido, es incrementar la potencia del transmisor. En las líneas largas son requeridos transmisores de 50 W o 100 W de potencia, un incremento significativo en la potencia transmitida es impráctica y económicamente no deseable. [11]

Los niveles de ruidos en sistemas de onda portadora, para líneas de entre 34.5kV y 765kV podemos apreciarlo en la Figura 4.2

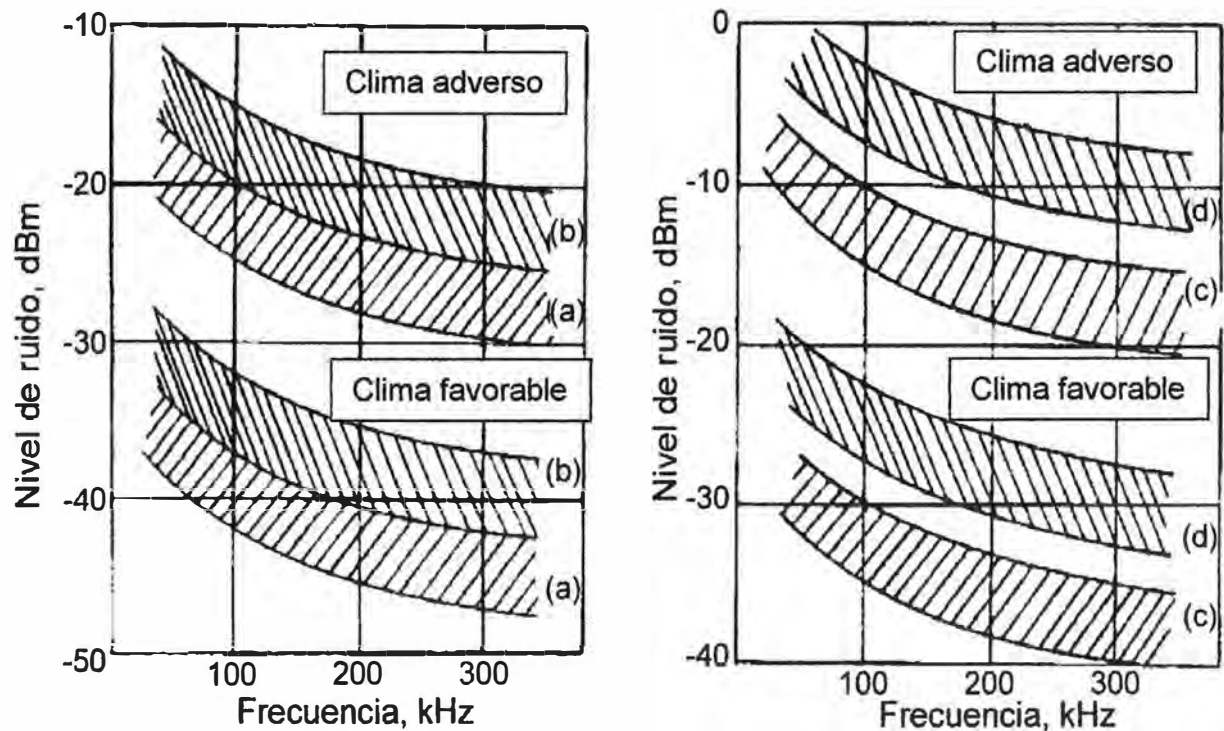


Figura 4.2 Niveles de ruido para: a) 34.5-161 kV, b) 230-345 kV, c) 500 kV, d) 765 kV

Los cálculos necesarios para asegurar que un canal de onda portadora pueda desempeñarse satisfactoriamente requieren conocimiento de la sensibilidad del receptor, la potencia de salida del transmisor, el nivel de ruido que las señales de ser sometido, y las pérdidas de los elementos del canal.

Esta información permite el calcular la magnitud relativa de la señal en comparación con el ruido, y es llamado el SNR. El nivel de la señal transmitida por el transmisor debe ser lo suficientemente alta como para superar las pérdidas que se presenten (series y paralelas) y llegar a la entrada del receptor con un cierto valor de SNR que asegure que

el sistema funcione de manera satisfactoria sobre una variedad de clima, cambio, y las condiciones del sistema.

El receptor debe tener margen suficiente para superar la disminución de los niveles de señal y el aumento de los niveles de ruido y para continuar funcionando correctamente. La atenuación adicional causada por las fallas en la línea deben ser superadas por el canal cuyo requerimiento es operar en condiciones de falla.

Las señales de interferencia de otros equipos de comunicaciones también pueden causar fallos en el funcionamiento de un receptor PLC. La tolerancia de ruido del receptor se expresa en función de la SNR mínima permitida (en decibelios). [11]

La relación señal a ruido (SNR) es la diferencia entre el nivel de señal (SL) y el nivel de ruido (NL) dado por la ecuación siguiente: $SNR(dB) = SL (dBm) - NL (dBm)$

Para comparar los resultados nuestra referencia será la norma IEC 60663 y CIGRE SC35 WG04, se recomiendan los siguientes valores mostrados en la siguiente tabla para la peor condición.

Tabla 4.1 Valores recomendados

Función	SNR (dB)
Voz	25
Datos	15

Para teleprotección es recomendable requerir no menos de SNR=17.5 dB para ruido impulsivo, por otro lado para la función de voz, que no posee la criticidad de la teleprotección, podría aceptarse valores de SNR=20dB en condiciones de peor caso. [10]

4.1.1 Enlace Chilca REP - Desierto

Las siguientes son las características del enlace:

Datos de entrada

- Cliente: MILPO
- Voltaje de línea: 220 kV
- Longitud de la línea: 108,77 Km.
- Tipo de acoplamiento: Fase-Fase
- Potencia del amplificador: 80 W
- Número de transposiciones: 3
- Frecuencia de operación Tx: 188 a 196 kHz.
- Frecuencia de operación Rx: 204 a 212 kHz.
- Alineación de conductores: Triangular
- Diámetro conductores de fase: 27,36 mm

Servicios requeridos

- Canal de datos: Un canal datos síncrono

Equipo terminal PowerLink

- Ancho de banda nominal HF: 8 kHz
- Tipo de modulación: Portadora Suprimida
- Salida de potencia interfaz RF: +48 dBm

a. Resultado del cálculo

Se muestran en la Tabla 4.3 y 4.4.

Tabla 4.2 Niveles de potencia de la señal por onda portadora

Descripción	Nivel
Salida RF en el amplificador	35 dBm
Punto de acoplamiento	30 dBm

Tabla 4.3 Atenuación y relación señal/ruido de la señal por onda portadora

Descripción	Tx	Rx
Atenuación de la línea	16,3 dBm	16,6 dBm
Nivel de señal en recepción	13,7 dBm	13,4 dBm
Nivel de ruido en la recepción	-7,9 dBm	-7,9 dBm
SNR	21,6 dB	21,3 dB

b. Gráficos resultantes

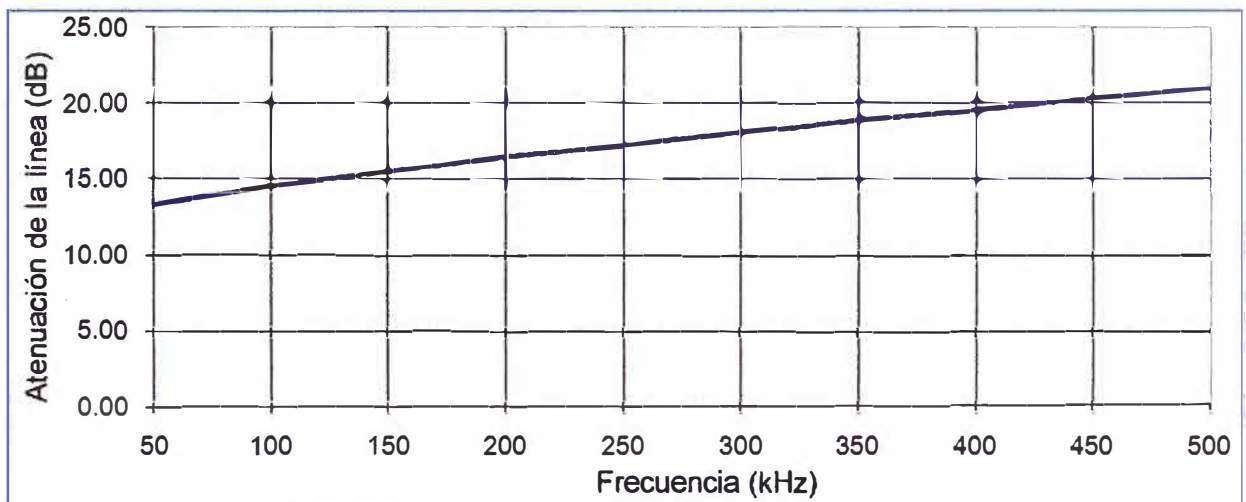


Figura 4.3 Atenuación de línea vs. Frecuencia

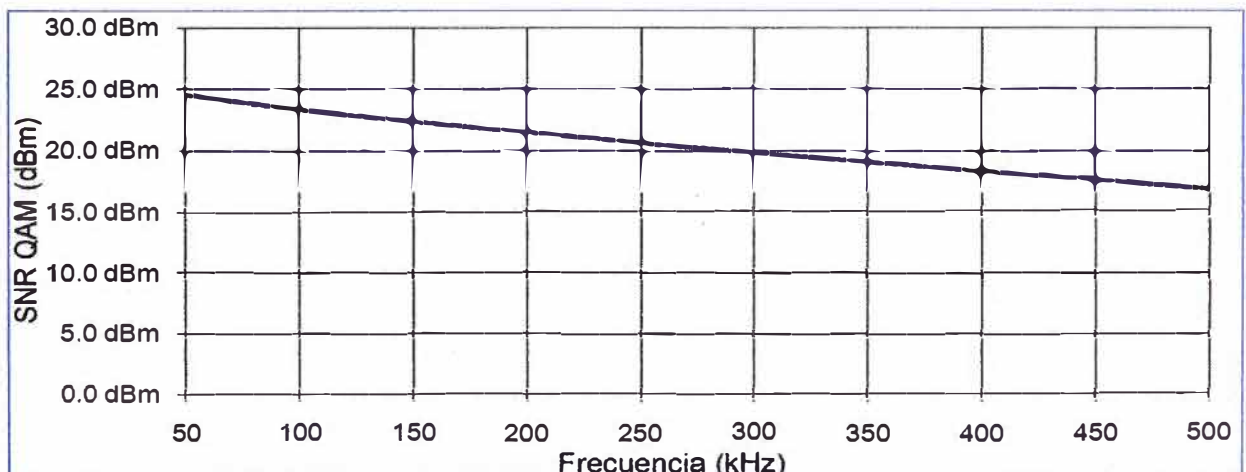


Figura 4.4 Relación señal ruido (SNR) vs. Frecuencia

La frecuencia de servicio para el enlace Chilca REP - Desierto propuesta es de 188 a 196 kHz transmitiendo desde la subestación Desierto y 204 a 212 kHz transmitiendo desde la subestación Chilca REP. De acuerdo con los cálculos teóricos realizados por la consultora, el enlace en mención proporcionaría una relación SNR superior a 20 dB.

Utilizando estas frecuencias podemos tener un nivel de relación señal ruido teórico en la transmisión de 21,6 dB y un nivel de relación señal ruido teórico en la recepción de 21,3 dB los cuales son aceptables para las características del enlace y el canal de datos a establecer de 32 kbps.

4.1.2 Enlace Desierto - Independencia

Las siguientes son las características del enlace:

Datos de entrada

- Cliente: MILPO
- Voltaje de línea: 220 kV
- Longitud de la línea: 58,75 Kmts.
- Tipo de acoplamiento: Fase-Fase
- Potencia del amplificador: 80 W
- Número de transposiciones: 2
- Frecuencia de operación Tx: 236 a 244 kHz.
- Frecuencia de operación Rx: 220 a 228 kHz.
- Alineación de conductores: Triangular
- Diámetro conductores de Fase: 27,36 mm

Servicios requeridos

- Canal de datos: Un canal de datos síncrono

Equipo terminal PowerLink

- Ancho de banda nominal HF: 8 kHz
- Tipo de modulación: Portadora Suprimida
- Salida de potencia interfaz RF: +48 dBm

a. Resultado del cálculo:

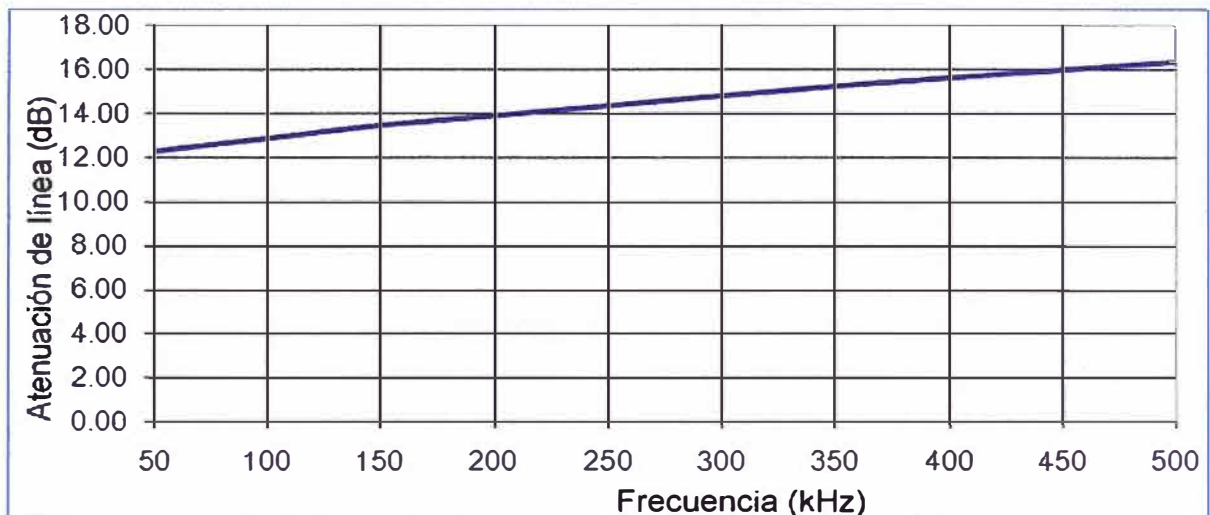
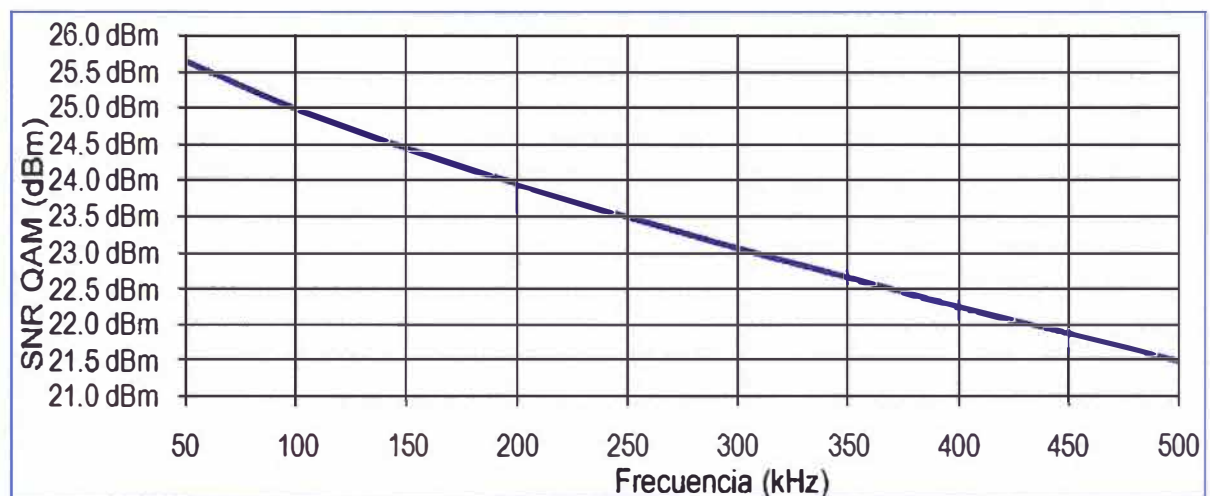
Se muestran en la Tabla 4.5 y 4.6.

Tabla 4.4 Niveles de potencia de la señal por onda portadora

Descripción	Nivel
Salida RF en el amplificador	35 dBm
Punto de acoplamiento	30 dBm

Tabla 4.5 Atenuación y relación señal/ruido de la señal por onda portadora

Descripción	Tx	Rx
Atenuación de la línea	14,3 dBm	14,2 dBm
Nivel de señal en recepción	15,7 dBm	15,8 dBm
Nivel de ruido en la recepción	-7,9 dBm	-7,9 dBm
SNR	23,6 dB	23,7 dB

b. Gráficos resultantes:**Figura 4.5** Atenuación de línea vs. Frecuencia**Figura 4.6** Relación señal ruido (SNR)

La frecuencia de servicio para el enlace Desierto-Independencia propuesta es de 188 a 196 kHz transmitiendo desde la subestación Desierto y 204 a 212 kHz transmitiendo desde la subestación Independencia. De acuerdo con los cálculos teóricos realizados por la consultora, el enlace en mención proporcionaría una relación SNR superior a 23 dB.

Utilizando estas frecuencias podemos tener un nivel de relación señal ruido teórico en la transmisión de 23,6 dB y un nivel de relación señal ruido teórico en la recepción de 23,7 dB los cuales son aceptables para las características del enlace y el canal de datos a establecer de 32kbps.

4.2 Análisis del sistema de teleprotección implementado

En esta sección se desarrollan los siguientes aspectos

- Estándares aplicados
- Características del sistema de teleprotección

4.2.1 Estándares aplicados

Los equipos de teleprotección iSWT3000 han sido diseñados y fabricados de acuerdo con la norma:

- Terminal de teleprotección IEC 60834 "Teleprotection equipment of power systems- Performace and testing"

4.2.2 Características del sistema de teleprotección implementado

El Sistema de Teleprotección es altamente selectivo y cumple con las siguientes características:

a. Confiabilidad y seguridad

Es la facultad del sistema de teleprotección de cumplir la función comisionada sin errores en el tiempo establecido.

Para conseguir confiabilidad y seguridad en los equipos de protecciones se aseguró que no existan errores de medición ocasionados por los transformadores de corriente y tensión de medida, y además que no existan pérdidas en el canal de comunicaciones.

b. Selectividad

Las pruebas al sistema de teleprotecciones han permitido verificar que localiza la falla y aísla únicamente la parte afectada, protegiendo así la porción del sistema que sale de servicio. Cuando ocurre una falla, es despejado por los relés asociados a esta anomalía, evitando la salida de partes del sistema que no tengan relación con esta falla.

c. Velocidad

Al producirse una falla el sistema de teleprotecciones acciona los equipos necesarios para aislar la parte afectada de la línea en el menor tiempo posible. El tiempo de total en que un comando es transmitido, recibido por el equipo de teleprotección en el otro extremo de la línea y enviado al relé de protección final estuvo por debajo de los 65 ms cumpliendo así con la norma IEC 60834.

d. Disponibilidad

El sistema de teleprotecciones tiene disponible el medio de comunicaciones durante el tiempo convenido para que los equipos de protección del sistema de teleprotección puedan comunicarse de ocurrir una falla en el sistema.

e. Respaldo

El sistema de teleprotecciones tiene un sistema de respaldo en los siguientes niveles:

- Equipos de protección: Los equipos de protección de respaldo fueron instalados (Reles

de respaldo) con la finalidad de aislar la parte en falla de la red de alta tensión en el caso de que los equipos de protección principales fallaran en el intento.

- Canal de comunicaciones: Por más que existiese respaldo a nivel de equipos de protecciones, si el medio de comunicaciones fallase, no habría comunicación para los equipos de protección principal y de respaldo. En tal sentido se tendría un sistema de teleprotección no confiable. Para evitar ello se cuenta con medio de comunicaciones de respaldo (Sistema Microondas) que permite la comunicación de los equipos de protección en caso fallase el canal de comunicaciones principal (Sistema PLC).

- Equipos de Teleprotección: Se cuenta con dos (2) equipos de teleprotección por línea (dos a cada extremo de la línea), uno que transmite por el canal de comunicaciones principal y el otro por el canal de respaldo. En la solución implementada el equipo de teleprotección de respaldo es el SWT3000 de SIEMENS. Los relés de protección envían señales de tensión (contactos secos) en las entradas binarias del SWT3000, este digitaliza la señal recibida y la envía al sistema de Microondas o fibra óptica según sea el caso.

- Fuente de alimentación: Los equipos de teleprotección y protecciones principales y de respaldo cuentan con fuentes de alimentación independientes. En cada subestación cuenta con un tablero de servicios auxiliares que proporciona alimentación a todos los equipos de comunicaciones, además cuentan con interruptores termomagnéticos independientes que posibilitan la alimentación a cada equipo (principal y respaldo) de teleprotección y de protecciones.

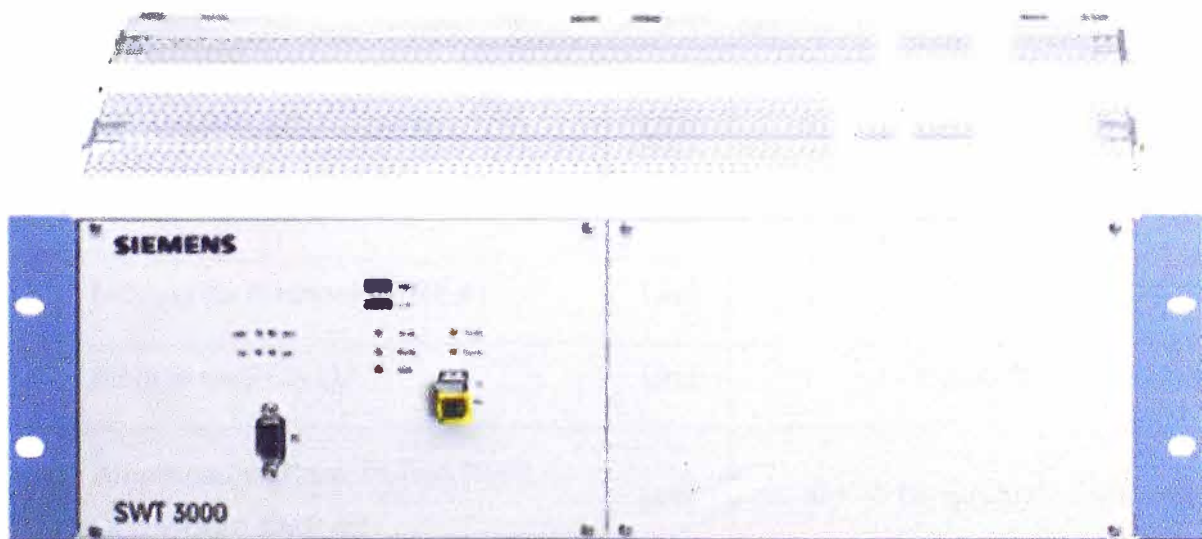


Figura 4.7 Equipo SWT3000 para teleprotección de respaldo

4.3 Costo referencial en la implementación del sistema de onda portadora

Se muestra el costo referencial del suministro del sistema de onda portadora (Tabla 4.6) y del montaje y puesta en servicio del sistema de onda portadora (Tabla 4.7).

Tabla 4.6 Costo referencial suministro del sistema de onda portadora

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	PU (US\$)	SubTotal (US\$)
	Costo suministro de equipos y materiales				262,030.00
1.0	Equipos y materiales				242,400.00
1.1	Equipos de telecomunicaciones PowerLink incluye equipo de teleproteccion integrado,cuatro ordenes (Permisivos) así como gabinete de telecomunicaciones	Und	4	45,000.00	180,000.00
1.2	Trampa de onda de 1200A, incluyendo aisladores y otros accesorios para montaje en 220kV	Und	4	10,000.00	40,000.00
1.3	Cajas de acoplamiento y protección fase a fase	Und	4	3,000.00	12,000.00
1.4	Cable coaxial de 75 ohm, incluye conectores para dos enlaces (04 equipos terminales)	m	800	13.00	10,400.00
2.0	Repuestos				19,630.00
2.1	Módulo PSCFS	Und	1	2,650.00	2,650.00
2.2	Fuente PSPLE-DC	Und	1	2,670.00	2,670.00
2.3	Módulo de Recepción. RX-FI	Und	1	2,670.00	2,670.00
2.4	Módulo de PU3-LIA	Und	1	3,200.00	3,200.00
2.5	Amplificador (Rack PLE40,PSPLE-DC, +PA40 AMP 40	Und	1	13,780.00	13,780.00

Tabla 4.7 Costo referencial montaje y puesta en servicio del sistema de onda portadora

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	PU (US\$)	SubTotal (US\$)
	Costo montaje y puesta en servicio				25,900.00
1.0	Instalación				5,600.00
1.1	Montaje de 04 trampas de Onda	Und	4	250.00	1,000.00
1.2	Montaje de 04 cajas de acoplamiento	Und	4	150.00	600.00
1.3	Tendido y conexionado de cable en alta tensión: Trampa de onda – Transf. de tensión capacitivo	Gbl	1	400.00	400.00
1.4	Tendido y conexionado de 800mt de cable coaxial - 75 ohm	Gbl	1	1,000.00	1,000.00
1.5	Montaje de 04 equipos de telecomunicaciones en sala de control	Und	4	250.00	1,000.00
1.6	Conexionado de 04 equipos de telecomunicaciones con hardware involucrado	Und	4	400.00	1,600.00
2.0	Puesta en servicio				12,800.00
2.1	Programación y pruebas locales	Und	4	2,500.00	10,000.00
2.2	Pruebas punto a punto	Und	4	400.00	1,600.00
2.3	Pruebas SAT	Und	4	300.00	1,200.00
3.0	Ingeniería de detalle sistema de onda portadora				4,000.00
3.1	Ingeniería de detalle sistema de telecomunicaciones con PLC	Gbl	1	4,000.00	4,000.00

4.3.1 Comparación de costos del sistema implementado con otros sistemas

Comparando el costo del sistema de onda portadora (PLC) con los otros sistemas de telecomunicaciones, vemos que presenta un costo aceptable en comparación al sistema de fibra óptica.

En el presente proyecto implementado se utiliza como sistema de respaldo la tecnología de microondas debido a que existe como sistema de comunicaciones de respaldo en el enlace de telecomunicaciones involucrados. En la tabla 4.8, observamos la comparación de precios con otros sistemas y presenta el menor costo en su implementación.

Por otro lado actualmente en líneas de 500kV se está implementando sistemas de telecomunicaciones por fibra óptica como sistema principal y onda portadora como sistema de respaldo.

En muchas líneas de 200kV se implementa sistemas de onda portadora como sistema principal y microondas como sistema de respaldo.

Tabla 4.8 Comparación de costos del sistema implementado con otros sistemas

Costo / Sistema aplicado	Sistema PLC (USD)	Sistema M.O (USD)	Sistema F.O (USD)
Costo suministro de equipos y materiales	262.030.00	118,400.00	665,400.00
Costo montaje y puesta en servicio	22,400.00	13,200.00	186,960.00
Costo total del sistema de telecomunicación	284,430.00	131,600.00	852,360.00

4.4 Cronograma de montaje y puesta en servicio del sistema de onda portadora

El cronograma es descrito mediante un diagrama de Gannt (Figura 4.6). Los 31 días de trabajo se dividieron en las siguientes tareas/actividades

Instalación

- Montaje de 04 trampas de onda
- Montaje de 04 cajas de acoplamiento
- Tendido y conexionado de cable en AT : Trampa de Onda - Transf de Tensión

Capacitivo

- Tendido y conexionado de 800mt de cable coaxial - 75 ohm
- Montaje de 04 equipos de telecomunicaciones en sala de control
- Conexionado de 04 equipos de telecomunicaciones con hardware involucrado

Puesta en servicio

- Programación y pruebas locales
- Pruebas punto a punto
- Pruebas SAT

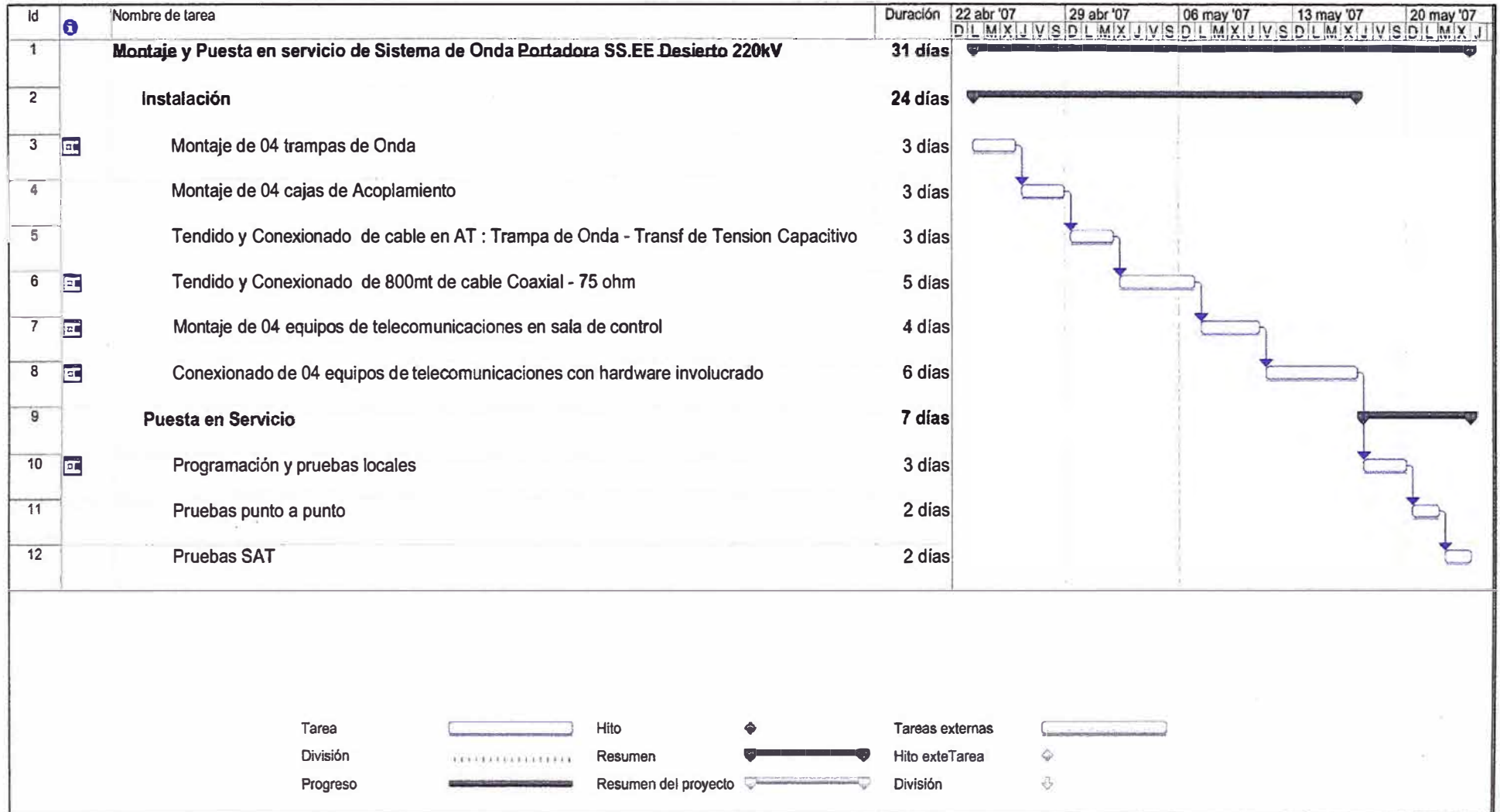


Figura 4.6 Diagrama de Gantt del montaje y puesta en servicio

CONCLUSIONES

1. La solución implementada para las telecomunicaciones en la SE Desierto 220kV fue el sistema de Onda Portadora a fin de que sea compatible con el sistema existente (enlace PLC: Chilca REP - Independencia). El sistema de respaldo para las telecomunicaciones fue el sistema de Microondas.
2. Algunos años atrás, se creía que las redes digitales de fibra óptica sustituirán completamente los sistemas PLC tradicionales de las compañías eléctricas. Sin embargo los sistemas PLC digitales como el de Siemens, son una buena alternativa técnico-económica para múltiples aplicaciones y específicamente para sistemas de teleprotección.
3. Después de una evaluación económica entre los sistemas Onda portadora, Microondas y Fibra Óptica, los sistemas de Onda Portadora siguen siendo una buena alternativa debido a su bajo costo en comparación a los sistemas de Fibra Óptica, además son confiables y de fácil implementación.
4. Los sistemas PLC digitales, tales como el sistema PowerLink de Siemens son capaces de integrarse sin problemas a otras tecnologías de comunicación tales como fibra óptica y conexión a microondas, cumpliendo sin inconvenientes los más altos estándares de comunicaciones aplicados a sistemas de protección.
5. El sistema PLC implementado es de Banda Angosta con una capacidad de transmisión de hasta 76.6 kbps, esta velocidad puede considerarse como una velocidad de transmisión aceptable, debido a que el objetivo de los sistemas PLC no es la velocidad de transmisión, sino la seguridad e integridad de los datos. Actualmente los sistemas PLC digitales, pueden tener velocidades de transmisión de hasta 256 kbps.
6. Es importante hacer la diferencia entre el sistema PLC Banda Angosta (sistema implementado) con los sistemas PLC de Banda Ancha, los cuales se aplican en viviendas. Actualmente los sistemas de Banda Ancha, se vienen implementando en miles de hogares en Europa y son conocidos con el nombre de BPL (Broadband Powerline) y tienen altas velocidades de transmisión de hasta 200 Mbps.
7. El sistema PowerLink con teleprotección integrada utiliza un tiempo de transmisión de 30 milisegundos entre equipos de teleprotección local y remoto, cumpliendo la norma IEC

60834 (tiempo menor a 65 milisegundos).

8. El servicio de teleprotección, es del tipo de AMP (servicio múltiple alternado) donde los disparos de teleprotección están dentro de la banda de voz, es decir cuenta con un canal dedicado para la actuación de los relés al presentarse una falla; al presentarse una falla en la línea se suspende el servicio de voz, solo en el instante en que el servicio de teleprotecciones se presente; una vez terminado con la orden respectiva, se restablece el servicios de voz. Los demás servicios están activos durante la falla.

9. Los equipos de teleprotección iSWT3000, están integrado al equipo de onda portadora PowerLink y están configurados para transmitir cuatro (04) disparos independientes en modo permisivo,

10. El sistema sistema de teleprotección implementado es confiable, seguro, selectivo, tiene disponible el medio de comunicaciones durante el tiempo convenido para que los equipos de protección del sistema de teleprotección puedan comunicarse de ocurrir una falla en el sistema., cuenta con una velocidad aceptable dentro de la norma.

11. El sistema de teleprotección implementado cuenta con respaldo en los siguientes niveles: respaldo de los equipos de protección (reles de respaldo), respaldo en el canal de telecomunicaciones, y en la fuente de alimentación.

ANEXOS

ANEXO A PRUEBAS SAT REFERENCIAL DEL SISTEMA DE ONDA PORTADORA

Tabla A.1 Prueba de transmisión – servicio 1 (Voz y Teleprotección)

		Salida de RF 75Ω	Salida de RF Línea	Dimensión
Vf – interface F2 VFM-1/P1	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
SysPil	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
iSWT-1 Tono de Reposo fg	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
iSWT-1 Frecuencia de Desenganche Fs	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
iSWT-1 Frecuencia de Desenganche f1	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
iSWT-1 Frecuencia de Desenganche f2	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
iSWT-1 Frecuencia de Desenganche F3	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
iSWT-1 Frecuencia de Desenganche f4	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
iSWT-1 Frecuencia de Desenganche f5	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
iSWT-1 Frecuencia de Desenganche f6	nominal actual frecuencia			dB dB kHz
iSWT-1 Frecuencia de Desenganche f7	nominal actual frecuencia			dB dB kHz

Tabla A.2 Prueba de transmisión – servicio 2 (Datos)

		Salida de RF 75Ω	Salida de RF Línea	Dimensión
DP Signal Generator	nominal actual frecuencia			dB dB kHz

Tabla A.3 Prueba de recepción – servicio 1 (Voz y Teleprotección)

		Línea	RX-FI Salida	Dimensión
SysPil	Nominal actual frecuencia			dB dB kHz
Vf – interface F2 VFM-1/P1	nominal actual frecuencia			dB dB kHz

Tabla A.4 Prueba de recepción– servicio 2 (Datos)

		Línea	RX-FI Salida	Dimensión
DP Signal Generator	nominal actual frecuencia			dB dB kHz

ANEXO B PROCEDIMIENTO PRUEBAS EXTREMO A EXTREMO

B.1 Alcance

Se aplica en la ejecución de las pruebas extremo a extremo (End to End) que deberán realizarse a los relés de protección. Estas pruebas tienen la finalidad de verificar el estado del sistema de protección en forma completa: operación de los relés de protección, del interruptor de potencia, de la teleprotección, etc.

B.2 Equipos a utilizar en cada extremo de la línea de transmisión

Para estas pruebas se utilizan los siguientes equipos:

- Maleta de pruebas hexafásica marca Doble, modelo F6150 o maletas monofásicas marca Doble, modelo F2253.
- Un reloj satelital para la sincronización de las pruebas.
- Una (1) maleta de cables propios de cada equipo de prueba, puede ser del modelo F6150 o del F2253.
- Dos (2) enchufes de prueba, el modelo dependerá del relé a probar.
- Una (1) computadora portátil con el software de la maleta de pruebas (Protest o F6test, Transwin) y el software del relé de protección.
- Un (1) cable de comunicación para la maleta de pruebas.
- Un (1) cable de comunicación para el relé de protección.
- Un (1) Multímetro digital Unitest.
- Una (1) pinza amperimétrica AC/DC.
- Medio de comunicación tal como celulares o radios.

B.3 Documentos a consultar

- Manuales de los equipos de pruebas.
- Manuales del relé de protección, verificando la versión y código completo.
- Planos de Ingeniería, en revisión final.
- Estudio de Coordinación de Protecciones, en su revisión final.

B.4 Personal en cada extremo de la línea de transmisión

- Un (01) Coordinador de Pruebas, cuyas funciones son:
 - Es el representante de la empresa ejecutora de las pruebas ante el cliente.
 - Lidera el grupo de trabajo.
 - Coordinar con el cliente que se cumplan los requisitos previos para la realización de las pruebas, por ejemplo: línea fuera de servicio, etc.
 - Coordinar con el cliente el inicio de los preparativos para las pruebas, por ejemplo la intervención del tablero, ubicación de la antena GPS, etc.

- Identificar el medio de comunicación: teléfono a través de onda portadora, señal de Claro o Movistar, etc.
 - Entablar comunicación con el otro extremo de la línea.
 - Autorización de inicio de cada caso de prueba, en coordinación con el otro extremo de la línea.
 - Comunicar la aprobación local de cada caso de prueba al otro extremo de la línea.
- Un (01) Operador de Pruebas, cuyas funciones son:
- Crear la planilla de pruebas.
 - Preparar la maleta para las pruebas.
 - Ubicar las antenas GPS.
 - Conectar y configurar la maleta para las pruebas.
 - Inyectar los casos de prueba.
 - Dar aprobación a los resultados de las pruebas.
- Un (01) Analista de Protecciones
- Entregar los archivos de simulación COMTRADE al Operador de Pruebas para la simulación de los casos.
 - Configurar los relés de protección y certificar que están listos para las pruebas.
 - Descargar y analizar las oscilografías del relé y registrador de fallas.
 - Descargar y analizar los eventos del relé y registrador de fallas.
 - Dar aprobación a los resultados de las pruebas.
- Un (01) Especialista en Telecomunicaciones
- Configurar los equipos de telecomunicación y certificar que están listos para las pruebas.
 - Comprobar y garantizar que el enlace de comunicación este operativo.

Los trabajos que se realicen en las pruebas es responsabilidad de todo el grupo que interviene en la tarea de manera directa o indirecta.

B.5 Ejecución de trabajos

Las pruebas de extremo a extremo (End to End) son un método que garantiza el funcionamiento lógico correcto de todo el sistema de protección. La comprobación de los sistemas de protección (por ejemplo: la protección a distancia con soluciones de comunicación de teleprotección, protección diferencial de línea, protección de barra o sistemas de medición de sincrofasor-fasor) es necesaria cuando se necesita conocer la correcta coordinación y el funcionamiento lógico del sistema de protección.

Un sistema de protección distribuido requiere un sistema de prueba distribuido que esté perfectamente sincronizado incluso a distancias muy largas. En estas aplicaciones, es importante que los dispositivos de sincronización temporal aplicados sean

extremadamente precisos. Además, las unidades de prueba sincronizadas deben estar diseñadas de forma que las señales de sincronización temporal, como los pulsos, se procesen extremadamente rápido, de forma que las propias señales de prueba generadas diverjan menos de 1 microsegundo entre ellas.

Con la tecnología disponible, el reto está en lograr que estos sistemas de prueba distribuidos sean lo más fáciles de manejar y lo más eficaces posible. Por lo tanto, es fundamental que el software y el hardware de prueba estén diseñados para llevar a cabo las pruebas distribuidas de manera óptima.

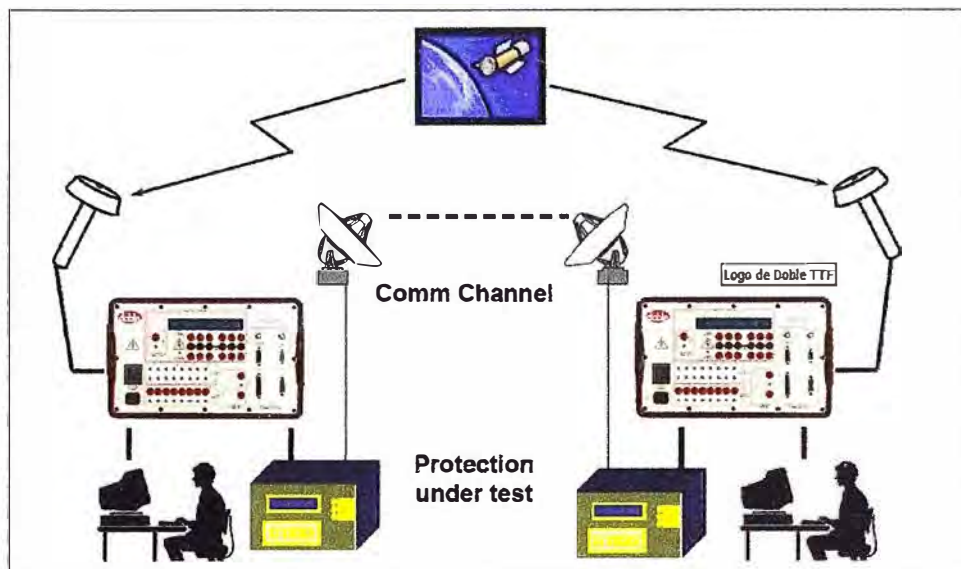


Figura B.1 Esquema de pruebas Extremo - Extremo

B.6 Software a utilizar

TransWin es un software de la marca Doble utilizado para pruebas transitorias. Utiliza las formas de onda almacenadas en formato COMTRADE, el cual puede ser obtenido del registro de oscilografía de una falla real o a través de un software de simulación de sistemas de potencia.

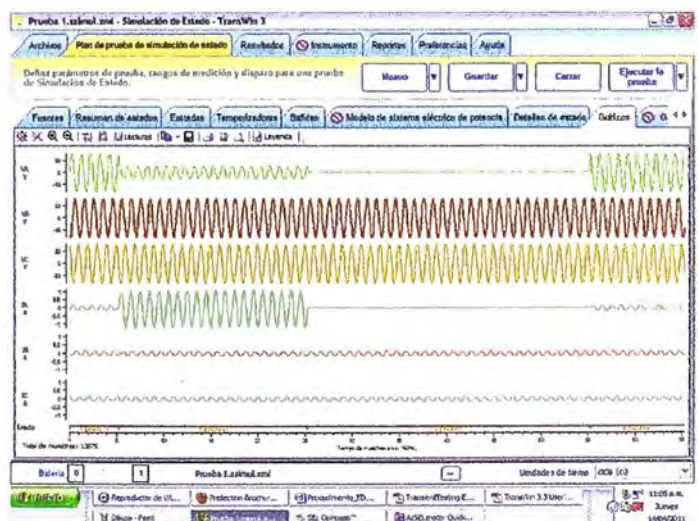


Figura B.2 Software TransWin

B.7 Pasos de las prueba

Son los siguientes:

Paso 1) Acciones preliminares en cada extremo de la línea

Para Iniciar la etapa de pruebas se debe prever lo siguiente:

- Creación de archivos COMTRADE de los casos de fallas a ser simulados. Estos archivos se crean mediante un software de simulación de transitorios electromagnéticos. Para cada caso de simulación se generan dos archivos COMTRADE, uno para cada extremo de la línea.
- La línea de transmisión se encontrará fuera de servicio, con los interruptores y seccionadores de línea cerrados. Los seccionadores de barra de ambos extremos abiertos.
- Deshabilitar funciones como 50BF (Falla interruptor), diferencial de barras, disparo teletransferido a otras líneas de transmisión, etc.
- El relé de protección debe encontrarse energizado con su propia llave de alimentación a tensión nominal indicada en placa.
- Obtener la información necesaria para desarrollar las pruebas tales como planos, manuales, estudio de coordinación, etc.
- El circuito de corriente debe estar cortocircuitado y el circuito de tensión debe estar seccionado. Ambos circuitos aislados del relé en prueba. Se colocará las respectivas borneras de pruebas.
- El relé debe estar configurado y los ajustes deberán ser los definitivos para efectuar las pruebas.
- Colocar el reloj satelital en un lugar adecuado a campo abierto donde pueda recibir la señal de los satélites.

Paso 2) Obtener los datos de placa del relé de protección

Paso 3) Preparar la planilla de pruebas

Con los archivos en formato COMTRADE preparados con un software simulador de sistemas de potencia, por ejemplo el Digsilent. Para las planillas de prueba utilizamos el software Protest o F6test, de acuerdo al equipo de pruebas utilizado.

Tabla B.1 Equipos y software

Marca	Modelo	Software
Doble	F2253	Protest
Doble	F6150	F6test / Protest

a. Ubicar al relé dentro del software utilizando el explorador, tomando como referencia su

ubicación en el sistema eléctrico e ingresar los principales datos de placa.

b. Las señales digitales conectadas a la maleta de pruebas serán:

- Señal de recepción por 21
- Señal de transmisión por 21
- Señal de recepción por 67N
- Señal de transmisión por 67N
- Orden de apertura al interruptor fase R
- Orden de apertura al interruptor fase S
- Orden de apertura al interruptor fase T
- Orden de cierre al interruptor
- Posición del interruptor fase R
- Posición del interruptor fase S
- Posición del interruptor fase T

c. Las señales digitales que no puedan ser conectadas a la maleta de pruebas serán analizadas en las oscilografías y eventos del relé o algún registrador de fallas.

d. En el protocolo de pruebas se presentará:

- Planilla de pruebas de la maleta con resultados.
- Oscilografías descargadas de los relés y registradores de fallas.
- Eventos descargados de los relés y registradores de fallas.

Paso 4) Preparar el equipo de pruebas.

Colocarlos en un lugar adecuado lo más cerca posible al tablero a intervenir, teniendo cuidado de no interrumpir el libre paso. Ubicar una fuente de corriente alterna 220VAC, 60Hz (verificando con un multímetro) con toma de puesta a tierra para alimentación del equipo de pruebas, utilizar extensiones si fuera necesario.

Paso 5) Realizar conexiones

Conectar los circuitos de corriente, tensión, cables de comunicación, señales de disparo, recierre, transmisión y recepción para medir los tiempos de operación en la maleta de pruebas.

Paso 6) Comprobación de correcta conexión

Para comprobar que los circuitos de control están conectados en forma correcta:

- Realizar una inyección desbalanceada de 25%, 50% y 75% de la corriente y tensión nominales en las fases R, S y T respectivamente, para verificar la correspondencia de fases y la continuidad del circuito de pruebas.
- Maniobras de control: cierre y apertura de interruptores en forma local desde el tablero.
- Pruebas de disparos de los interruptores desde los relés de protección (inyección de corriente de falla).

- Comprobar la recepción de las señales digitales en la maleta de pruebas, relés de protección y registradores de falla.

- Verificación de la sincronización de los equipos de pruebas mediante el GPS

Paso 7) Proceder con la inyección de los casos de simulación según el orden preestablecido.

Paso 8) En forma simultánea en cada extremo de la línea de transmisión inyectar los casos establecidos en las simulaciones de los archivos COMTRADE. Para la sincronización de los tiempos se utilizará el reloj satelital. Durante las pruebas se mantendrá una comunicación constante entre los extremos de la línea.

Paso 9) En cada extremo de la línea se verificará la operación del interruptor de potencia por disparo del relé de protección, por ejemplo los recierres, disparo y bloqueo, etc. Asimismo la operación de la Teleprotección, verificando las señales de Envío y Recepción,

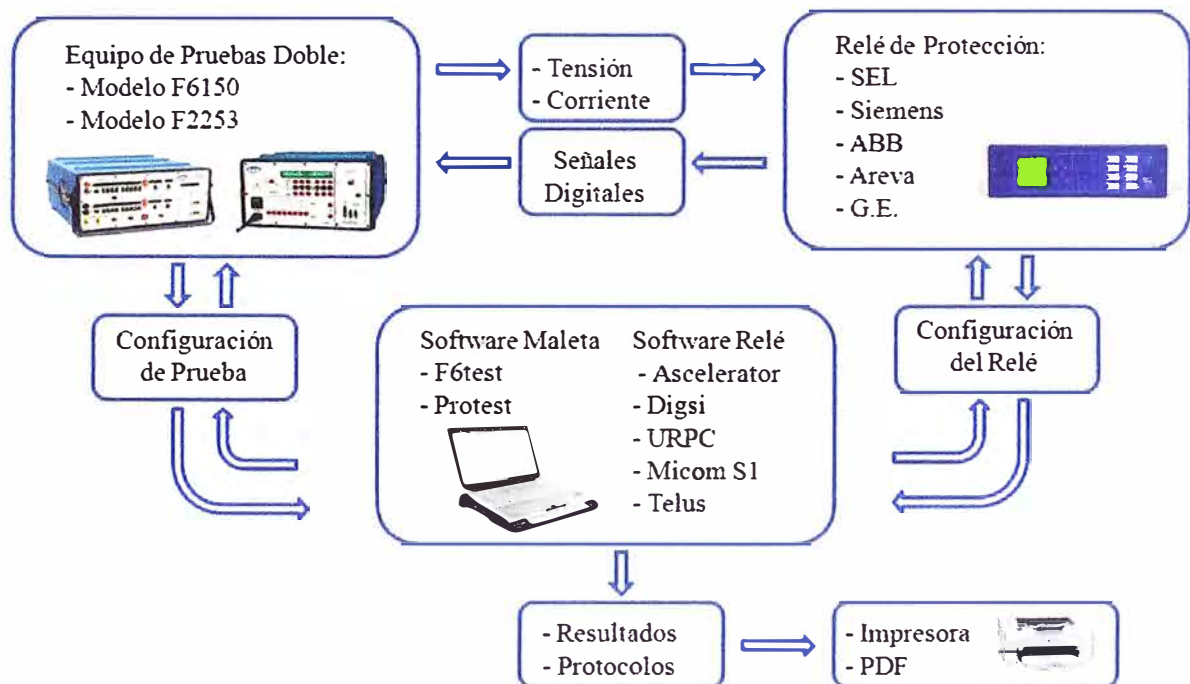


Figura B.3 Diagrama de flujo de pruebas

Paso 10) En cada extremo de la línea, luego de cada prueba se descargarán los eventos y oscilografías registradas por los relés de protección para su análisis.

Paso 11) Recordar que antes de empezar cada caso de simulación de pruebas se debe cerrar los interruptores.

Paso 12) Cuando se termine las pruebas, se realiza la reposición del circuito de corriente y tensión.

Paso 13) Se devolverá los documentos entregados por el cliente.

Paso 14) El cliente firmará el Acta de Conformidad de Trabajo.

ANEXO C COSTO REFERENCIAL SISTEMA MICROONDAS

Tabla C.1 Costo referencial suministro del sistema de microondas

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	PU (US\$)	SubTotal (US\$)
	Costo suministro de equipos y materiales				118,400.00
1.0	Equipos y Materiales				118,400.00
1.1	Enlace Alto Pisco-Desierto, antenas y cable coaxial	Gbl	1	30,500.00	30,500.00
1.2	Planta de energía solar para Alto Pisco	Und	4	11,000.00	44,000.00
1.3	Torre autosoportada de 12m de altura para antena	Und	1	5,000.00	5,000.00
1.4	Adecuación de circuitos en Chilca REP con tarjetas de voz y datos.	m	1	10200	10,200.00
1.4	Adecuación de circuitos en la repetidora Alto pisco con tarjetas de voz y datos.	m	1	8300	8,300.00
1.5	Tarjeta de datos CO4237 para la transmisión de teleprotección en Chilca REP e Independencia	Und	2	1,300.00	2,600.00
1.5	Equipos de teleprotección SWT3000 en Chilca REP, Desierto (02) e Independencia	Und	4	7,000.00	28,000.00

Tabla C.2 Costo referencial Montaje y puesta en servicio del sistema de Microondas

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	PU (US\$)	SubTotal (US\$)
	Costo montaje y puesta en servicio				13,200.00
1.0	Instalación				6,400.00
1.1	Montaje de antenas y cable coaxial en enlace Alto Pisco-Desierto	Und	2	800.00	1,600.00
1.2	Montaje de Planta de energía solar para Alto Pisco	Und	1	1,000.00	1,000.00
1.3	Montaje Torre autosoportada de 12m de altura para antena	Und	1	1,000.00	1,000.00
1.4	Instalación y montaje y configuración de tarjetas para voz y datos	m	4	200.00	800.00
1.5	Instalación y montaje y configuración de Equipos de teleprotección SWT3000	Und	4	500.00	2,000.00
2.0	Puesta en servicio				2,800.00
2.1	Programación y pruebas locales	Gbl	1	1,000.00	1,000.00
2.2	Pruebas punto a punto	Und	1	1,500.00	1,500.00
2.3	Pruebas SAT	Und	1	300.00	300.00
3.0	Ingeniería de detalle sistema microondas				4,000.00
3.1	Ingeniería de detalle Sistema de Telecomunicaciones con Microondas	Gbl	1	4,000.00	4,000.00

ANEXO D COSTO REFERENCIAL SISTEMA FIBRA OPTICA

Tabla D.1 Costo referencial suministro del sistema de fibra óptica

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	PU (US\$)	SubTotal (US\$)
	Costo suministro de equipos y materiales				665,400.00
1.0	Equipos y Materiales				665,400.00
1.1	Switch de fibra óptica	Und	4	1,600.00	6,400.00
1.2	Gabinetes terminales de fibra óptica	Und	4	2,600.00	10,400.00
1.3	Cajas de empalme	Und	35	1,500.00	52,500.00
1.4	Cable de fibra óptica ADSS, tramo Chilca REP-Desierto	m	168,700	3.00	506,100.00
1.5	Equipos terminales de fibra óptica	Und	4	13,000.00	52,000.00
1.6	Ferretería para soporte de fibra óptica	Gbl	1	10,000.00	10,000.00
1.7	Equipos de teleprotección SWT3000 en Chilca REP, Desierto e Independencia .	Und	4	7,000.00	28,000.00

Tabla D.2 Costo referencial suministro del sistema de fibra óptica

ITEM	Descripción	Unidad	Cantidad	PU (US\$)	SubTotal (US\$)
	Costo montaje y puesta en servicio				186,960.00
1.0	Instalación				173,760.00
1.1	Montaje de switch de fibra óptica	Und	2	80.00	160.00
1.2	Montaje de tableros de fibra óptica	Und	4	150.00	600.00
1.3	Montaje y empalme de fibra óptica	Und	35	100.00	3,500.00
1.4	Tendido de cable fibra óptica-ADSS	km	168.7	1,000.00	168,700.00
1.5	Montaje de 04 equipos de telecomunicaciones por fibra en sala de control	Und	4	150.00	600.00
1.6	Conexión de 04 equipos de telecomunicaciones con hardware involucrado	Und	4	50.00	200.00
2.0	Puesta en servicio				9,200.00
2.1	Programación y pruebas locales	Und	4	500.00	2,000.00
2.2	Pruebas punto a punto	Und	4	1,500.00	6,000.00
2.3	Pruebas SAT	Und	4	300.00	1,200.00
3.0	Ingeniería de detalle de telecomunicaciones por fibra óptica				4,000.00
3.1	Ingeniería de detalle del sistema con fibra óptica	Gbl	1	4,000.00	4,000.00

ANEXO E UNIDAD DE SINTONIA AKE 100

El AKE 100 de Siemens es la unidad de sintonía que contiene al filtro de acoplamiento, el sistema de protección de acoplamiento, el seccionador de tierra y el transformador de aislamiento. El AKE 100 tiene un circuito pasa alto, que permite, a partir de una frecuencia mínima f_{μ} , determinada por el tamaño de los condensadores de acoplamiento, transmitir hasta 500 kHz en la banda de frecuencias portadoras previstas para el sistema PLC. La AKE es usado en todos los casos de acoplamiento (Fase-Tierra, Fase-Fase e Inter-sistemas).

La unidad de acoplamiento puede ser conectada en ambos casos a distintos tipos de transformadores de tensión capacitivo.

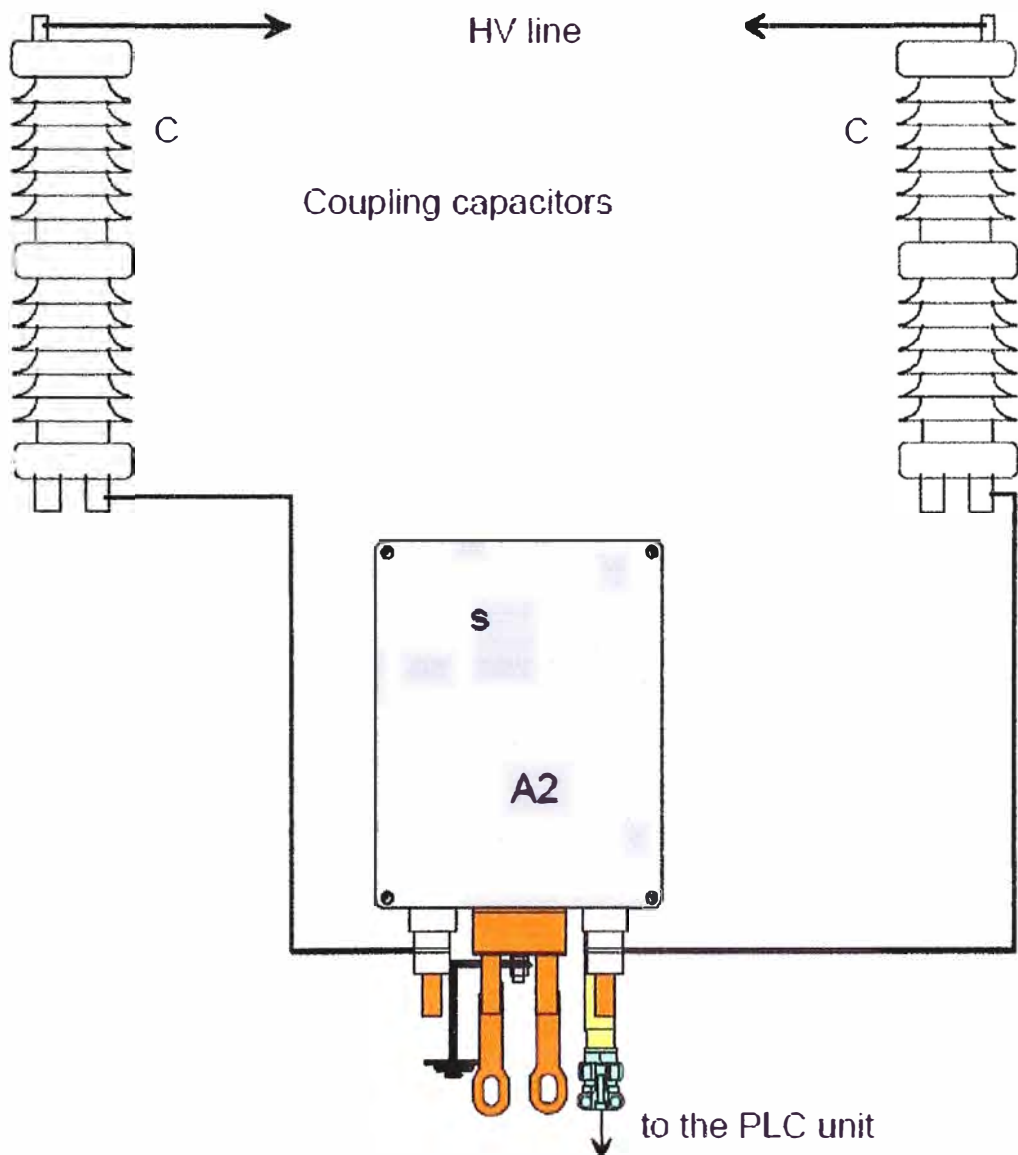


Figura E.1 Unidad de sintonía AKE 100

ANEXO F DATOS TECNICOS DE EQUIPOS

Los correspondientes a la trampa de onda son:

Fabricante	:	TRENCH
Modelo	:	PDV 100
Tensión Nominal	:	220 kV
Corriente Nominal	:	2000 A
Inductancia	:	0.5 mH
Montaje	:	Suspendida
Frecuencia de bloqueo	:	115 a 500 kHz
Frecuencia de bloqueo	:	60 Hz
Zmin de bloqueo	:	600 Ohm
Rmin de bloqueo	:	400 Ohm

Los correspondientes al transformador de tensión capacitivo son:

Fabricante	:	ABB
Modelo	:	CCA 245
Tensión Nominal	:	220 kV
BIL	:	1050 kV
Capacitancia	:	7,500 pF
Relación de transformación	:	$\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0.10}{\sqrt{3}} / \frac{0.10}{\sqrt{3}}$ kV
Clase	:	15VA, 15VA , 15VA ;5P20,5P20,CI. 0.2

Los correspondientes a la unidad de sintonía

Fabricante	:	SIEMENS
Modelo	:	AKE 100 - A2
Impedancia Nominal lado del equipo	:	600 Ohm
Impedancia Nominal lado de línea AT	:	240 a 400 Ohm
Condensador de acoplamiento	:	4000 a 6000 pF
Potencia de RF	:	200 W

Los correspondientes al cable coaxial

Fabricante	:	LEONI
Modelo	:	2YTK2YB2Y
Impedancia Característica	:	75 Ohm
Atenuación a 300kHz	:	3.3 dB/km

Diámetro de cable coaxial redondo	:	1.4mm
Tipo de aislamiento (2Y)	:	Polietileno
Tipo de conductor (TK)	:	Conductor de cobre
Apantallamiento	:	Trenzas de Hilo de Cobre

Los correspondientes al equipo terminal de onda portadora son:

Fabricante	:	SIEMENS
Modelo	:	PowerLink
Software de configuración	:	PowerSys Ver 3.2.118
Modo de operación	:	Full dúplex, banda lateral única, portadora suprimida
Gama de frecuencias	:	28 a 500 kHz
Ancho de banda bruto	:	8kHz
Estabilidad de frecuencia	:	% 0,002
Impedancia en alta frecuencia	:	75 Ohm
Potencia de salida de transmisor	:	80 W
Alimentación	:	110 VDC

Los correspondientes al equipo de teleproteccion son:

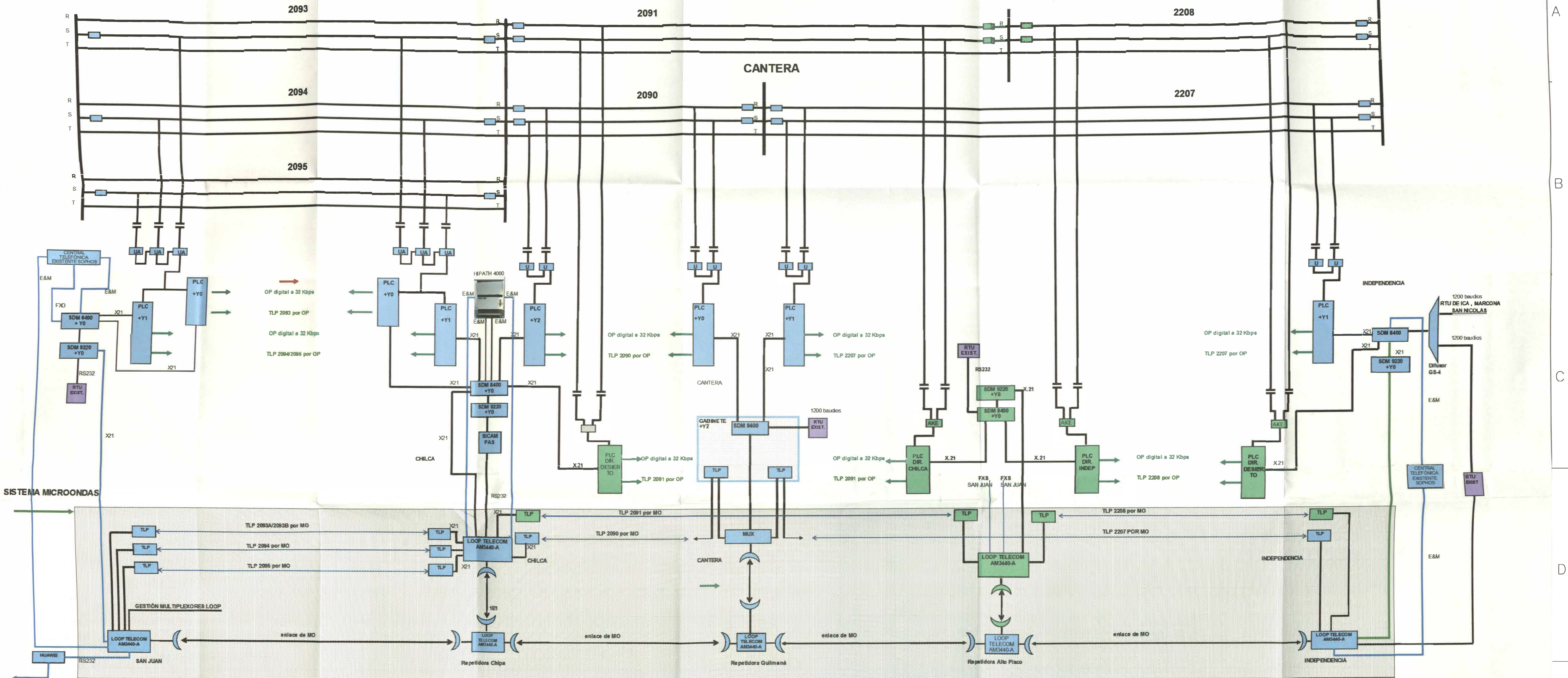
Fabricante	:	SIEMENS
Modelo	:	iSWT3000
Modo de operación	:	AMP (servicio múltiple alternado) disparos de teleprotección están dentro de la banda de voz
Modo de configuración	:	(04) disparos independientes en modo permisivo

ANEXO G GLOSARIO DE TÉRMINOS

AGC	Control automático de ganancia
ANSI	Instituto de estándares americano
ATT	Atenuador
BF	Frecuencia telefónica
CFS	Secuencia de frecuencia portadora
CF	Frecuencia portadora
CSP	Módulo de "Procesamiento Central de Señal"
CCVT	Transformadores de tensión capacitivo para acoplamiento
CSP	Procesamiento Central de Señal
DP	Bomba de datos
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IEEE	Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos
iFSK	Canal FSK integrado
iMUX	Multiplexor integrado
iSWT	SWT 3000 integrado
PA40	Amplificador de potencia 40W
PA40-B	Amplificador de potencia 40W-Booster
PLC	Power Line Carrier (Sistema de Onda Portadora)
PU	Unidad de procesamiento
RF	Interfaz de alta frecuencia
RS232	Interfaz asincrónica digital
RX-FI	Filtro de recepción
SAT	Site Acceptance Test (Prueba de aceptación en campo)
SCADA	Sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos.
SSBSC	Banda lateral única –sin portadora.
SWC	Resistencia a los picos de sobretensión
VCA	Amplificador controlado por voltaje
VFM	Interfaz telefónica E&M
VFO	Interfaz telefónica FXO
VFS	Interfaz de abonado FXS
X.21	Interfaz sincrónica digital

ANEXO H
PLANO DEL SISTEMA GENERAL DE TELECOMUNICACIONES

SAN JUAN CHILCA REP DESIERTO INDEPENDENCIA



SIMBOLOGÍA

	Trampas de onda - Existentes		Equipos Onda Portadora digital - Existentes		Unidad Terminal Remota - Existentes
	Trampas de onda - Nuevas		Equipos Onda Portadora digitales - Nuevos		Multiplexor Nuevo Loop Telecom - Existentes
	Unidades de Acoplamiento - Existentes		Sistemas de Teleprotección externo - Existentes		Multiplexor Nuevo Loop Telecom REP - Nuevos
	Unidades de Acoplamiento - Nuevas		Sistemas de Teleprotección externo - Nuevos		Central telefonica existente
	Multiplexor SDM - Existentes		Onda Portadora		Microondas
	Multiplexor SDM - Nuevos				

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Dostert, Klaus, "Powerline Communications", Prentice Hall PTR, 2001.
- [2] Herrera Pérez, Enrique, "Comunicaciones I: Señales, Modulación y Transmisión", Editorial Limusa, Mexico, 2004
- [3] Wayne, Tomasi, "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", Cuarta Edición, Editorial Prentice Hall, Mexico, 2003
- [4] Herrera Pérez, Enrique, "Introducción a las Telecomunicaciones Modernas", Editorial Limusa, Mexico, 2001
- [5] Haykin, Simon y Van Ven, Barry, "Señales y Sistemas", Editorial Limusa Wiley, Mexico, 2001
- [6] Montané Sangrá, Paulino, "Protecciones en las Instalaciones Eléctricas", Editorial Marcombo, España, 1993
- [7] Sanders, Miriam y Ray, Roger, "Power Line carrier channel & application considerations for transmission line relaying", Pulsar Technologies, Inc. Document Number C045-P0597
<http://www.pulsartech.com/pulsartech/docs/C045-P0597.pdf>
- [8] SIEMENS, "PowerLink Tecnología avanzada de OP/AT en un concepto orientado a futuro", Alemania 2005
- [9] ISA Interconexión Eléctrica S.A, "Guías para el buen ajuste y la coordinación de protecciones del STN", Colombia, 2000
- [10] TRANSENER S.A, "Guía de diseño de sistemas de protecciones", Argentina, 2003
- [11] IEEE Std 643, "Guide for Power-Line Carrier Applications" USA, 2004
- [12] SIEMENS, "PowerLink Equipment Manual", Alemania 2005
- [13] Electricidad de Potencia S.A.C, "Procedimiento de Pruebas End to End", Perú, 2011
- [14] TRANSENER S.A, "Guía de diseño y Normas del sistema de comunicaciones por onda portadora", Argentina, 2003
- [15] MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS - DGE, Estudios de Costos de Trasmisión y Subestaciones, "Linea de Transmisión 220 kV Paragsha - Vizcarra - Conococha - Cajamarca - Carhuaquero", Peru. 2007.
- [16] CESEL Ingenieros, "Ingeniería definitiva para el suministro de agua y energía del proyecto Cerro Lindo ", Perú 2006