

Universidad Nacional de Mar del Plata

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Eléctrica

ENCLAVAMIENTOS

EN EL SISTEMA DE

ALTA TENSION DE

MAR DEL PLATA

por

Roberto Horacio Cian

Director del Proyecto: Ingeniero Eduardo Nasarov

Tesis presentada acerca de los enclavamientos existentes en el sistema de 132 kV. de Mar del Plata.



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Universidad Nacional de Mar del Plata

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Eléctrica

ENCLAVAMIENTOS

EN EL SISTEMA DE

ALTA TENSION DE

MAR DEL PLATA

por

Roberto Horacio Cian

Director del Proyecto: Ingeniero Eduardo Nasarov

Tesis presentada acerca de los enclavamientos existentes en el sistema de 132 kV. de Mar del Plata.

Indice

Contenido	Pág.
Generalidades.....	3
1.- Descripción del Sistema Electro Energético de Mar del Plata.....	4
2.- Presentación del problema.....	7
3.- Alternativa de propuesta técnica.....	9
4- Conclusiones.....	10
Diagramas y Anexos.....	13

ENCLAVAMIENTOS EN EL SISTEMA DE ALTA TENSION

DE MAR DEL PLATA

Generalidades.

El presente trabajo está referido a los enclavamientos para la operación de los aparatos de maniobra del sistema de 132 kV. de la ciudad de Mar del Plata.

Los enclavamientos de los aparatos de maniobra de un sistema se llevan a cabo por razones de seguridad del personal técnico y operarios que realicen tareas de reparación o mantenimiento directamente sobre las partes que forman el sistema: líneas, máquinas o los mismos aparatos de maniobra, para asegurar un servicio continuo y además evitar la destrucción de alguna de estas partes, lo que significaría un costo económico elevado. Por ejemplo, un seccionador además del costo propio debe sumarse el tiempo que demande la solución del problema, tiempo durante el cual el sistema pierde seguridad de servicio o en el peor de los casos se interrumpe.

Por esta razón se hace necesario construir un sistema de control que prohíba toda maniobra equivocada. Tal sistema estará vinculado a cada una de las Estaciones Transformadoras que tienen aparatos de maniobra a operar y el Centro Operativo, donde se procesará la información de los estados de los equipos para habilitar o no la maniobra.

1. Descripción del sistema electro energético de Mar del Plata.

El sistema electro energético de Mar del Plata cuenta actualmente con 6 estaciones transformadoras:

- **"9 de Julio"**: con cabecera en la Estación Transformadora "9 de Julio", junto a la Central del mismo nombre.
- **"Terminal"**: con cabecera en la Estación Transformadora "Terminal".
- **"Pueyrredon"**: con cabecera en la Estación Transformadora "Pueyrredon".
- **"Jara"**: con cabecera en la Estación Transformadora "Jara".
- **"Mar del Plata"**: con cabecera en la Estación Transformadora "Mar del Plata".
- **"Ruta 2 "**: con cabecera en la Estación Transformadora "Ruta 2".

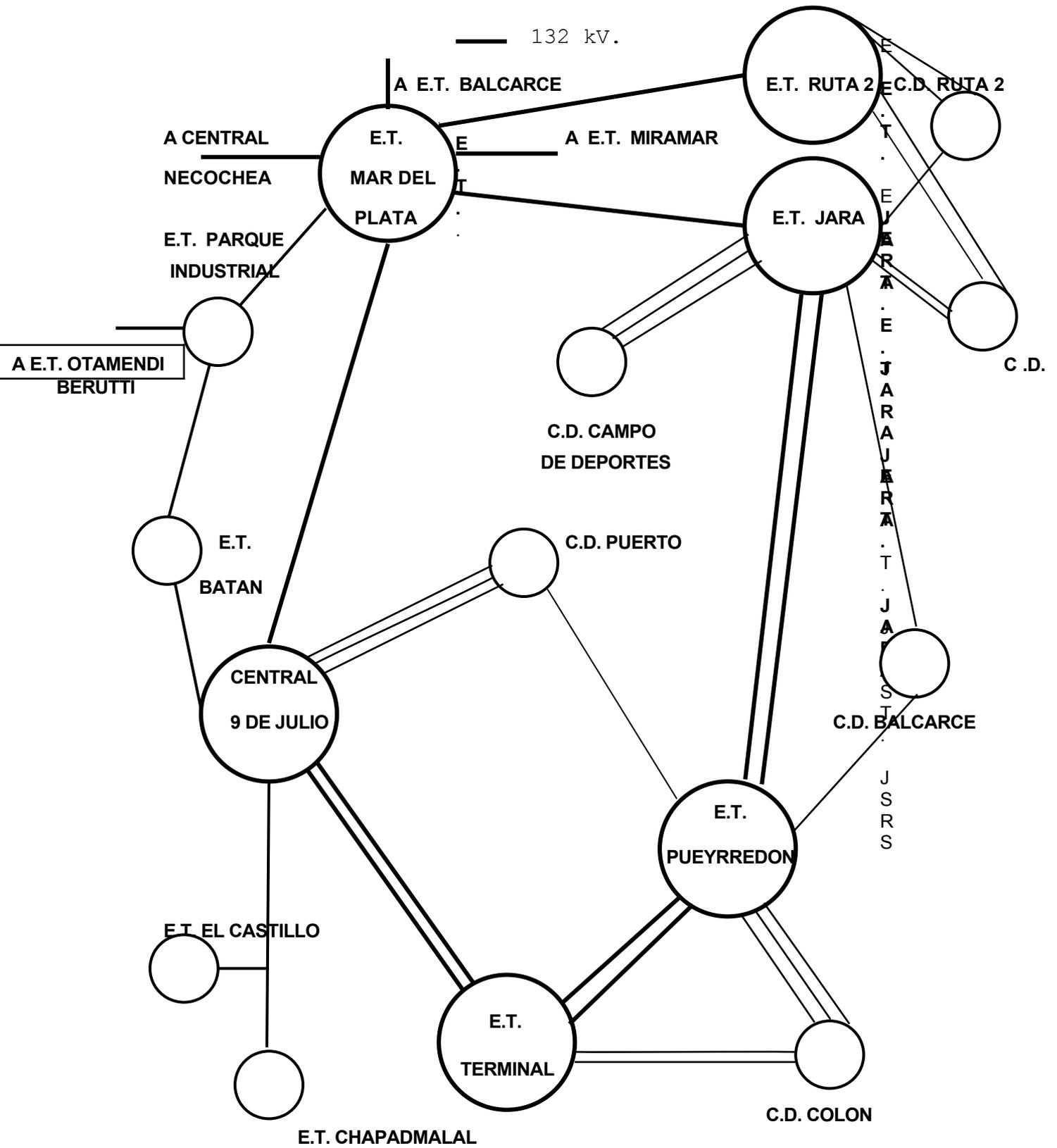
En el esquema de la Fig. N° 1, se muestra la disposición de los mismos y además las Estaciones Transformadoras de 33 kV y los Centros de Distribución de 13,2 kV.

La Estación Transformadora "9 de Julio" y la Estación Transformadora "Mar del Plata" son puntos de aporte de energía, "9 de Julio" por tener generación propia y "Mar del Plata" por estar interconectada al Sistema Interconectado Provincial.

Por otra parte, los Centros o cabeceras de los sistemas "9 de Julio", "Terminal", "Pueyrredon" y "Jara" están vinculados mediante un doble anillo en cable O.F. aumentando la seguridad del sistema, pero duplicando los puntos de inyección de potencia a cada E.T., haciendo más complejo el análisis de los enclavamientos.

Figura N° 1.

Referencias: — 13.2 kV. — 33 kV.
— 132 kV.



La Estación Transformadora "Mar del Plata", es la vinculación con el sistema interconectado provincial, mediante 2 líneas aéreas a la central Necochea y una a Tandil, pasando por la ciudad de Balcarce.

De dicha Estación y en 132 kv, sale un cable subterráneo aislación seca, que alimenta la nueva E.T. Ruta 2, una línea aérea a la Central "9 de Julio" y un cable subterráneo aislación O.F. a la E.T. Jara.

La Estación cuenta además con dos transformadores de tres arrollamientos en conexión estrella-estrella-triángulo de relación 132/33/13,2 kV y una potencia de 15/10/15 MVA para alimentar las E.T. 33/13,2 kv de la periferia y un transformador de 44/44/15 MVA y relación 132/13.8/13.2 kV para alimentar la zona urbana.

Desde barras de 132 kV de la E.T. Jara, se entrega energía a las Estaciones Transformadoras "Pueyrredon" "Terminal" y la "E.T. 9 de Julio" a través de dos ternas de cables unipolares tipo O.F. de 350 mm². Cu de sección y una capacidad de transmisión de 110 MVA por terna. Cada una de estas estaciones cuenta con dos transformadores de tres arrollamientos en conexión estrella-estrella-triángulo de relación 132/13.8/13.2 kV y una potencia de 44/44/15 MVA. Estos transformadores son del tipo ONAN/ONAF y admiten una carga pico de 58 MVA durante una hora, funcionando seis horas antes y seis horas después de esta sobrecarga, con una potencia de 30.8 MVA, que es la potencia nominal como ONAN.

La E.T. Ruta 2, que está alimentada en forma radial desde la E.T. Mar del Plata, posee un solo transformador de 44 MVA, de idénticas características a los mencionados anteriormente.

La Central "9 de Julio" tiene una potencia instalada en generación de 145 MW, sin embargo de acuerdo a los programas de mantenimiento existentes y al déficit operacional de algunas máquinas, la potencia firme generada puede considerarse de 115 MW. La demanda es aportada por el Sistema Interconectado Provincial. Sólo cuando el Sistema Interconectado no puede abastecer la demanda del sistema Mar del Plata, es la Central "9 de Julio" la que aporta la misma. La demanda máxima en verano fue de 247 MW y en invierno de 208 MW.

Como datos estadísticos de interés, se pueden decir que el sistema cuenta en media tensión, 13,2 kV, con 790 Km de líneas aéreas y 236 Km de cables subterráneos; En 33 kV con 30 Km de líneas aéreas y 40 Km de cables subterráneos. En alta tensión, 132 kV, con 8,3 Km de líneas aéreas, 30 Km de cable subterráneo tipo óleo fluido (O.F.) y 6,7 Km de cable subterráneo aislación XLPE.

2.- Presentación del problema.

La evolución del sistema eléctrico marplatense como consecuencia de la demanda que se expande en la región y una densidad de carga que va aumentando hace más difícil un manejo seguro de la operación del sistema por lo que se ha ideado un método para llevar a cabo los enclavamientos a todas las maniobras que se puedan realizar con el aparataje de alta y media tensión. Lo que se pretende construir, es un sistema que comunique todos los centros desde los cuales se pueda realizar una maniobra, "9 de Julio", "Terminal", "Pueyrredon", "Jara", "Ruta 2" de manera que cuando desde cualquiera de ellos se vaya a operar un aparato de maniobra previamente se pueda consultar si tal maniobra es realizable, la respuesta será sí o no, según el estado del sistema en ese momento, es decir, depende de las maniobras que se hayan hecho en las demás estaciones. Esto permitirá alterar el estado del sistema desde cualquiera de los puntos de operación con total seguridad, eliminando toda posibilidad de realizar una maniobra equivocada o que implique peligro.

Esto es posible realizarlo, ya que está instalado y funcionando de manera confiable el sistema de telecontrol, que entre otros datos, indica el estado de todos los aparatos del sistema.

Para determinar si una maniobra se puede realizar o no, es necesario estudiar el funcionamiento del sistema y sus componentes y qué condiciones requiere cada aparato de maniobra antes de ser operado. Hay que analizar todas las posibles configuraciones de operación, es decir, todas las vías por las cuales llegar con energía a un punto.

A continuación se describen los aparatos que se encuentran instalados en el sistema en estudio y las condiciones para la operación de cada uno:

- **Seccionador de puesta a tierra:** es un elemento de seguridad que pone a tierra una instalación por lo que opera sin tensión y permanecerá cerrado cuando se deba trabajar directamente sobre un aparato ó línea, por lo cual se podrá dar tensión a la línea cuando se encuentre abierto.
- **Seccionador de Alta Tensión:** es un aparato previsto para aislar. Establece una distancia eléctrica. Abre o cierra un circuito cuando no está recorrido por una corriente. En el caso del sistema en estudio, en los tramos de línea subterránea, aún en vacío, la línea tiene una carga de 2 MVar/km. debido a la capacidad propia del cable, por lo que los seccionadores deberán operar sin tensión cuando exista la posibilidad que circule corriente por ellos.

- **Distancia mínima**: cumple la misma función que el seccionador y se adopta en lugar de éstos cuando no se dispone del espacio suficiente como para instalar un seccionador.

Consiste en una barra desmontable metálica insertada en la línea. Se coloca y se retira en forma manual y permite una distancia mínima de seguridad en aire, por lo tanto es necesario que en la línea no haya tensión y que esté puesta a tierra.

- **Interruptor de Alta Tensión**: para la apertura y el cierre no presentan condicionamientos. Algunos son extraíbles, y a los efectos de los enclavamientos se tiene en cuenta esta posición.
- **Interruptor de Media Tensión**: se operará luego que esté todo dispuesto en Alta Tensión, se cerrará sólo cuando uno de los seccionadores de M.T. se encuentre en posición cerrado o cuando estén cerrados los dos seccionadores y el interruptor de acoplamiento simultáneamente.
- **Seccionador de Media Tensión**: opera sin carga, nunca están cerrados simultáneamente los dos seccionadores de un mismo transformador.

3.- Alternativa de propuesta técnica.

La propuesta técnica que se presentó para el sistema eléctrico de Mar del Plata es un sistema de telecontrol con funciones SCADA básicas y extendidas, el cual se operará desde un Centro de Operación de Distribución.

La finalidad del proceso a telecontrolar es suministrar energía eléctrica a toda la ciudad de Mar del Plata en el nivel de subtransmisión en Alta Tensión.

Para poder realizar el monitoreo y control de Subestaciones y Redes de Distribución y Transmisión Eléctricas, se buscó un sistema SCADA basado en PC y cuya funcionalidad provea de características comprensivas y amigables además de interfase serie y Ethernet para integrar dispositivos de control.

4.- Conclusiones.

El sistema propuesto está compuesto por un sistema de automatización con plataforma para monitoreo, control, concentración de datos y protocolos de conversión, cuyas funciones principales a nivel de variables eléctricas son:

- Señalización: Alarmas, estados, eventos (con marcas temporales).
- Control: Emisión de órdenes remotas para comandar algún dispositivo (interruptor, RBC, etc.)
- Medición: Lectura de tensiones, corrientes, potencia activa, reactiva y aparente (P, Q, S), frecuencia, armónicas, etc.

Se utilizará un sistema D20 perteneciente a la familia de productos de la empresa GE Harris.

Este dispositivo tiene la capacidad de procesamiento para monitorear y controlar todos los IEDs (Dispositivos Electrónicos Inteligentes) de todas las subestaciones y miles de puntos de entrada y salida de subestaciones.

La aptitud de procesamiento sirve para manejar aplicaciones automáticas sofisticadas, tales como GE Harris LogicLinx integradas (PLC). Todos los IED de las subestaciones y dispositivos de datos están integrados, coordinados y hechos aprovechables como muchos sistemas huésped o usuarios necesarios en el local, en el nivel de prueba o Scada master.

Flexibilidad para una estructura formal, potente y sistema versátil. Este sistema se ha implementado con unidades terminales remotas distribuidas para su utilización en la industria eléctrica. Se ha desarrollado como una plataforma principal para la automatización de subestaciones. Basado sobre una arquitectura distribuida de apertura-cierre, y usando una serie de módulos inteligentes, estos productos dan una completa flexibilidad para una estructura formal, potente y sistema versátil, capaz de manejar el monitoreo, control, automatización y comunicaciones desde la más pequeña subestación de distribución hasta la más grande estación de transmisión.

Como software de este sistema se utiliza un sistema operativo basado en lenguaje UNIX, el cual proporciona los recursos del sistema y coordina todos los detalles internos de la computadora. Es un sistema "Multiusuario" porque puede trabajar con dos o más usuarios a la vez.

Para poder vincular el sistema de telecontrol con las unidades terminales remotas (RTU) se utilizan algunos pares del cable piloto anexo a los dos cables de potencia de las ternas I y II de 132 kV que corre entre las Estaciones Transformadoras Mar del Plata y 9 de Julio.

Este cable piloto consta de 22 pares para telefonía más 7 pares que se utilizan para los relés de impedancia ó distanciométricos.

Entre E.T. Mar del Plata y E.T. Ruta 2 la vinculación es mediante fibra óptica.

En relación con la onda portadora se puede decir que es un sistema de comunicación el cual se realiza por medio de los mismos cables de transmisión de energía, instalando en cada estación un receptor y un transmisor y además un capacitor en paralelo y una bobina de choque para filtrar las componentes de 50 Hz y así poder transmitir los datos necesarios por medio de señales en la banda de frecuencias de los 3000/4000 Hz.

Entre las ventajas que posee este sistema se mencionarán:

- Si no se corta la línea de 132 kV. la comunicación es permanente.
- El costo de la misma es gratis.

Entre las desventajas se pueden mencionar:

- Sí la línea de 132 kV. está fuera de servicio se pierde toda la comunicación.

En EDEA la onda portadora no se utiliza para el sistema de Telecontrol, pero en empresas como TRANSBA y TRANSENER sí lo usan bastante para poder transmitir señales de telecontrol sin costo de comunicación.

Para mejorar el sistema de transmisión de telecontrol en este trabajo se adoptará transmitir por medio de Fibra Optica, la cual lo hace por medio de un haz de luz que se propaga en un medio no eléctrico como es el cable de fibra óptica que no es más que un hilo de vidrio.

De acuerdo al equipamiento existente el tiempo de retardo para cada relé con cable piloto oscila alrededor de los 120 milisegundos, mientras que con cable fibra óptica el tiempo de retardo es de aproximadamente de 12 milisegundos.

El ruido en los cables es grande, lo que se denomina como interferencia, y en electrónica se llama:

- Ruido blanco: este tipo de ruido es casi plano.
- Ruido de Johnson: este tipo de ruido está formado por picos altos y bajos.

La unidad terminal remota, RTU, maneja interruptores y los reguladores bajo carga de los transformadores pero no maneja seccionadores de línea ni de puesta a tierra, los cuales se accionan manualmente, debido a que puede suceder que alguna de

las cuchillas quede mal posicionada y no se produzca un cierre ó apertura perfectos. La RTU sólo envía al Centro Operativo información del estado en que se encuentra el respectivo seccionador (línea ó puesta a tierra).

Los relés utilizados son relés de impedancia, los cuales para poder realizar la medición necesitan de los valores de corriente y tensión de cada una de las fases, además de los valores de tensión y corriente homopolares, y sobre la base de la impedancia de la línea calculan solos la distancia a la cual se produjo la falla y envían sobre la base de ese dato el disparo al interruptor remoto.

Con relación al sistema de enclavamientos anterior para poder realizar una consulta entre dos estaciones transformadoras había que pulsar el pulsador de consulta el cual manda una señal hasta el dispositivo consultado. Si la respuesta es afirmativa se encenderá una luz en dicho dispositivo, si la respuesta es negativa la luz no se encenderá.

Con este nuevo sistema, la consulta de cualquier aparato la verificará el Servidor del Centro Operativo que enviará una señal para desenclavar, positiva ó negativa, según corresponda.

DIAGRAMAS

Y

ANEXOS

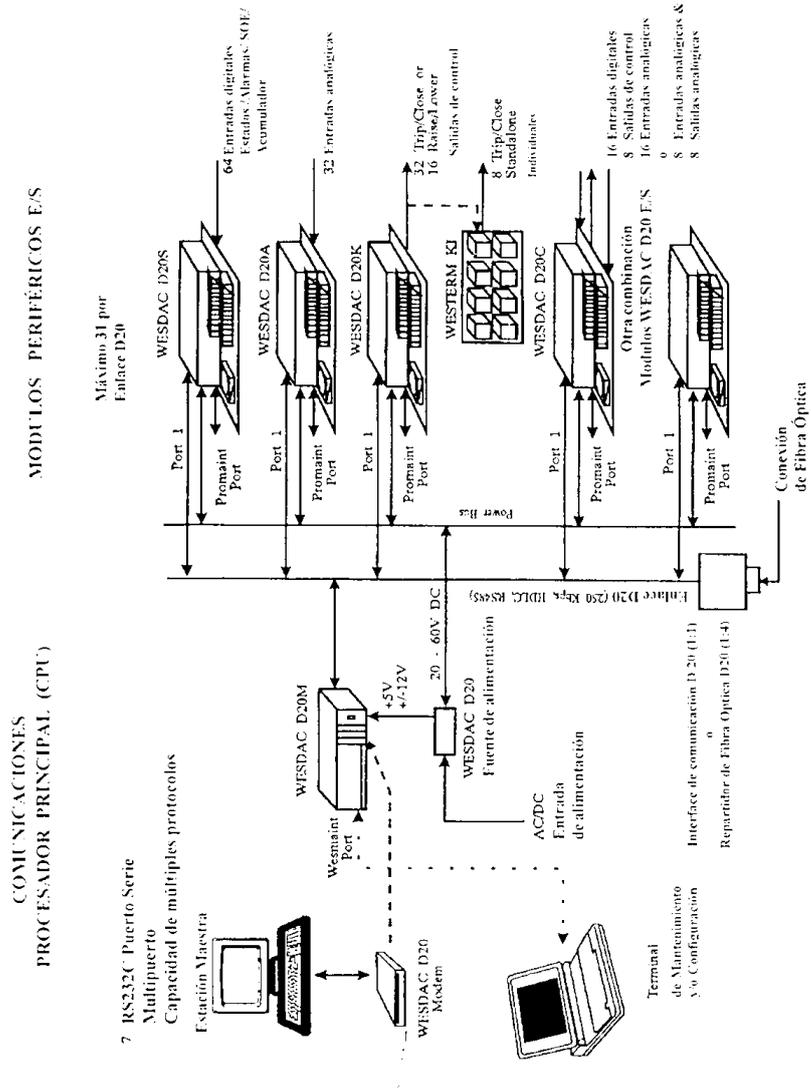


Figura 1
WESDAC D20 Configuración del Sistema de la subestación

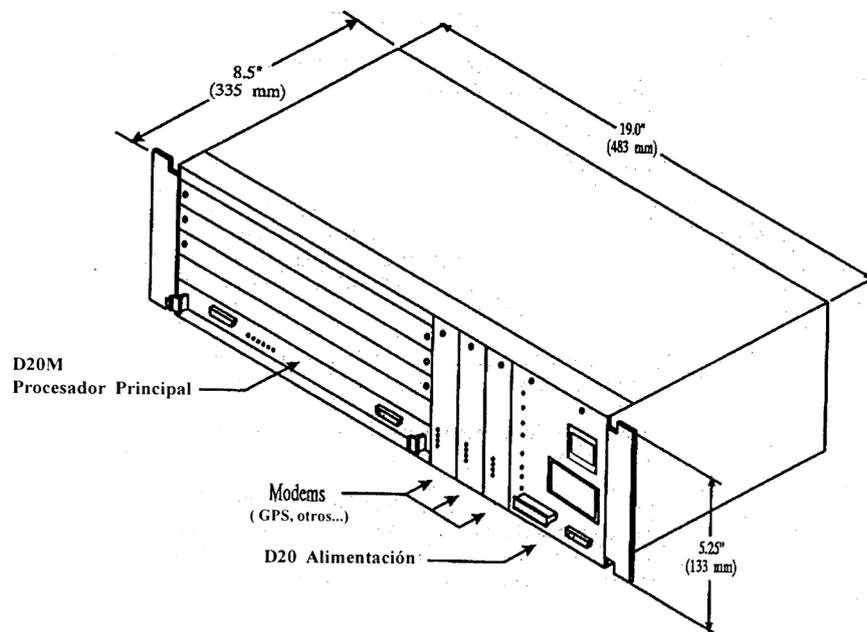


Figura 2
D20M Chassis

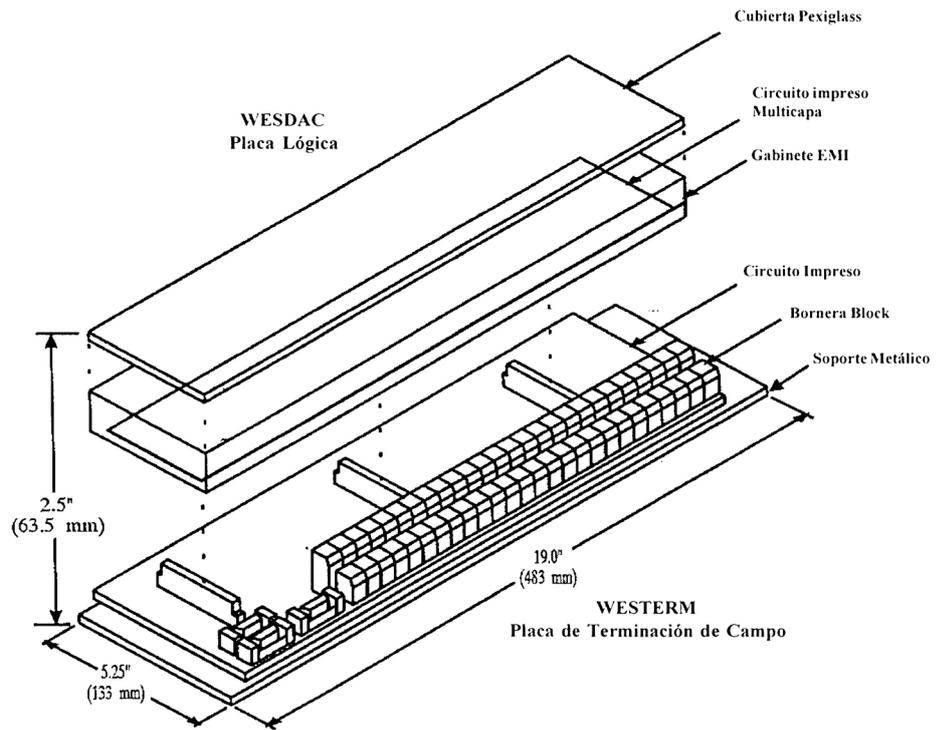


Figura 3
D20 Módulo E/S Periférico

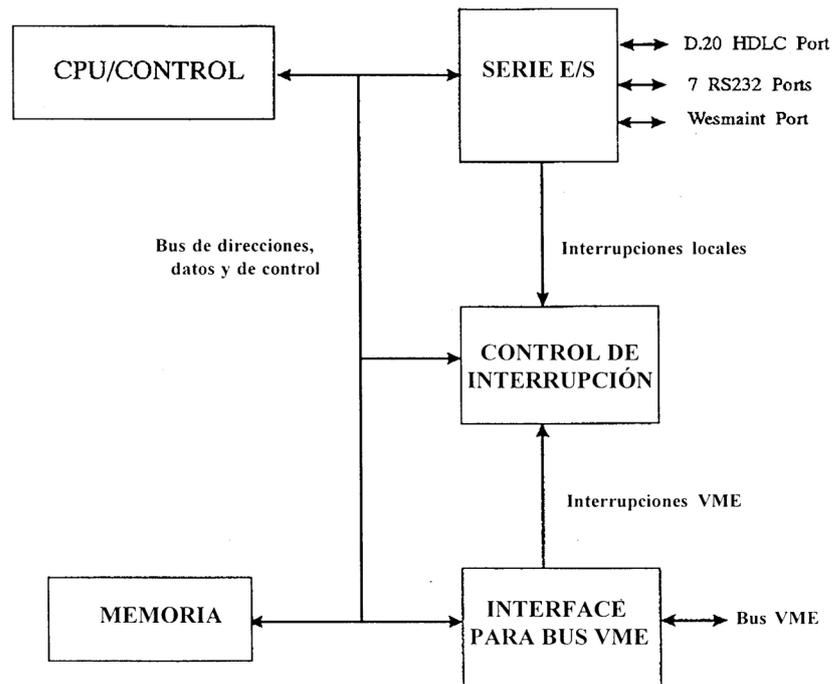


Figura 4
D20M Diagrama de Bloques

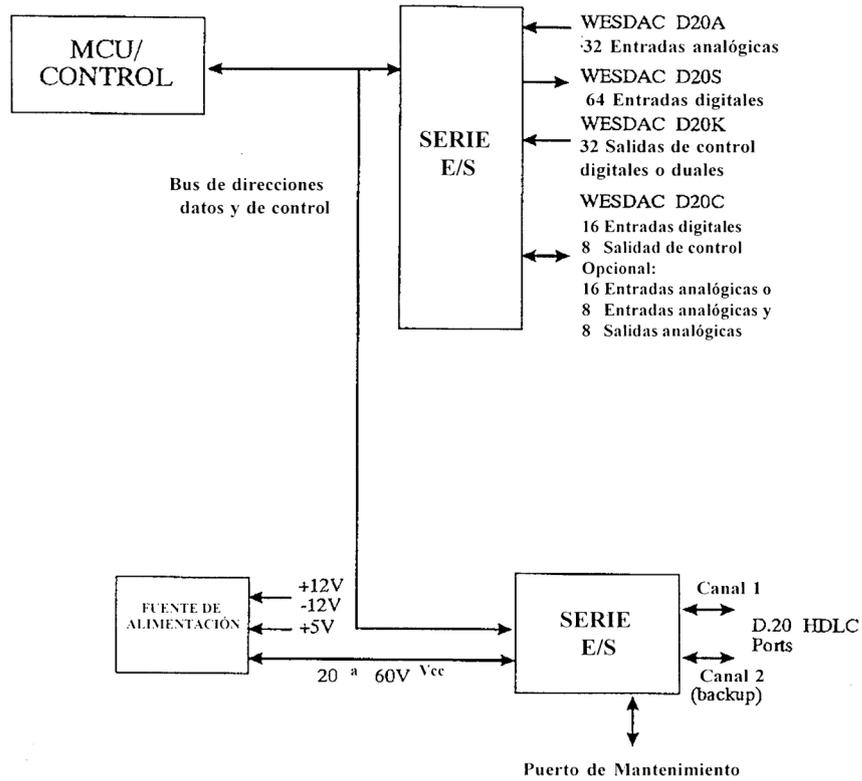


Figura 5
D20 Periférico E/S Diagrama de Bloque

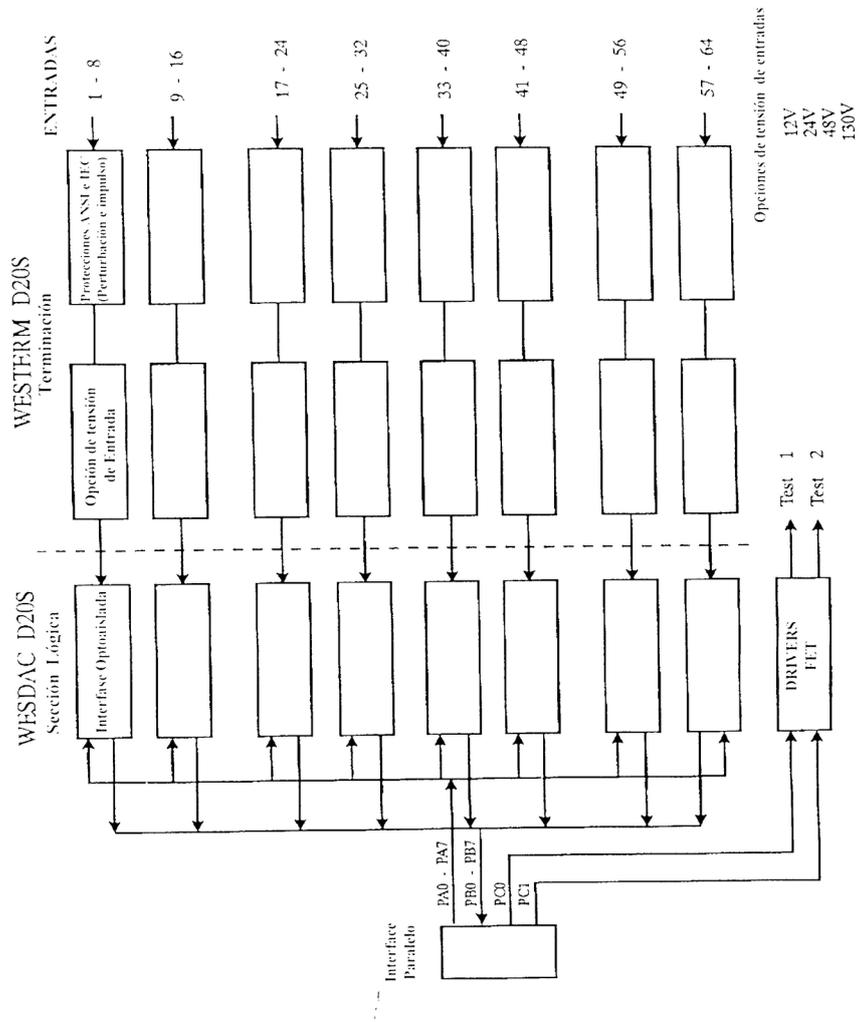


Figura 6
Diagrama en Bloque de las entradas digitales del periférico D20S

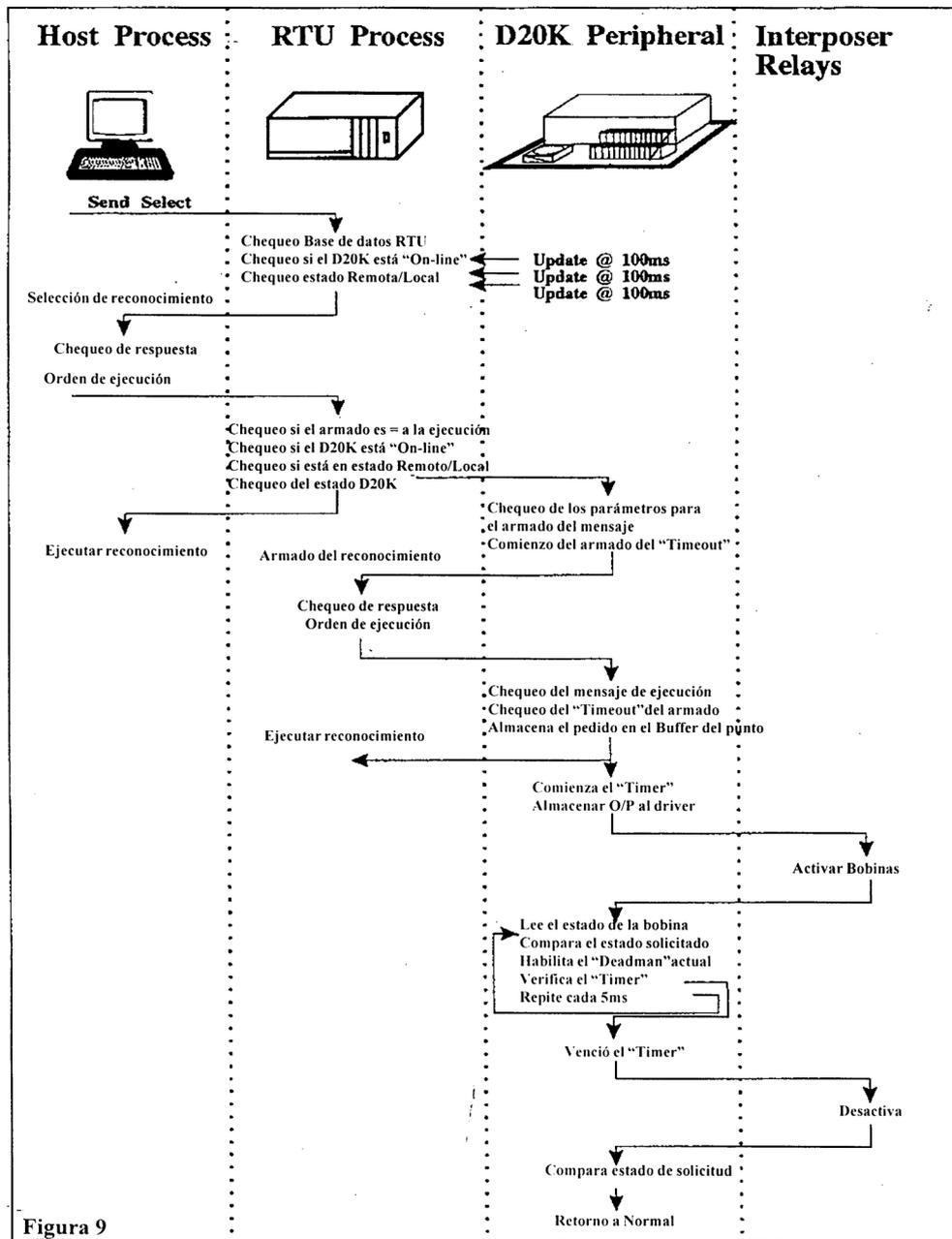


Figura 9
Selección previa al control de método