

# ANALES

DEL INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE

Sucesor

De la:

«SOCIEDAD DE INGENIERIA»

Fundada el 31 de Mayo de 1888

Y del:

«INSTITUTO DE INGENIEROS»

Fundado el 28 de Octubre de 1888

Con Personalidad Jurídica desde el 28 de Diciembre de 1900

Adherido a la USAI y a la CONFERENCIA MUNDIAL DE LA ENERGIA

AÑO LXIV



MAYO - JUNIO DE 1951



N.ºs 5 - 6

Comisión Editora: Raúl Sáez S. (Pde.), Arturo Quintana, Jorge del Río, Fernando Salas y Sansón Radical.

Ing. Ambrosio Alliende

## Comunicaciones telefónicas a larga distancia \*

El tema de las «Comunicaciones telefónicas a larga distancia», tan breve y conciso en apariencia, es de por sí de gran extensión y complejidad, y su discusión detallada haría necesario ocupar un espacio mucho mayor que el que se le ha asignado.

En la suposición de que los lectores no están íntimamente familiarizados con los problemas de las comunicaciones, me permitiré considerar el problema general desde su base, aunque sin entrar en mayores detalles.

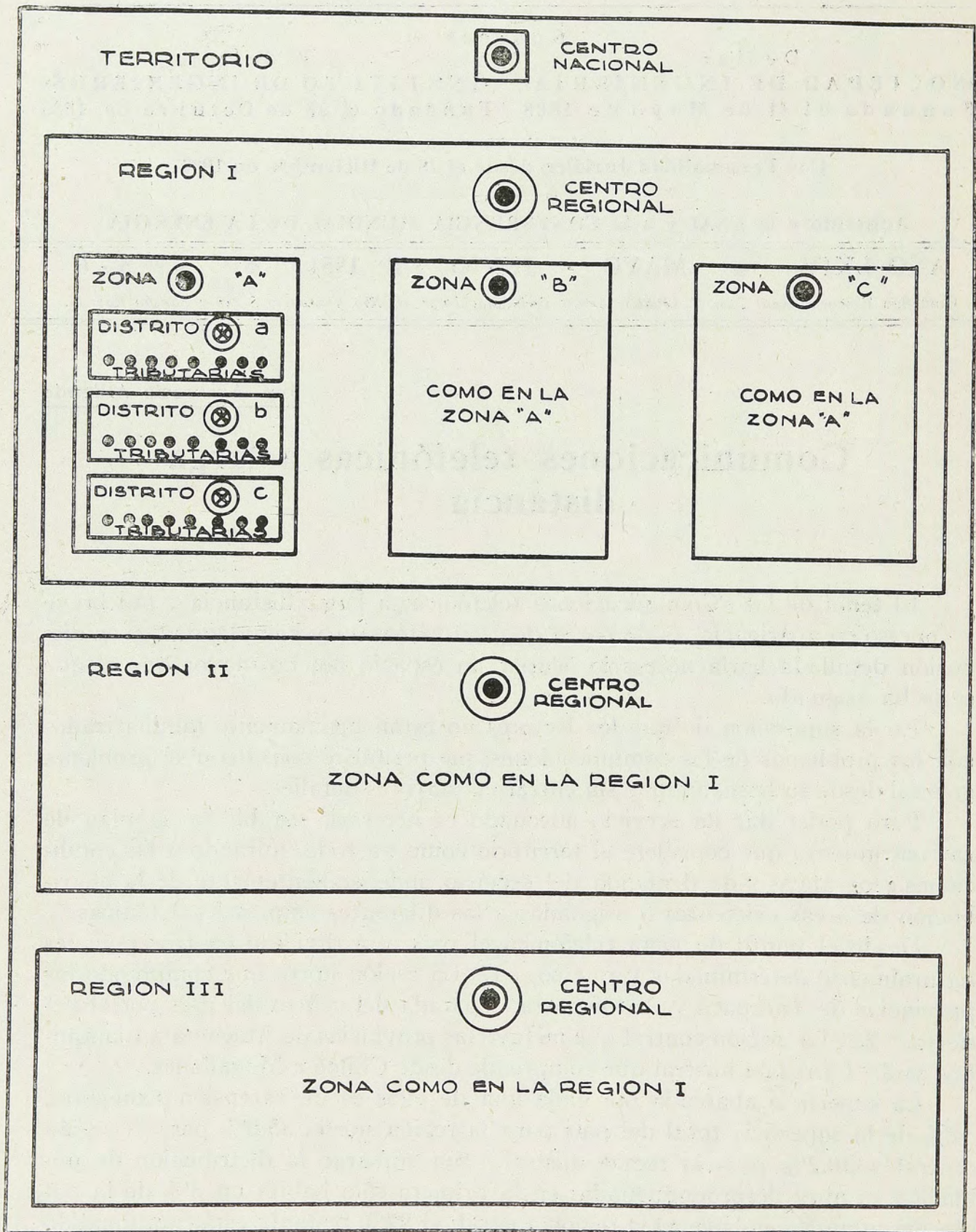
Para poder dar un servicio adecuado es necesario establecer un plan de entroncamiento que considere el territorio como un todo, mirando a las condiciones geográficas y de demanda del servicio, independientemente de la distribución de áreas existentes o asignadas a las diferentes empresas telefónicas.

Desde el punto de vista telefónico el país está dividido en tres regiones naturalmente determinadas y que son: 1.º La región norte que comprende las provincias de Tarapacá y Antofagasta, separada del centro del país por el desierto. 2.º La región central que incluye las provincias de Atacama a Llanquihue y, 3.º La región austral que comprende desde Chiloé a Magallanes.

La superficie abarcada por cada una de ellas es de extensión semejante, 34% de la superficie total del país para la región norte, 35,8% para la región central y 30,2% para la región austral. Sin embargo la distribución de población es muy desproporcionada; en la primera sólo habita un 3% de la población, y un 5% lo hace en la región austral; el 92% restante está comprendido

\* Conferencia dictada el día 30-5-51 en el Laboratorio de Electrónica y Telecomunicaciones de la Escuela de Ingeniería de la U. de Chile.

ESQUEMA N° 1



en la región central. La distribución irregular de la población también es muy notoria dentro de cada región y trae como consecuencia una distribución muy irregular de los centros de demanda de servicio de larga distancia.

El plan de entronque deberá contemplar la manera de proporcionar el servicio con eficiencia, economía, rapidez y dentro de las normas de transmisión internacionalmente aceptadas.

El plan más aceptable y que ha sido ya estudiado por la Compañía de Teléfonos de Chile, determina los requisitos que debe cumplir la planta telefónica considerando su desarrollo posible para el futuro y que extractadamente veremos a continuación.

Chile como parte de la red telefónica mundial debe entregar todo su tráfico internacional a través de un solo punto, llamado Centro de Larga Distancia Nacional, o más abreviadamente Centro Nacional, y que es Santiago. El territorio estará dividido para manejar el tráfico, como lo muestra el esquema N.º 1, en tres regiones cuyos límites serán los ya establecidos. El tráfico extrarregional a y de cada región será cursado por el Centro Regional, que estará directamente conectado al Centro Nacional; y a los otros Centros Regionales cuando el volumen de tráfico lo justifique. Estos centros serán: Antofagasta, Santiago y Punta Arenas.

Cada región estará dividida en Zonas y las Zonas en Distritos, siendo estos últimos el núcleo más pequeño en la red de larga distancia. El tráfico zonal será manejado por el Centro Primario, que estará conectado a su centro regional y los otros centros primarios de la región. El Centro Secundario será la cabecera del distrito y estará conectado a su centro primario y manejará todo el tráfico del distrito. El esquema N.º 2 da una idea de la forma en que se hacen las conexiones.

La red de larga distancia termina en el centro secundario; lo que existe más allá es la red local de cada distrito formada por las oficinas tributarias o las dependientes. Las oficinas tributarias están conectadas directamente al centro secundario y las dependientes conectadas a una tributaria.

En el esquema N.º 3, se encuentra la división del territorio para la manipulación del tráfico y cuya aplicación práctica se está llevando a cabo paulatinamente.

Al diseñar los circuitos de larga distancia debe tenerse en consideración los requerimientos más importantes para hacer una comunicación fácil y natural. Ellos son: 1.º volumen adecuado, 2.º reproducción fidedigna, y 3.º ausencia de interferencias. En todos los circuitos existen elementos que tratan de desmejorar estos requerimientos y que son, respectivamente, la atenuación, la distorsión y el ruido, incluyendo en este último la interferencia.

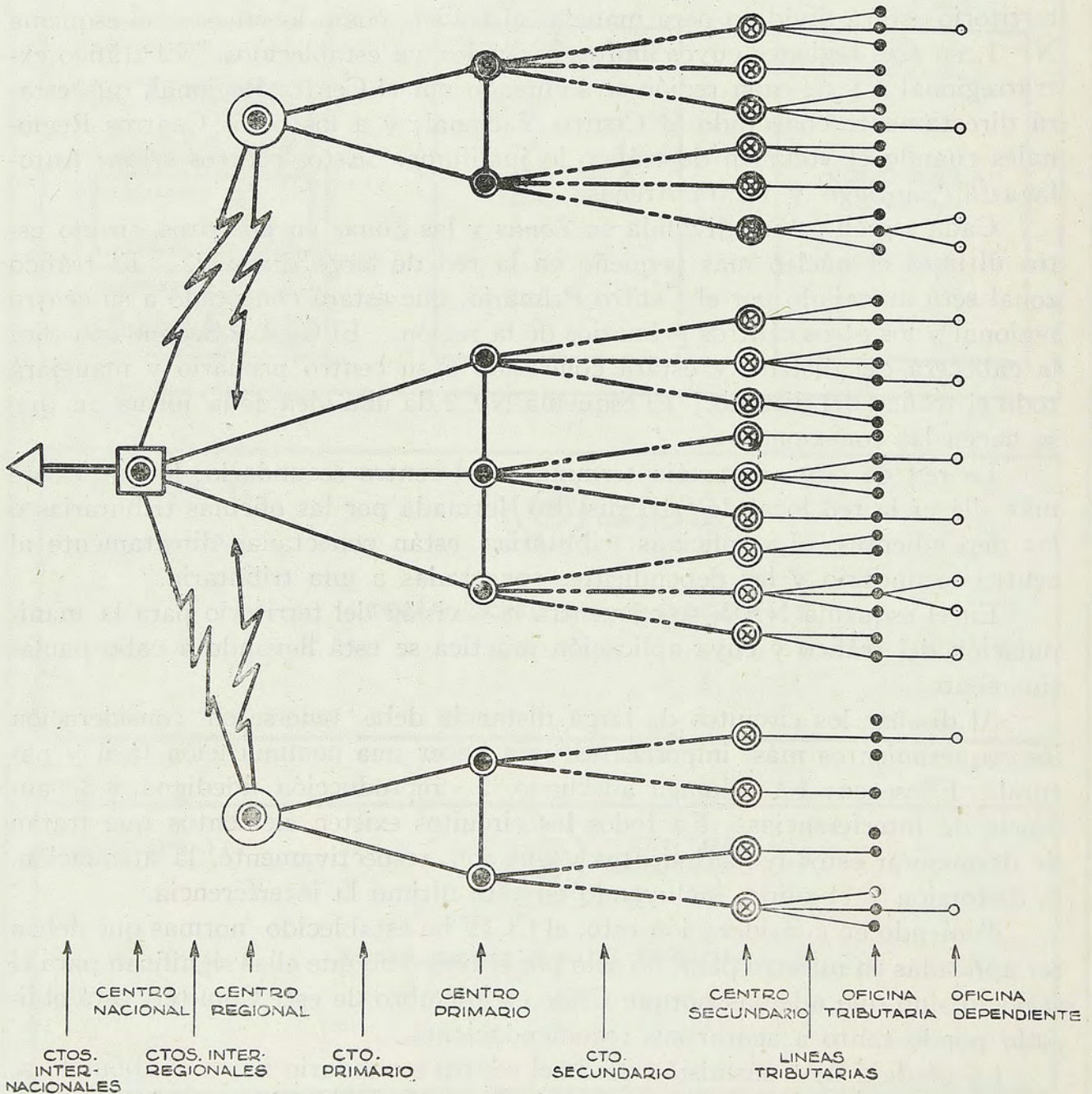
Teniendo en consideración esto, el CCIF ha establecido normas que deben ser aplicadas en nuestro plan, no sólo por el beneficio que ellas significan para el servicio sino que además porque Chile es miembro de este Comité y está obligado por lo tanto a acatar sus recomendaciones.

La pérdida de transmisión desde el centro secundario hasta el abonado se ha definido como la pérdida terminal de larga distancia (TTL, del inglés, Toll Terminal Loss) que no debe sobrepasar los 7 dbm., incluyendo las oficinas tributarias o dependientes que puedan existir.

En una comunicación internacional esta pérdida se computa desde el centro nacional hasta el abonado y no debe sobrepasar de los 13 dbm.

En la conexión de dos abonados cualesquiera de la red, por alejados que estén, el equivalente de transmisión no debe ser mayor que 30 dbm. Se debe recordar que en esta cifra está incluida la pérdida terminal de larga distancia (7 dbm.) en cada extremo, o sea que para los circuitos de larga distancia y equipos asociados, como ser cables incidentales, de entrada y aparatos, sólo quedan 16 dbm. Además hay que tomar en cuenta que los 16 dbm. no representan sólo la atenuación pura, sino que en ellos se incluyen los castigos por exceso de distorsión o ruido en los circuitos.

ESQUEMA N°2



La mayor distorsión será debida a la baja frecuencia de corte de los circuitos y por esto se ha diseñado la escala de castigos que sigue. Ella da los

dbm. que hay que agregar a la atenuación en los distintos casos, según la frecuencia de corte.

Frecuencia de corte sobre		2700 c s	agregar	0 dbm.
»	»	»	»	»
»	»	»	»	»
		2400 c s	pero bajo	2700 c s
		2200 c s	»	»
				2400 c s
				»
				1 dbm.
				2 dbm.

En lo que se refiere a ruido el problema es un poco más complicado, ya que el nivel de referencia se ha tomado arbitrariamente a  $-90$  dbm. Se puede aceptar un nivel de ruido hasta de  $-64$  dbm., pero por cada 3 dbm. que suba el ruido sobre este último valor se aplicará un castigo de 1 dbm. en el equivalente de transmisión.

La interferencia, sea ésta proveniente de otros circuitos telefónicos (diafonía) o de circuitos extraños (inducción), debe estar por debajo del nivel de  $-60$  dbm. que ha fijado el CCIF como límite. No hay escala de castigo en este caso por cuanto la empresa que opera tiene en su mano los elementos que controlan la interferencia, debiendo por lo tanto eliminarla o mantenerla bajo el nivel de  $-60$  dbm., en el peor de los casos.

Mirando el problema desde el punto de vista técnico y económico, es de gran importancia la correcta distribución de las pérdidas en diferentes circuitos de la red.

Para que cualquiera comunicación quede dentro del equivalente de 30 dbm. la distribución debe ser como se indica en el esquema N.º 4.

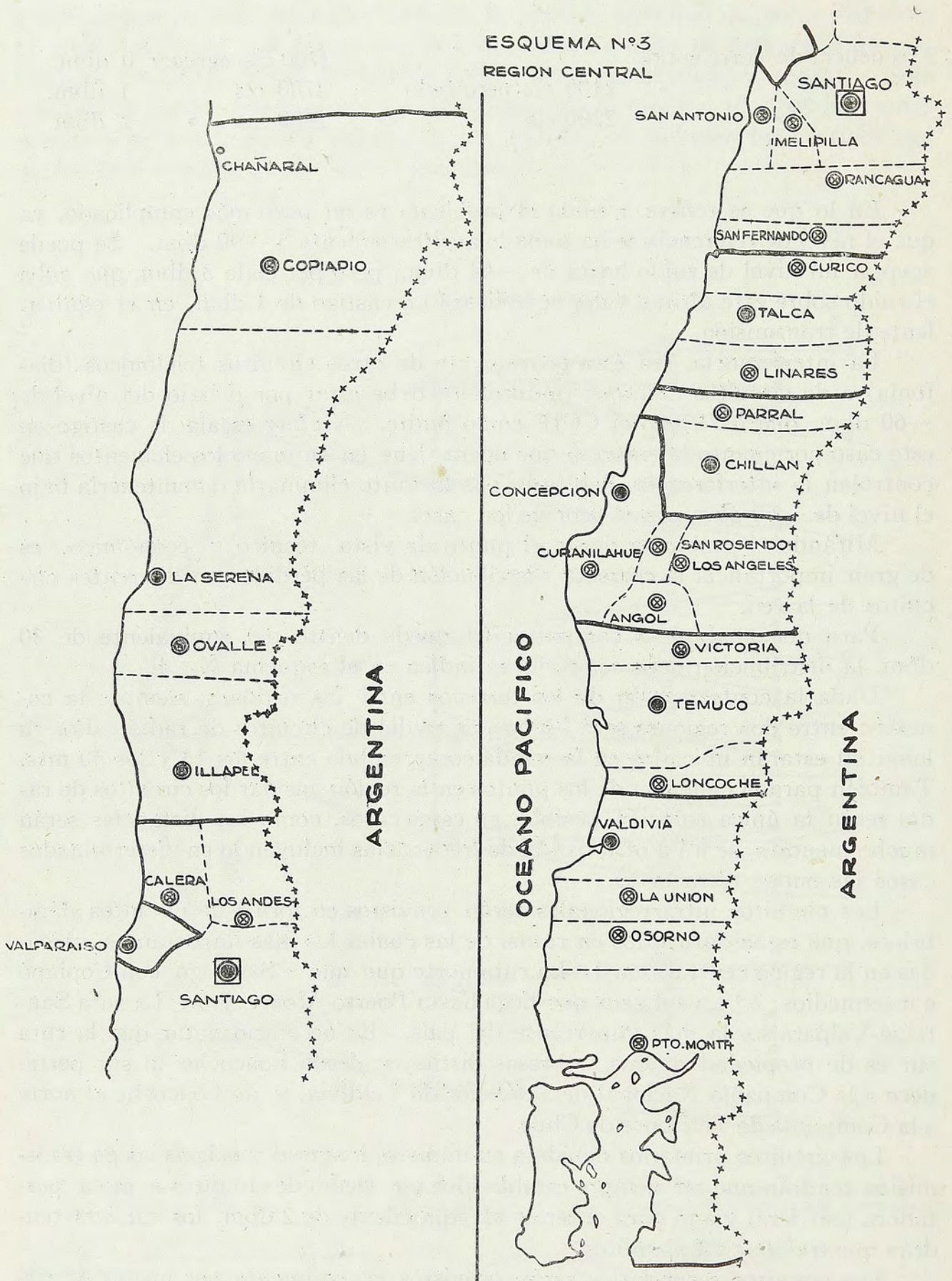
Dada la conformación de los terrenos entre las regiones, siempre la conexión entre dos regiones será hecha por medio de circuitos de radio. Por su longitud estarán ubicados en la banda comprendida entre los 13 y los 50 mts. También para la conexión de los puntos en la región insular los circuitos de radio serán la única solución posible; en estos casos, como las distancias serán mucho menores, se irá a otra banda de frecuencias incluyendo en determinados casos las ondas ultracortas.

Los circuitos intrarregionales serán provistos en forma de circuitos alámbricos, que están agrupados en rutas, de las cuales las más importantes, ubicadas en la región central, son 1.º La ruta norte que une a Santiago con Copiapó e intermedios; 2.º La ruta sur que llega hasta Puerto Montt, y 3.º La ruta Santiago-Valparaíso, la más importante del país. Es necesario notar que la ruta sur es de propiedad de dos empresas distintas; desde Loncoche al sur pertenece a la Compañía Nacional de Teléfonos de Valdivia, y de Loncoche al norte a la Compañía de Teléfonos de Chile.

Los circuitos primarios debido a su número, longitud y exigencias de transmisión tendrán que ser siempre establecidos por medio de circuitos a onda portadora (carriers) y aun para obtener el equivalente de 2 dbm. los carriers tendrán que trabajar a 4 alambres.

Los circuitos secundarios serán provistos generalmente por medio de circuitos de alambre desnudo, siendo probable que en algunos casos sea necesaria la instalación de sistemas carriers pequeños.

Debido a que en la ruta Santiago-Valparaíso existe un grupo de circuitos de un tamaño apreciable, puede haber la posibilidad de buscar otra solución.



Ella puede ser una conexión por medio de circuitos de radio, posiblemente del tipo P.T.M., o cable coaxial y carriers superpuestos, o carriers superpuestos en la ruta de alambre desnudo y por último cable de audiofrecuencia cargado. Su selección será puramente de carácter económico, y se discutirá brevemente a continuación.

Durante el año recién pasado se cursaron en Chile apróximadamente, 8.100.000 llamadas de larga distancia, de las cuales 1.200.000, lo fueron por la ruta Santiago-Valparaíso. Más de un 70% de este tráfico es tráfico terminal entre estos dos puntos y el resto representa las llamadas destinadas u originadas más allá de estas ciudades o a los puntos intermedios.

Con el número de llamadas diarias y su distribución en las diferentes horas del día, se determina el número de circuitos necesarios entre los distintos puntos; considerando el rendimiento vegetativo para el futuro.

Para esta ruta, las necesidades son las siguientes:

	CIRCUITOS EXISTENTES	CIRCUITOS NECESARIOS			
		A LA FECHA	A 5 AÑOS	A 10 AÑOS	A 15 AÑOS
Santiago-Barrancas . . . . .	3	3	4	4	6
Santiago-Cerrillos . . . . .	1	1	1	1	1
Santiago-Curacaví . . . . .	1	2	3	4	4
Curacaví-Casablanca . . . . .	1	1	1	1	1
Casablanca-Valparaíso. . . . .	3	4	5	6	8
Santiago-Valparaíso. . . . .	46	54	75	98	126

Los 46 circuitos existentes están provistos de la siguiente manera:

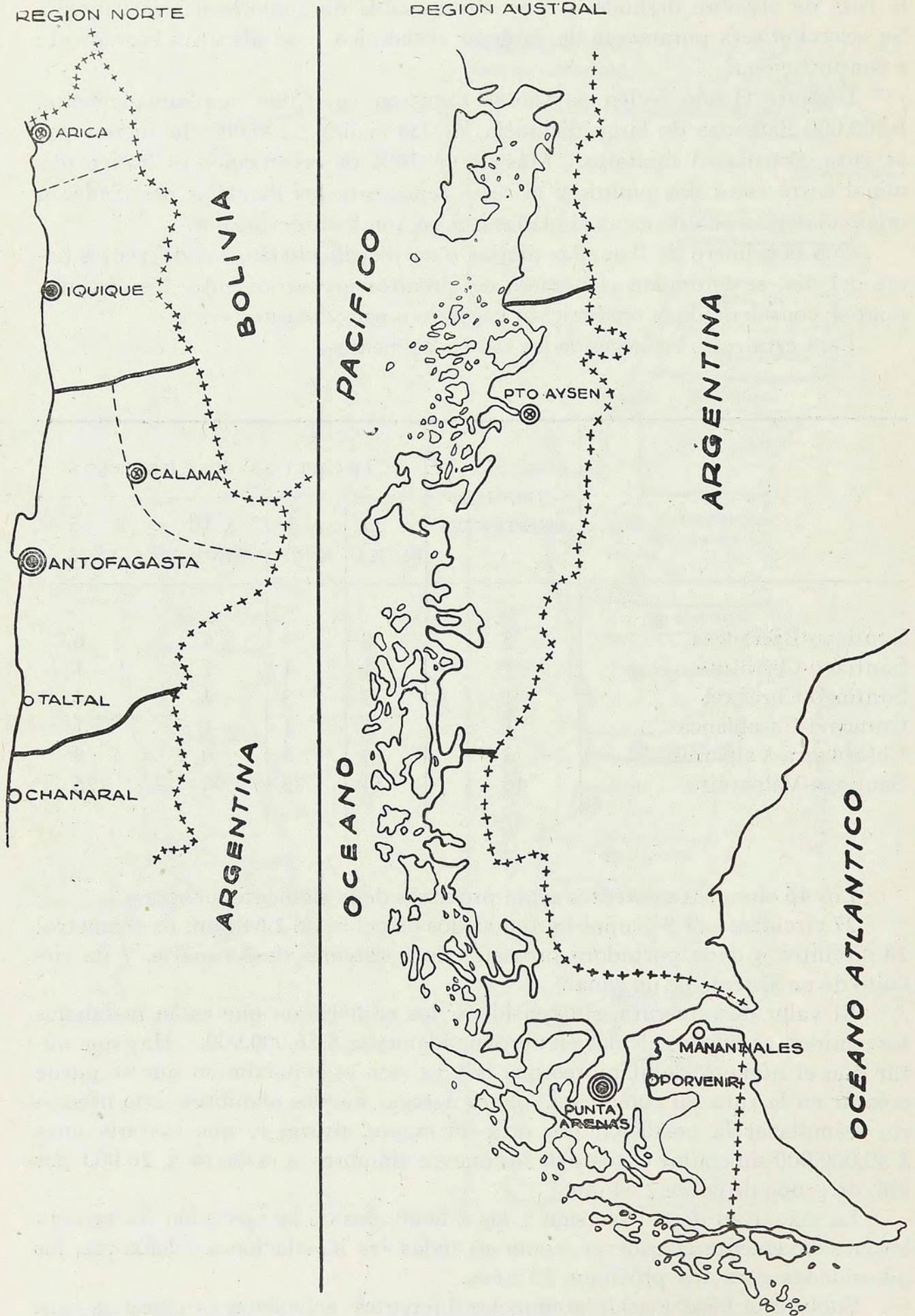
27 circuitos por 9 grupos fantomizados de cobre de 2,64 mm. de diámetro; 18 circuitos a onda portadora provistos de 6 sistemas de 3 canales, y un circuito de un sistema de un canal.

El valor de esta ruta, sin considerar los edificios en que están instalados los equipos, se puede calcular en apróximadamente \$ 55.000.000. Hay que notar que el número de alambres que hoy existen es el máximo que se puede colocar en la ruta tal como está. Para agregar nuevos alambres sería necesario reemplazar la postación por otra de mayor altura, lo que costaría unos \$ 30.000.000 sin contar el costo de los nuevos alambres, a razón de \$ 26.000 por km. de grupo de cobre 2,64 mm.

La magnitud de la inversión y las dificultades de la ejecución de la obra hacen conveniente considerar, como en todas las instalaciones telefónicas, las necesidades para los próximos 15 años.

Sobre esta base consideraremos las diferentes soluciones propuestas, para proveer 120 circuitos iniciales, comenzando por los circuitos de radio.

ESQUEMA N°3





## I. Circuitos de radio

Para un grupo de circuitos de esta magnitud y longitud, la solución lógica sería instalar circuitos P. T. M., pues de otra manera no habría suficientes frecuencias disponibles para ser asignadas para los circuitos de radio. El estudio será hecho a base del sistema P. T. M. que provee 25 canales nominales, aunque aprovechables para servicio sean sólo 24. El canal restante debe ser usado como línea de órdenes para los ajustes frecuentes que es necesario hacer.

De la configuración del terreno y la distancia entre Santiago y Valparaíso (100 km. en línea recta) surgirá la necesidad de instalar dos repetidores intermedios, aprovechando las alturas de Barriga y Zapata. El terminal de Santiago estaría instalado en el Cerro San Cristóbal y el de Valparaíso en el Alto del Puerto y habría que colocar los cables de conexión necesarios hasta las oficinas telefónicas.

Los precios de los equipos necesarios instalados son los que siguen:

### A) TERMINAL SANTIAGO

1) Cable de 200 pares entre San Cristóbal y oficina telefónica (San Martín) aprox. 5 km. sin incluir tuberías.....	\$ 6.500.000.00
2) Terminal para 120 canales en San Cristóbal, incluyendo antenas, equipos de pruebas y repuestos.....	16.430.000.00
3) Terreno y edificio para terminal, fuerza eléctrica, habitaciones, etc.....	2.000.000.00

### B) REPETIDOR BARRIGA

1) Equipo repetidor para 120 canales incluyendo antenas, equipos de pruebas y repuestos.....	9.990.000.00
2) Edificio, fuerza eléctrica, etc.....	700.000.00

### C) REPETIDOR ZAPATA

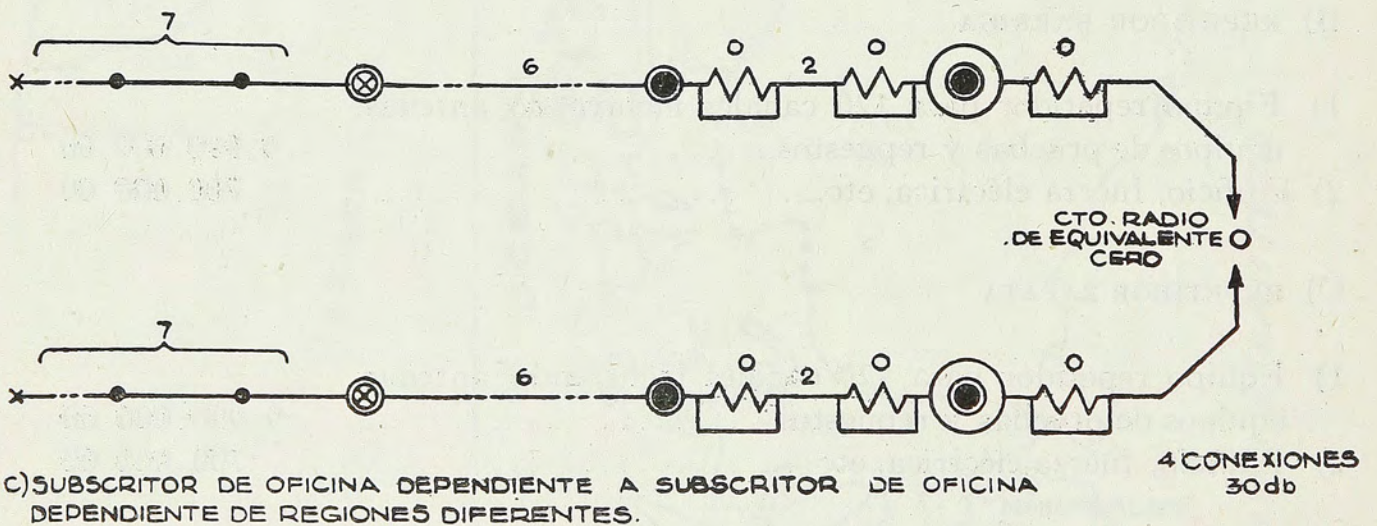
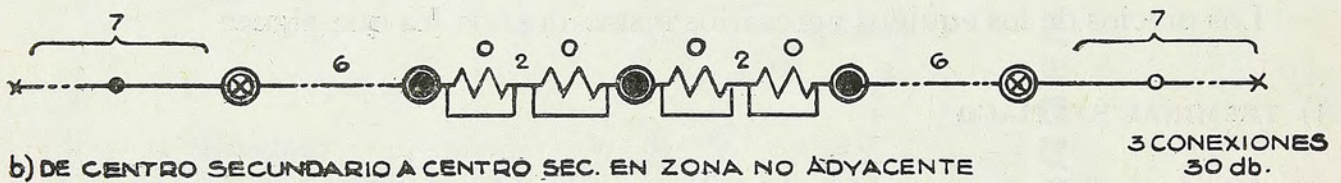
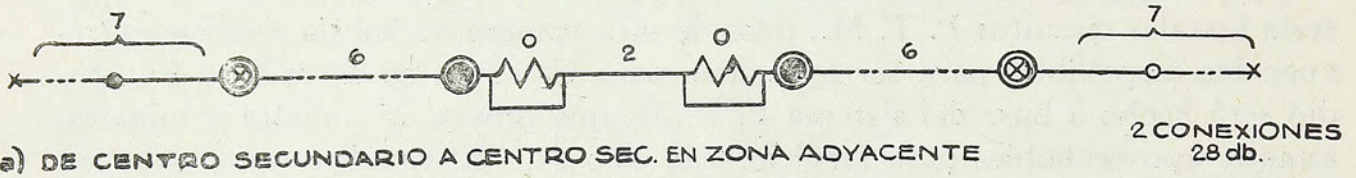
1) Equipo repetidor para 120 canales incluyendo antenas, equipos de pruebas y repuestos.....	9.990.000.00
2) Edificio, fuerza eléctrica, etc.....	700.000.00

### D) TERMINAL VALPARAISO

1) Cable 200 pares Alto del Puerto oficina telefónica (Huito-Brasil) aproximadamente 8 km.....	10.400.000.00
2) Equipo terminal para 120 canales como en Santiago....	16.430.000.00
3) Terreno y edificio para equipo terminal, fuerza eléctrica, habitaciones, etc.....	2.000.000.00

E) TOTAL .....	\$ 73.140.000.00
----------------	------------------

ESQUEMA N°4



La inversión por circuito será entonces de \$ 609.500. Cada terminal de 24 canales consume 2,5 kw. y cada repetidor 1,5 kw. El consumo por circuito será por lo tanto de 333 watts.

La estabilidad de los circuitos es tal que el equivalente varía más o menos 1 dbm. en 24 horas y más o menos 3 dbm. en 7 días, límites que como se puede comprender no son aceptables para el servicio de larga distancia.

El equipo adicional que hay que agregar a los repetidores, para terminar en ese punto un canal tiene un costo de \$ 465.380. Este valor encarece mucho el costo por circuito, más aún cuando sería necesario mantener la ruta terrestre o establecer otro tipo de circuito desde el repetidor hasta el punto de término de él.

La operación de los circuitos será costosa ya que requerirá de personal muy especializado para su mantención.

## II. Cable coaxial

La distancia por ruta entre Santiago y Valparaíso es de aproximadamente 135 km. computados de oficina telefónica a oficina telefónica. Será por lo tanto necesario instalar 14 estaciones repetidoras, una de las cuales será una estación maestra, ubicada en Curacaví, y las 13 restantes no atendidas e instaladas en pequeñas casamatas que será necesario construir.

El cable que se usaría sería del tipo de dos tubos de 9,5 mm de diámetro y con un complemento de 8 cuadretes estrella. Sobre los pares coaxiales se superpondrían sistemas a onda portadora para 60 canales especialmente diseñados para trabajar en cables coaxiales.

En los cuadretes se llevarían la alimentación y las alarmas para las estaciones repetidoras no atendidas. El cable se suspendería en la postación existente, desmontando parte de los alambres instalados, dejando el saldo para los circuitos intermediarios.

Los costos serían como sigue:

### A) SANTIAGO-VALPARAISO

Cable de 2 tubos de 9,5 mm. de diámetro y 8 cuadretes	
135 km. ....	\$ 31.950.000.00

### B) TERMINAL SANTIAGO

1) Equipo terminal para los primeros 60 circuitos.....	8.810.000.00
2) Equipo terminal para los segundos 60 circuitos.....	4.880.000.00

### C) ESTACION REPETIDORA CURACAVI

1) Equipo .....	920.000.00
2) Edificios y terrenos.....	700.000.00

### D) ESTACIONES REPETIDORAS NO ATENDIDAS

1) Equipo .....	1.890.000.00
2) Edificios y terrenos.....	1.500.000.00

## E) TERMINAL VALPARAISO

1) Equipo terminal para los primeros 60 circuitos.....	8.810.000.00
2) Equipo terminal para los segundos 60 circuitos.....	4.880.000.00

F) TOTAL .....	\$ 64.340.000.00
Considerando una instalación de 120 circuitos, el costo por circuito es .....	536.100.00

Tiene esta instalación la gran ventaja que puede llegar a proveer hasta 600 canales en grupos de 60 circuitos. Aunque el costo por cada grupo no es exactamente igual, se puede tomar como término medio \$ 980.000, incluidos los dos terminales.

Los costos por circuito serán:

Para grupo de 180 circuitos	\$ 362.900.00
» » » 240 »	276.300.00
» » » 300 »	226.300.00
» » » 360 »	189.600.00
» » » 420 »	164.900.00
» » » 480 »	142.100.00
» » » 540 »	131.800.00
» » » 600 »	120.300.00

El consumo de energía por circuito es aproximadamente de 200 watts y la estabilidad es obtenida por medio de circuitos pilotos que mantienen el equivalente constante.

### III. Cable de audiofrecuencia

Para la distancia habría que usar un cable de cuadrete de 0,91 mm. de diámetro (calibre B y S N.º 19) cargado H-66 (66 milihenrios cada 1.830 m.) con una estación repetidora intermedia que se ubicaría en Curacaví y repetidores terminales en ambos extremos. Como en el caso anterior el cable se suspendería en los postes existentes.

Como se trata de un cable de pares múltiples, es más conveniente instalar desde el principio un cable de mayor capacidad y que será suficiente para un mayor período. Esta conveniencia deriva de que en el costo de instalación hay ciertos gastos fijos, casi se puede decir independientes del costo del cable que conviene repartir en un mayor número de circuitos.

De los tipos de cables fabricados, el más adecuado es el de 127 cuadretes y a base de él se hará la estimación.

Los costos serán:

A) SANTIAGO-VALPARAISO	
135 km. de cable de 0,91 mm. de diámetro con carga H-66, incluidas las bobinas.....	\$ 95.800.000.00
B) TERMINAL SANTIAGO	
Equipo terminal y repetidores.....	12.100.000.00
C) REPETIDOR CURACAVI	
Equipo repetidor para 120 canales.....	7.100.000.00
D) TERMINAL VALPARAISO	
Equipo terminal y repetidores.....	12.100.000.00
E) TOTAL .....	
	\$ 129.100.000.00
Costo por circuito.....	1.000.000.00

#### IV. Carriers sobre alambre desnudo

Esta solución es de gran costo puesto que será necesario retransponer la ruta para poder instalar carriers de 12 canales. Será necesario construir los postes y seguramente el alambre que al rehacer las transposiciones deberá ser cortado muchas veces.

Este trabajo preparatorio de la ruta sobrepasará los \$ 40.000.000.

Como la atenuación de la ruta será muy alta para la operación de los carriers desde las oficinas existentes, habrá que construir edificios para los terminales tanto en Santiago como en Valparaíso, ubicados en el extremo de la ruta abierta. Desde este punto hasta la oficina habrá que colocar cables de audiofrecuencia que podría ser de 200 pares.

Existiría además una estación repetidora intermediaria en Curacaví.

El costo de este caso sería:

A) RUTA	
Preparación de la ruta.....	\$ 40.000.000.00
B) TERMINAL SANTIAGO	
1) Cable 200 pares 7 km. Blanqueado-San Martín.....	9.100.000.00
2) Equipo terminal para 120 canales.....	54.900.00.00
3) Edificios.....	3.000.000.00
C) REPETIDOR CURACAVI	
1) Equipo repetidor para 120 canales.....	5.500.000.00
2) Edificios y habitaciones.....	2.000.000.00

## D) TERMINAL VALPARAISO

1) Cable 200 pares 7 km. Alto del Puerto-Huito Brasil....	9.100.000.00
2) Equipo terminal para 120 canales.....	54.900.000.00
3) Edificios .....	3.000.000.00

E) TOTAL .....\$ 180.000.000.00

Costo por circuito..... 1.500.000.00

En resumen el costo por circuito en los distintos casos para 120 circuitos es:

I Circuitos de radio.....	\$ 609.500.00
II Cable coaxial.....	536.100.00
III Cable audio .....	1.000.000.00
IV Carriers sobre alambres.....	1.500.000.00

Desde el punto de vista de la inversión por circuito, la solución más conveniente sería el cable coaxial con carriers de 60 canales superpuestos. Por otra parte, la mantención será de menos costo, pues el personal que hoy mantiene los carriers actuales está en condiciones de hacerlo con los nuevos y como habrá que mantener parte de los alambres para los circuitos intermediarios y para los abonados rurales, el costo de mantención de ruta por circuito será menor.

Si se considera que el número de circuitos deberá seguir aumentando, las ventajas de esta solución se aumentarán.

A. A.