



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RADIOTELEFONIA
APLICADO A LOS TRENES DEL METROPOLITANO
LINEA "B"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICO

P R E S E N T A N:

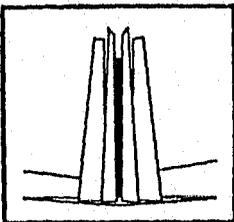
FRANCISCO MARTINEZ FERRER

RAUL ESPINOSA MADRIGAL

ASESOR DE TESIS:

ING. NARCISO ACEVEDO HERNANDEZ

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



ENEP ARAGON

EDO. DE MEXICO

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Diseño De Un Sistema De Radiotelefonía Aplicado A
Los Trenes Del Metropolitano Línea "B "**

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

*EUSTINO MARTÍNEZ MORÁN
ZITA FERRER FLORES*

*Por el amor, apoyo y sacrificio
que me brindaron, para lograr
el desarrollo de mi carrera.*

A MIS HERMANOS:

JUANITA Y ANGÉLICA.

*Por su afecto y cariño que siempre
me han otorgado.*

A MI ESPOSA:

MIL YOLANDA NUÑEZ FERNÁNDEZ.

*Por su comprensión, amor y compañía
que me ofrece cada día.*

A MI HIJO:

ANGEL FRANCISCO

*Como un estímulo para lograr concluir los
objetivos que se proponga.*

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS:

*Por la amistad, compañerismo y confianza
que han depositado en mí.*

A MIS PROFESORES:

*Gracias por la enseñanza y formación
profesional que fueron edificando en
mi persona.*

FRANCISCO

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Señor, te agradezco infinitamente por los padres maravillosos que tengo, por las hermanas increíbles que siempre están conmigo, y en especial por la esposa sensacional que escogiste para mí. Y por una preciosa hija que es toda nuestra ilusión y esperanza.

A MIS PADRES:

Por el apoyo incondicional que me han brindado toda mi vida, tanto en el aspecto emocional como económico. Además de compartir momentos de alegría y también de tristeza, llenándome de cariño, comprensión y siendo enérgicos cuando lo necesitaba. Por educarme y conducirme por la vida y por darme la mejor de las herencias. LOS QUIERO MUCHO.

A MI MAMÁ:

MARÍA LUISA MADRIGAL DE ESPINOSA.

Que me dio la luz e iluminó mi senda llenándome de fortaleza, tú que me enseñaste el amor y el respeto a Dios, y que contigo aprendí las primeras letras y gracias a tu apoyo y ejemplo conseguí llegar a este momento: por ti mi afecto, veneración y amor. GRACIAS MAMÁ.

A MI PAPÁ:

FELIPE ESPINOSA CONTRERAS.

Por haberme brindado los medios para hacer realidad la ilusión de ser un profesionista, por que nunca me abandonaste en el camino difícil, mi escatimando esfuerzo para mi formación escolar y por ser la base y claridad de mis metas, por esto mi respeto, admiración y carida. GRACIAS PAPÁ.

RAÚL.

A MI ESPOSA:

Lety, por ser mi compañera en las buenas y las malas, antes como mi amiga después como mi novia y ahora como mi esposa.

Por haberme dado ese amor y cariño que me hace sentir importante para alguien.

Por tu comprensión y apoyo que ha hecho nacer en mí el más bello sentimiento. Gracias por este amor sin límite que siento por ti.

No quiero escribir lo mucho que te quiero, pero sí te demostrare lo mucho que TE AMO.

A MI HIJA:

Danny, por darme el regalo de tu sonrisa y un mar inmenso de satisfacciones, primero con una mirada y luego con tu sorpresa. Con tu inocencia me llevas de la mano por tu mundo de alegría.

RAÚL.

A MIS HERMANOS:

Por que sin su apoyo, comprensión, paciencia y confianza no hubiera llegado a la culminación de mis estudios universitarios: su cariño y estímulo diario han sido determinantes en mi vida.

AMPARO:

Por impulsarme día a día en el sendero del estudio, constancia y superación. Por ser una segunda madre para mí.

FELIPE:

Quiero compartir contigo mi título universitario, por que gracias a tu esfuerzo y sacrificio que hiciste por nosotras, me permitieron realizar un sueño. Por que siendo un magnifico hijo fuiste un excelente hermano.

PATY:

Por sembrar amor en mi camino y permanecer conmigo en las buenas y en las malas, pero sobre todo por corregir mis errores y dejarme aprender de ellos.

LALO:

Gracias por mostrarme que lo que se desea en la vida se logra con trabajo y constancia, siendo tú el mejor ejemplo.

ALEJANDRO:

Cuando iba a la escuela tú me llevaste; cuando necesite ir al doctor tú me llevaste; cuando tuve problemas bucales tú me curaste; mi agradecimiento eterna por tu paciencia y tu tiempo cuando más lo necesite.

RAÚL

YAMY:

Que puedo decir; me mimaste, me consentiste, me protegiste, me diste todo y aún más. Por ser la mujer más valiente, bondadosa y excepcional que he conocido, gracias de todo corazón.

MIGUEL:

Por estar siempre a mi lado, siendo mi mejor amigo y proporcionándome la fuerza necesaria para salir adelante. Por compartir los momentos más felices de mi niñez y juventud.

HUGO:

Por demostrarme que no se es demasiado joven para madurar y tener responsabilidades, y sobre todo por afrontar las adversidades y vencerlas.

PACO:

Por las facilidades y apoyo con las que siempre conté para la elaboración de este trabajo de investigación, por alentarme a estar siempre dispuesto a aprender y por ser un ejemplo a seguir en todos los aspectos.

VICTOR:

Por que me enseñaste que las claves del éxito son la seguridad, la iniciativa y tener la fuerza necesaria para vencer cualquier obstáculo.

A MIS CUÑADOS (AS) Y SOBRINOS (AS):

Un agradecimiento especial a todos por estar cerca de mí; sus experiencias y consejos han contribuido a forjar mi camino y continuar ascendiendo en mi vida.

RAÚL

A LA UNAM:

Por hacerme sentir parte de ella, por infundarme a ser universitario y brindarme la oportunidad de ser profesionalista.

"Por mi raza hablará el espíritu"

A LOS MAESTROS:

Por que no solo en los libros se encuentra la sabiduría. Y por hacer de pequeños consejos la mejor escuela de la vida.

Al Ing. Narciso Acevedo H. por su apoyo, experiencia y tiempo brindados.

A todos aquellos que me han brindado su estímulo, afecto, comprensión y confianza, siendo un aliciente para seguir adelante

RAÚL

ÍNDICE

	Página
Prólogo	1
Introducción	3
CAPÍTULO 1	
Generalidades del Metropolitano Línea B	5
1.1 Localización	5
1.2 Longitud y Trazo	7
1.3 Obra Civil	9
1.3.1 Subterránea	9
1.3.2 Elevada	9
1.3.3 Superficial	9
1.4 Estaciones	10
1.4.1 Características	10
1.5 Instalaciones	11
1.5.1 Alimentación de Energía Eléctrica	11
1.5.2 Subestaciones de Rectificación (S.R) ó Puesto de Rectificación (P.R)	11
1.5.3 Subestaciones Eléctricas de Alumbrado y Fuerza (S.E.A.F)	12
1.5.4 Vías	12
1.5.5 Aparatos y Cambios de Vía	12
1.5.6 Señalización (S.Ñ.)	13
1.5.7 Mando Centralizado (M.C)	13
1.5.8 Pilotaje Automático (P.A)	13
1.5.9 Telecomunicaciones (T.C)	13
1.5.10 Sistema de Peaje	14
1.5.11 Servicios de Operación	14
1.5.12 Material Rodante ó Trenes	14
1.5.13 Capacidad del Sistema	14
1.6 Parámetros de la Línea	15
1.6.1 Tabla de Parámetros de la Línea	16

CAPÍTULO 2

	Página
Características para el Diseño del Sistema de Radiotelefonía.	21
2.1 Antecedentes	21
2.1.1 Puesto Central de Control (PCC)	21
2.1.2 Los Trenes que Circulan en la Línea	21
2.1.3 Los Equipos Portátiles	22
2.1.4 Los Puestos de Maniobra Terminal	22
2.1.5 Los Usuarios	22
2.2 Descripción de los Puestos y Equipos de Operación que deberá comprender un Sistema Radiotelefónico en una Línea del Metro.	22
2.2.1 Equipos Fijos en PCC	22
2.2.2 Equipos de Línea	25
- Armario de Línea (ARL)	25
- Repetidores Bidireccionales UHF (Amplificadores)	26
- Cable Radiante LCX	27
- Conectores para Cables LCX	27
- Brazos Tensores	29
- Tensores Fijos	29
- Carga Terminal	29
- Cable Coaxial Poca Pérdida	29
- Antenas	30
- Dispositivo Fijo de Conmutación Automático de Canal	30
- Puesto de Maniobra Local	35
2.2.3 Equipos Embarcados en los Trenes.	36
- Platina de Mando del Tren	38
- Equipo ACS Móvil	38
- Equipo de Radio UHF	38
- Antena UHF	40
- Equipo de Gestión	43
- Convertidor DC-DC	44
- Altavoz	44
- Equipos Portátiles	44

CAPÍTULO 3

	Página
Infraestructura del Sistema de Radiotelefonía	47
3.1 Antecedentes	47
3.1.1 Canales de comunicación de operación	47
3.1.2 Comunicación Puesto Central de Control a Trenes	48
3.1.3 Comunicación Trenes a Puesto Central de Control	50
3.1.4 Comunicación Puesto Central de Control a Equipo Portátil	51
3.1.5 Comunicación de Equipo Portátil a Puesto Central de Control	51
3.1.6 Comunicación Tren a Tren bajo autorización del Puesto Central de Control	52
3.1.7 Comunicación Equipo Portátil a Equipo Portátil bajo autorización del Puesto Central de Control	52
3.1.8 Llamada automática del Puesto Central de Control a Usuarios de un Tren	52
3.1.9 Llamada Puesto Central de Control a Usuarios con Mensajes Pregrabados	52
3.1.10 Llamada Conductor de Tren a Usuario (Pregrabado)	53
3.1.11 Comunicación de Puesto Central de Control al Puesto de Maniobra Local	53
3.1.12 Comunicación de Puesto de Maniobra Local al Puesto Central de Control	53
3.1.13 Comunicación del Puesto de Maniobra Local a Trenes	54
3.1.14 Comunicación de Trenes a Puesto de Maniobra Local	54
3.2 Comunicaciones Permitidas	54
3.3 Estructura General del Sistema	55
3.4 Ubicación de Puestos de Rectificación (P.R)	56

CAPÍTULO 4

	Página
Principios de Cobertura de Radiotelefonía de Trenes.	62
4.1 Introducción	62
4.2 Enlaces Radioeléctricos en Tuneles	62
4.3 Principios de Funcionamiento	63
4.4 Método para Evaluar la Cobertura de Radiotelefonía en Túnel	63
4.4.1 Aplicación a la Telefonía de Trenes	64
4.4.2 Plan de Frecuencias	64
4.4.3 Esquema General	66
- La Estación Fija "Talleres"	66
- Estación Fija "Línea"	66
- Los Puestos Móviles	66
4.4.4 Cálculo de Cobertura	67
4.5 Cobertura Radio en Túnel	70
4.5.1 Cálculo en dB del Equipo Fijo (ARL)	72
4.5.2 Atenuación del Tren	72
4.5.3 Características de los Equipos en Línea	73
4.5.4 Tolerancia del Sistema (AS)	73
4.5.5 Tabla Recapitulativa	74
4.6 Estudio de Cobertura Radio	74
4.7 Cobertura de Radiotelefonía en Zona Aérea	75

CAPÍTULO 5

	Página
Desarrollo del Sistema de Radiotelefonía de Trenes en el Metropolitano Línea B.	76
5.1 Cálculo de la Cobertura de Radiotelefonía en Tramo Subterráneo	78
- Cálculo de la Zona F	78
5.1.2 Cálculo de la Zona E de la Línea B	81
5.1.3 Cálculo de la Zona D del Metropolitano Línea B	87
5.1.4 Cálculo de la Zona C del Metropolitano Línea B	94
5.1.5 Cálculo de la Zona A y B del Metropolitano Línea B	97

CAPÍTULO 6

	Página
Instalación, Pruebas y Puestas en Servicio del Sistema de Radiotelefonía de Trenes.	100
Antecedentes	100
6.1 Instalación	100
6.1.1 Preparación para la Instalación de los Equipos Fijos en Locales Técnicos	101
6.1.2 Preparación para la Instalación de los Equipos en Línea.	101
6.1.3 Instalación del Cable LCX	104
6.1.4 Método de Instalación colocando un cartel de cable en un Transporte Móvil	105
6.1.5 Método de Instalación colocando el carrete de cable en el piso.	105
6.2 Pruebas	106

CAPÍTULO 7

	Página
Evaluación Económica del Sistema de Radiotelefonía de Trenes.	109
7.1 Antecedentes	109
7.1.1 Suministros	109
7.1.2 Prestaciones	109
7.2 Análisis de Costos	109
7.3 Supervisión	111
7.4 Mantenimiento	112
7.4.1 Mantenimiento Periódico	112
7.4.2 Mantenimiento Preventivo	112
7.4.3 Mantenimiento Correctivo	112
7.5 Capacitación	113
Conclusiones	114
Anexo 1	116
Anexo 2	120
Glosario	124
Bibliografía	127

PRÓLOGO

Desde el inicio de sus operaciones en 1969 el Sistema de Transporte Colectivo (Metro) de la Ciudad de México, ha dado a impactos socio-económicos al dar servicio a todos los estratos sociales que de él hagan uso.

Tiempos van y procedimientos vienen, pero sin lugar a dudas el metro es, hoy por hoy, el más eficiente y seguro sistema de transporte masivo en la Ciudad de México.

Su condición de transporte colectivo y sus viajes, por toda la Ciudad en un futuro cercano tendrá influencia benéfica en la mejor utilización del tiempo del ciudadano y, por lo tanto mejores condiciones de vida, regenerando el espacio urbano de zonas decadentes que traerá como consecuencia una especie de integración urbanística y una mejor articulación del aparato socio-económico.

Para el buen funcionamiento del transporte colectivo (Metro), es indispensable indicar que cuenta con automatismos que están en óptimas condiciones para que los usuarios que de él hacen uso cuenten con la comodidad, confiabilidad y sobre todo, con la seguridad al desplazarse de un lugar a otro.

Dentro de los automatismos principales, en este trabajo se enfocará a optimizar aún más el sistema de comunicaciones de la Telefonía de Trenes o Telefonía de Alta Frecuencia T.H.F. (comunicaciones entre un Puesto Central de Control y los trenes).

El objetivo de optimizar la Telefonía de Trenes consistirá en implementar un sistema de Radiotelefonía, que permita mejorar las Líneas actualmente en operación, así como aplicarlo en aquellas Líneas que se construyan a futuro, implementando los equipos más avanzados y con la mejor innovación de las comunicaciones.

Para llevar a cabo lo antes expuesto, el sistema propuesto lo desarrollaremos, proyectándolo en la línea B que actualmente esta en construcción, de tal manera que en el capítulo I se darán a conocer los parámetros necesarios para implementar un Sistema de comunicaciones de Radiotelefonía de Trenes en una Línea de Metro.

En el capítulo 2 se mencionarán las características que comprende una Línea, en cuestión de comunicaciones, describiendo cada uno de los puestos para realizar las conversaciones correspondientes

Asimismo en el capítulo 3 se mencionará el método para evaluar la cobertura radio en túnel y se calcularán las zonas de tracción de la Línea B, indicando que zonas se encuentran dentro del tramo subterráneo, superficial o elevado.

El principio de cobertura será visto en el capítulo 4 donde se analizarán cada uno de los componentes que conforman las fórmulas que servirán para cubrir las señales de radio en las comunicaciones asignadas.

Una vez contando con todos los elementos que involucran un sistema de radiotelefonía, se realizarán los cálculos por zonas de tracción para conocer la cantidad de materiales o equipos que deberán ser implementados para conformar la red de radio dentro de la Línea B, este trabajo se desarrollara en el capítulo 5.

Posteriormente en el capítulo 6, se describirá paso a paso el procedimiento de instalación, pruebas y puesta en servicio del sistema en cuestión.

Finalmente se desarrollara un análisis económico, que valora si es conveniente o no implementar dicho sistema, en una Línea de Metro como es el caso del Metropolitano Línea B, enunciado en el capítulo 7.

INTRODUCCIÓN

En la Ciudad de México los requerimientos, retos y demandas de la creciente población son cada vez mayores, por ello, la prestación de servicios públicos se debe de aumentar a igual o mayor ritmo, además de los serios problemas económicos y financieros que afronta el país.

Uno de los servicios básicos es "El Transporte" verdadero detonador de las formas de vida, desarrollo y movilización del gran conglomerado que habita en la capital del país.

Sin embargo, ante el problema de la contaminación ambiental que se registra en nuestro país originado por el acelerado crecimiento de la población, la tendencia a centralizar la industria, el constante aumento de vehículos automotores, y el crítico congestionamiento de tránsito, llevan a una serie de acciones prioritarias y estratégicas de vital importancia cuyo objetivo principal es combatir y reducir al máximo los efectos negativos de la contaminación ambiental, por lo que el gobierno capitalino tiende a impulsar, desarrollar, modernizar y fortalecer los sistemas de transporte masivos no contaminantes impulsados mediante la tracción eléctrica.

En nuestra ciudad se cuenta con una infraestructura y equipo de transportación masiva con la más amplia cobertura a nivel mundial; se tiene una impresionante capacidad de movilización de usuarios y su Sistema de Transporte Colectivo (METRO) es uno de los más avanzados tecnológicamente a nivel mundial.

La expansión del transporte masivo no contaminante como parte de la estrategia integral, y compromiso contra la contaminación ambiental propiciando el uso de sistemas de transporte eléctrico, han originado incrementar la red del metro al ampliar las Líneas existentes y construir Líneas nuevas como la Línea "A" Pantitlán- La Paz (Agosto 1991) y recientemente la Línea 8 Garibaldi-Constitución de 1917 (Julio 1994).

La red del metro se ha extendido constantemente desde su inauguración, estableciendo nuevas marcas de longitud, viajes, zonas beneficiadas, tiempos de construcción y nuevas tecnologías, tratando de satisfacer una demanda cada día mayor y persiguiendo permanentemente el objetivo de crecer para ir desalentando y reemplazando la utilización del transporte individual por todos admitido como nocivo para la salud de la población.

Las Líneas del metro han sido equipadas entre otras instalaciones electromecánicas con modernos sistemas electrónicos de seguridad y control; entre los que destaca la comunicación entre los trenes, el usuario y un Puesto Central de Control, desde donde se gobierna y distribuyen los medios de comunicación necesarios para la correcta operación de las instalaciones fijas y el material rodante.

En este trabajo se hace un estudio de los Sistemas de Radiotelefonía de Trenes que tienen como objetivo principal el comunicar en forma rápida, clara, segura, uniforme y exclusiva al Puesto Central de Control (P.C.C.) con los trenes, sin posibilidad de interferencia interna tanto en la transmisión como en la recepción.

La comunicación desde el Puesto Central de Control hacia los conductores de los trenes, es llevada a cabo por la persona encargada de supervisar y dirigir el tráfico de trenes en una Línea de metro, también llamado Regulador de Línea de P.C.C.

Es necesario mencionar que en la mayor parte del recorrido de los trenes sobre la totalidad de la Línea, este sistema es la única forma de comunicación del Regulador con los trenes, ya que por un lado se recibirá información con las instrucciones necesarias desde el Puesto Central de Control a través del Regulador, para así poder enfrentar posibles eventualidades que puedan presentarse desde y/o fuera del tren y que afecten al servicio o que pongan en peligro a los usuarios o a las instalaciones.

De aquí la gran importancia que adquiere el Sistema de Radiotelefonía de Trenes como medio de seguridad, además del que presta en la explotación de una Línea de Metro, por lo tanto, la confiabilidad en el correcto funcionamiento y la sencillez en su manejo, es vital.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL METROPOLITANO LÍNEA "B"

El transporte urbano es una necesidad imperiosa que requiere atención en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Para poder lograrlo se requiere seguir ampliando la red de su sistema de transporte colectivo, que es la columna vertebral en que se apoya su solución.

Para ello cuenta con un Programa Maestro de ampliación de la red del sistema de transporte masivo. Asimismo, se considera que una de las acciones más eficientes para combatir la contaminación atmosférica es dar prioridad al transporte colectivo sobre el individual y al transporte eléctrico sobre el de combustión interna. La ampliación de la red del metro es una de las estrategias para lograr ese objetivo.

Toca ahora el turno del **Metropolitano Línea "B"** (ver figura 1.1), cuando las nueve líneas anteriores ya han sido construidas. De ésta expondremos a continuación sus características principales.

1.1 Localización.

El proyecto del **Metropolitano Línea "B"**, se ubica en el norte de la Ciudad de México, tiene su origen en el norponiente en la zona de Lomas Hipódromo, con dirección poniente-oriente para proseguir en sentido norte hacia San Juan de Aragón y terminar en Ciudad Azteca, Municipio de Ecatepec, Estado de México, a la altura de Plaza Aragón; cruzando por las Delegaciones Políticas: Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero del Distrito Federal, y los Municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec del Estado de México, desplazándose por vialidades importantes tales como: el Boulevard Miguel de Cervantes Saavedra, Prolongación Moliere, Lago Ginebra, Plan de Guadalupe, Laguna del Carmen, Eje 1 Norte, Avenida del Peñón, Avenida África, Avenida Marruecos, Avenida Oceanía y Av. 608 en el Distrito Federal; así como por la Avenida Central del Estado de México.

1.2 Longitud Y Trazo.

La primera etapa irá desde la estación Buenavista hasta la estación Ciudad Azteca; tendrá una longitud de 22,974.671 m., de los cuales 12,407.597 m. se ubican en el Distrito Federal y 10,567.074 m. en el Estado de México. Inicia al Norponiente del Centro Histórico de la Ciudad en el eje 1 Norte (José Antonio Alzate) para continuar en dirección oriente por el mismo Eje cruzando la Estación de Ferrocarriles Nacionales Buenavista, la Colonia Guerrero; cruza la Glorieta de José de San Martín y las zonas comerciales de la Lagunilla y Tepito.

Posteriormente, en el Eje 1 Oriente la Línea presenta una deflexión hacia el suroriente hasta encontrar la Avenida Albañiles y continuar en dirección nororiente, por la Avenida Gran Canal para proseguir por las Avenidas Río de Guadalupe y 608 de San Juan de Aragón. A la altura de la planta industrial de desechos sólidos de San Juan de Aragón, continúa en dirección oriente, hasta los límites con el Estado de México donde prosigue en dirección norte por la Avenida Central, cruzando en este trayecto vialidades importantes como las Avenidas: de las Torres, Valle de las Zapatas, Nezahualcóyotl, Gobernador Alfredo del Mazo y Santa Teresa. El Metropolitano Línea "B" continúa sobre la misma Avenida Central hasta la Calle Boulevard de los Dioses donde finaliza su trazo.

En la tabla 1.2.1 se muestra el procedimiento constructivo de la obra civil que se llevará a cabo en tres partes.

Longitud total	=	22,974.671 m
Longitud de servicio	=	20,067.071 m
Longitud elevada	=	14 + 957.664 - 18 + 864.144 = 3,906.4803 m (Oceania - San Lázaro)
Longitud superficial	=	1 + 423.015 - 14 + 957.664 = 13,534.649 m (Cd. Azteca - B. de Aragón)
Longitud subterránea	=	18 + 864.144 - 24 + 397.686 = 5,533.542 m (Marcos - Buenavista)

Tabla 1.2.1. Procedimiento constructivo de la obra civil

La tabla 1.2.2, muestra los cadenamientos (P.K.), donde estan ubicadas las estaciones de la Linea "B", asi como la localización de los tramos subterráneo, superficial y elevado

CADENAMIENTO	ESTACION	TRAMO
1+423.015	Muro Japon	
1+976.000		
3+099.015	Cd. Azteca	Superficial
6+140.1		
4+030.418	Plaza Aragón	Superficial
888.997		
4+889.015	Olimpica	Superficial
2+231.9		
5+631.364	Tecnologico	Superficial
1+637.991		
7+269.354	M. Muzquiz	Superficial
1+290.431		
8+528.688	Rio de los Remedios	Superficial
6+438.1		
9+163.272	Campestre	Superficial
1+334.378		
10+202.650	Centenario	Superficial
1+288.583		
12+193.000	Villa Aragón	Superficial
2+323.418		
13+124.288	Tecoco	Superficial
3+325.531		
14+621.789	Escuelas de Aragón	Superficial
282.338		
15+296.789	Asmit	Superficial
357.000		
16+253.789	Arroyo Peñas	Superficial
1+68.000		
17+290.789	San Juan	Superficial
1+780.000		
18+304.789	San Juan	Superficial
2+170.000		
19+629.789	San Juan	Superficial
2+170.000		
20+514.277	San Juan	Superficial
1+607.000		
21+290.305	Lagunillas	Superficial
1+127.000		
22+9024.087	Carrión	Superficial
1+496.000		
23+2796.000	Carrión	Superficial
1+170.000		
24+200.000	Incorpore	Superficial
1+170.000		
25+200.000	Muro Japon	

Tabla 1.2.2. Localización de las estaciones de la Linea B

La tabla 1.2.2, muestra los cadenamientos (P.K.), donde estaran ubicadas las estaciones de la Línea "B", así como la localización de los tramos subterráneo, superficial y elevado.

CADENAMIENTO	ESTACION	TRAMO
1+423.015	Muro Tapon	
1.976.000		
3+399.015	Cd. Azteca	Superficial
631.403		
4+030.118	Plaza Aragón	Superficial
858.597		
4+889.015	Olimpica	Superficial
742.349		
5+631.364	Tecnologico	Superficial
1.637.990		
7+269.354	M. Muzquiz	Superficial
1.259.134		
8+528.688	Río de los Remedios	Superficial
634.584		
9+163.272	Caupestre	Superficial
1.539.378		
10+702.650	Continentes	Superficial
1.488.350		
12+191.000	Villa Aragón	Superficial
933.258		
13+124.258	Tesoro	Superficial
1.315.531		
14+439.789	Bosques de Aragón	Superficial
955.000		
15+394.789	Oceania	Elevado
837.000		
16+231.789	Romero Rubio	Elevado
1.198.000		
17+429.789	Gran Canal	Elevado
975.000		
18+404.789	San Lázaro	Elevado
1.451.729		
19+856.518	Morelos	Subterráneo
647.749		
20+504.267	Tepito	Subterráneo
760.926		
21+265.193	Lagunilla	Subterráneo
623.994		
21+889.187	Garibaldi	Subterráneo
906.899		
22+796.086	Guerrero	Subterráneo
670.000		
23+466.086	Buenavista	Subterráneo
931.600		
24+397.686	Muro Tapon	

Tabla 1.2.2. Ubicación de las estaciones de la Línea B.

1.3 Obra Civil.

El procedimiento constructivo se llevará a cabo en tres tipos de solución:

- Subterránea.
- Elevada.
- Superficial

1.3.1 Subterránea.

En una longitud de 5,533.542 m. a partir del extremo poniente de la Línea en el Eje 1 Norte (José Antonio Álzate) y la calle Nogal; continúa en esta solución a lo largo del mismo Eje hasta la Avenida del Peñón donde se realiza la transición de subterráneo a elevado

1.3.2 Elevada.

Con una longitud de 3,906.480 m. prosigue la Línea en solución elevada, desde el portal de salida en la incorporación del Eje 1 Norte por la Avenida del Peñón, Marruecos y Oceanía para cruzar el Gran Canal y hacer una correspondencia adecuada con la estación Oceanía de la Línea 5, posteriormente continuará en solución superficial.

1.3.3 Superficial.

A partir de la Avenida Tahel sobre las Avenidas 608 y Central, en el Estado de México, tomando en consideración la economía de la obra, el contexto urbano y los anchos efectivos de calzada, la línea contará con 13,534.649 m. en solución superficial permitiendo el tránsito peatonal y vehicular a lo largo de su trayectoria, con pasos elevados y con puentes vehiculares respectivamente.

La solución subterránea se logra partiendo de la construcción de dos muros tablestaca que pueden ser colocados en sitios prefabricados, los cuales sirven para contener el terreno natural mediante el sistema de apuntalamiento durante la excavación entre ellos, este procedimiento se efectúa a cielo abierto y la estructuración del cajón que servirá de túnel se obtiene colocando una loza de fondo ligada a los muros tablestaca, estos pueden ser utilizados como parte integral del cajón, dependiendo de la profundidad del mismo y de las características particulares del suelo, finalmente se colocarán tabletas prefabricadas en el techo.

El metro en solución elevada, está constituido de concreto reforzado de sección cuadrada apoyadas en grupo de pilotes trabajando a fricción, dados y columnas de concreto reforzado que a su vez reciben las traveses portantes y portadas, prefabricadas que conforman la estructura del Metro.

La solución superficial consiste en una estructura de concreto hidráulico reforzado de sección rectangular, integrada por una losa de fondo la cual se construye sobre una plantilla de concreto pobre, dos muros laterales que sirven de confinamiento y seguridad

1.4 Estaciones.

El Metropolitano Línea "B" en su primera etapa, contará con 21 estaciones, de las cuales trece se construirán en el Distrito Federal y ocho en el Estado de México. Cinco estaciones serán de correspondencia con las Líneas 1, 3, 4, 5 y 8 de la red en operación y a futuro se tendrá correspondencia adicional con las Líneas 2, 6, 7, 14 y 15.

1.4.1 Características.

Las estaciones tendrán una longitud de 150 m. para recibir trenes de nueve carros. Los espacios considerarán áreas propias para la distribución de usuarios tales como: escaleras, accesos, vestíbulos interiores y exteriores; andenes, pasajes de cambio de andén y correspondencia. Asimismo, se contará con áreas para el personal de servicio administrativo y operativo.

Los vestíbulos exteriores de las estaciones ofrecerán a los usuarios áreas de ventas de boletos, casetas telefónicas e información. Los vestíbulos interiores tendrán como función básica encausar, y distribuir adecuadamente a los usuarios hacia el interior de la estación.

Los materiales de acabados que se utilizarán en pisos serán de alta resistencia al desgaste y de fácil mantenimiento, los muros de las estaciones se cubrirán con mamparas de fácil manejo y mantenimiento, de materiales resistentes al fuego y vandalismo. Las pinturas a emplear serán no tóxicas y resistentes al fuego. Se contará con señalamientos informativos y de orientación al usuario tales como: ubicación de calles y avenidas, correspondencias y diagramas de la red, entre otros.

1.5 Instalaciones.

Al igual que en las demás líneas en operación, el Metropolitano Línea "B" contará con:

- Alimentación de energía eléctrica
- Subestaciones de rectificación o puestos de rectificación.
- Subestaciones eléctricas de alumbrado y fuerza.
- Vías.
- Aparatos de cambio de vía
- Señalización.
- Mando centralizado.
- Pilotaje automático.
- Telecomunicaciones.
- Sistemas de peaje.
- Servicios de operación.
- Material rodante o trenes.
- Capacidad del sistema.

Mismas que se describen a continuación.

1.5.1 Alimentación De Energía Eléctrica.

La alimentación de energía eléctrica será derivada de dos Subestaciones en 230,000 volts suministrados por la Compañía de Luz y Fuerza y transformada a 23,000 volts por una Subestación Eléctrica de Alta Tensión (SEAT), de la cual se alimentará tanto las Subestaciones de Alumbrado y Fuerza, como las de Rectificación.

1.5.2 Subestaciones De Rectificación (S.R.) ó Puesto De Rectificación (P.R.).

Distribuidas a lo largo de toda la Línea, suministrarán la energía eléctrica para la tracción de los trenes; recibirán la energía a 23,000 volts de corriente alterna y la transformarán a 750 volts de corriente directa.

1.5.3 Subestaciones Eléctricas De Alumbrado Y Fuerza (S.E.A.F).

Suministrarán la energía eléctrica que requieren las estaciones e interestaciones tanto de alumbrado, como de los motores y equipos eléctricos instalados en ellas. Recibirán la energía eléctrica de la Subestación de Alta Tensión a 23,000 volts para su aprovechamiento directo. Para el Metropolitano Línea "B", se instalarán Subestaciones de Alumbrado y Fuerza con capacidad variable de 150, 225, 300 y/o 500 KVA. Se habilitarán dos Subestaciones por estación.

1.5.4 Vías.

El sistema de vías para la circulación de trenes consistirá en dos pistas de rodamiento con perfiles de acero cuyo peso es de 68.3 Kg. por metro en tramos de 18 m. En la parte exterior de cada pista, se colocarán aisladores de poliester y fibra de vidrio a cada 3 m que soportarán las barras guía que tienen dos funciones: servir de guía a los bogies de los trenes y alimentar con corriente eléctrica de tracción a los trenes. Para seguridad del tren y movimiento de los vehículos de mantenimiento, se coloca una vía auxiliar con rieles de acero convencionales de 40 Kg. por m (80 lb/Yd) y trocha única normalizada de 1435 mm.

El conjunto de rieles, pistas, aisladores y barra guía estarán soportados por durmientes de concreto en vías principales y de madera en zonas de aparatos de cambio de vía.

1.5.5 Aparatos De Cambio De Vía.

Son mecanismos que sirven para efectuar el cambio de los trenes de una vía a otra, en las terminales o donde se establezcan los servicios provisionales de la Línea y las zonas de maniobra en terminales tienen dispositivos de control a distancia.

1.5.6 Señalización (S.Ñ.).

Mantiene la seguridad en el recorrido de los trenes controlando la operación, circulación y velocidad de los mismos, bajo condiciones de seguridad y tomando en cuenta el estado general que guarde la Línea.

El sistema de señalización que se utilizará en el Metropolitano Línea "B" será el de señalización lateral de bloqueo automático luminoso y circuitos de vía a tensión elevada

1.5.7 Mando Centralizado (M.C.).

Es un automatismo que permite el mando y control de la energía de tracción y el control de la circulación de los trenes en Línea, en maniobras de terminal y en servicios provisionales.

1.5.8 Pilotaje Automático (P.A.).

Verifica que los trenes circulen a la velocidad autorizada y respeten el estado en que se encuentre la señalización lateral, así como el estacionamiento y arranque de los trenes en la Línea. Se realiza a través de equipos instalados en los trenes. Su función es optimizar la capacidad de la Línea con mayor seguridad.

1.5.9 Telecomunicaciones (T.C.).

Estos sistemas permitirán el enlace de comunicación de voz de todas las instalaciones de la Línea entre sí y el resto de la red del Metro, además con el público usuario. Lo anterior, se logra con el apoyo de sistemas tales como: la Telefonía Directa y Automática, Telefonía de Trenes, Conmutador Telefónico, Sonorización y Voceo, Intercomunicación y Voceo en Talleres, Equipos de Grabación y Sistema de Relojes de Andén.

1.5.10 Sistema De Peaje.

Controlan el acceso de los usuarios, comprueban el pago de derechos por el servicio. Consta de torniquetes de entrada y salida, gabinetes neutros y terminales de operación con probador de boletos.

1.5.11 Servicios De Operación.

El control de la operación a nivel de instalaciones fijas y rodantes, se realizará desde el Puesto Central de Control a través de los sistemas de Mando Centralizado que establecerá las condiciones del servicio en base a la demanda de usuarios.

1.5.12 Material Rodante ó Trenes.

El tipo de material rodante que se empleará será con ruedas neumáticas y con rueda de seguridad metálica, alimentándose de energía eléctrica por medio de escobillas positivas que se encuentran en la parte lateral de los carros motrices. Los trenes constan de nueve carros y tienen una longitud de 147.62 m. su capacidad es de 1,530 pasajeros/tren.

La velocidad máxima que alcanzará será de 75 Km. por hora y la velocidad comercial será de 36 Km. por hora; la velocidad comercial incluye los tiempos de parada en estaciones.

1.5.13 Capacidad Del Sistema.

Al iniciar su operación se tendrá una capacidad de transporte de 33,382 pasajeros por hora por sentido; en la medida en que la demanda así lo justifique, se podrá incrementar el número de trenes y en consecuencia la capacidad del sistema hasta 60,000 pasajeros por hora por sentido. En esta primera etapa, la capacidad en día laborable a mediano plazo, se ha estimado en 550,000 pasajeros.

Dentro de la especialidad de Telecomunicaciones remarcaremos la gran importancia que tiene la Telefonía de Trenes. Este sistema está integrado por un conjunto de elementos y dispositivos electrónicos que conforman la comunicación permanente entre los conductores de los trenes y el P.C.C.

Debido a que a través de la Telefonía de Trenes es la única forma de tener comunicación entre los conductores y el jefe de reguladores (siempre y cuando los operadores permanezcan en la cabina del tren), este trabajo se enfoca a optimizar aún más la comunicación en Líneas futuras y/o renovaciones de las que se encuentran operando, con la implantación de un "Sistema de Radiotelefonía de Trenes", ya que se adquiere una gran importancia como medio de seguridad, como por ejemplo, enfrentar eventualidades que puedan presentarse dentro y/o fuera del tren y que afecten el servicio o pongan en peligro a los usuarios o instalaciones, de tal manera que por un lado se recibirán informaciones de la situación que prevalece en las estaciones o en las vías, y por otro, se transmitirán las instrucciones necesarias desde el P.C.C.

Cabe mencionar que el Sistema de Radiotelefonía de Trenes propuesto presentará un servicio en la explotación de cualquier Línea con una absoluta confiabilidad en el correcto funcionamiento, sencillez en el manejo de los equipos y su fácil mantenimiento, siendo este importantísimo para su operación.

1.6 Parámetros De La Línea.

Tomando como base los datos obtenidos por los estudios de demanda de transporte en cierta zona, se define la trayectoria más adecuada de la Línea, el sistema de transporte a implementar, la longitud de la Línea, el número y ubicación de las estaciones.

Una vez definidos estos parámetros, se procederá a definir los datos para el funcionamiento de dicha Línea, tales como el número de unidades por hora, intervalo de operación, tiempo de recorrido, número de unidades que circularán por la Línea, velocidad comercial y capacidad de transporte que ofrece la Línea.

Así pues, al realizar los estudios de demanda de transporte, se encontraron los datos mostrados en la tabla 1.6.1.

Número de viajes al inicio	33,382 Pasajeros - Hr/sentido
Número de viajes esperados	60,000 Pasajeros - Hr/sentido
Objetivo-Transporte	600,000 Viajes-pasajeros/día
Corredor	Buenavista-Cd. Azteca
Longitud total	22,974.971 m
Longitud de servicio	20,067.07 m
Número de estaciones	21
Número de interestaciones	20
Número de terminales definitiva	1 (Cd. Azteca)
Número de terminales provisional	1 (Buenavista)
Número de estaciones de correspondencia	4
Número de estaciones de paso	15
Alimentación	Tercer carril 750 Vcc.
Material rodante	Rueda neumática
Tiempo de estacionamiento en estación terminal	25 segundos en Buenavista
Tiempo de estacionamiento en estación terminal	30 segundos en Cd. Azteca
En estación de paso	20 segundos
En estación de correspondencia	25 segundos
Tiempo de maniobra en terminal	90 segundos
Tiempo de recorrido en interestaciones	75 segundos
Capacidad del vehículo	1530 personas /tren de 9 carros
Velocidad máxima	75 K/h
Velocidad comercial	36 K/h
Peso de un tren de 9 carros a 4/4 de carga (100%)	325 Ton
Consumo de un tren	100 wati/Km/Hr/Ton
Capacidad de un P.R.	4000 Kw.
Afluencia de pasajeros	1100 personas/minuto
Empleos generados (aproximadamente)	25,000 Directos 25,000 Indirectos

Tabla 1.6.1. Parámetros de la Línea.

Con estos parámetros se procede a mencionar los datos operativos para el funcionamiento de esta línea, como son:

- A) **Número De Trenes Por Hora.**
- B) **Intervalo Entre Trenes.**
- C) **Espaciamiento Entre Trenes (Et).**
- D) **Tiempo Total De Recorrido Por Vuelta (Ttr).**
- E) **Tiempo De Recorrido Unidireccional (Ttu).**
- F) **Velocidad Promedio.**
- G) **Velocidad Comercial.**
- H) **Número De Trenes En Operación En Línea.**
- I) **Regulación Promedio De Trenes.**
- J) **Número Total De Trenes.**

A) NUMERO DE TRENES POR HORA

Número de trenes por hora = Demanda del transporte / Capacidad del vehículo

$$= (33,382 \text{ Pasajeros-Hora/Sentido}) / (1530 \text{ Pasajeros/Tren})$$

$$= 21.82 = 22 \text{ Tren-Hora/Sentido}$$

B) INTERVALO ENTRE TRENES

Intervalo entre trenes = Segundos en una hora / Número de trenes hora

$$= 3,600 \text{ Segundos} / 22 \text{ Trenes}$$

$$= 164 \text{ Segundos} / \text{Tren}$$

C) ESPACIAMIENTO ENTRE TRENES (ET)

$$ET = (\text{Velocidad Comercial}) \times (\text{Intervalo entre Trenes})$$

$$ET = (37 \text{ Kilometros/Hora}) \times (164 \text{ Segundos})$$

$$ET = 1685 \text{ Metros}$$

D) CAPACIDAD DE TRANSPORTE

$$\text{Capacidad de transporte} = (\text{Número de trenes}) \times (\text{Capacidad del vehiculo})$$

$$= (21.82 \text{ Trenes}) \times (1530 \text{ Pasajeros/Tren})$$

$$= 33\,382 \text{ Pasajeros}$$

E) TIEMPO TOTAL DE RECORRIDO POR VUELTA (TTR)

$$\text{TTR} = 2 \left\{ \begin{array}{l} (\text{Tiempo de recorrido interestaciones}) \times (\text{No Interestaciones}) + \\ (\text{Tiempo de estacionamiento terminal}) \times (\text{Número Terminales}) + \\ (\text{Tiempo de estacionamiento estación}) \times (\text{Número Estaciones}) + \\ (\text{Tiempo de maniobra en terminal}) \times (\text{Número Terminales}) \end{array} \right\}$$

$$= 2 [(75 \times 20) + (25 + 30) + (20 \times 15) + (25 \times 4) + (90 \times 2)]$$

$$= 2 (1500 + 55 + 300 + 100 + 180)$$

$$= 2 (2135)$$

$$= 4270 \text{ Segundos}$$

F) TIEMPO DE RECORRIDO UNIDIRECCIONAL (TRU)

$$\text{TRU} = \left\{ \begin{array}{l} (\text{Tiempo de recorrido interestación}) \times (\text{Número Interestaciones}) + \\ (\text{Tiempo de estacionamiento terminal}) \times (\text{Número de Terminales}) + \\ (\text{Tiempo de estacionamiento estación}) \times (\text{Número de estaciones}) \end{array} \right\}$$

$$\text{TRU} = [(75 \times 20) + (25 + 30) + (20 \times 15) + (25 \times 4)]$$

$$\text{TRU} = (1500 + 55 + 300 + 100)$$

$$\text{TRU} = 1955 \quad \text{Segundos}$$

G) VELOCIDAD PROMEDIO

$$\begin{aligned} \text{Velocidad promedio} &= 2 (\text{Longitud de servicio}) / \text{TTR} \\ &= 2 (20,067.07 \text{ Metro}) / 4,270 \text{ Segundo} \\ &= 9.3 \text{ Segundo/Metro} \times 3.6 \text{ Kilometro-Segundo / M-H} \\ &= 33.48 \text{ Kilometro/Hora} \end{aligned}$$

H) VELOCIDAD COMERCIAL

$$\begin{aligned} \text{Velocidad comercial} &= \text{Longitud de servicio} / \text{TRU} \\ &= 20,067.07 \text{ Metro} / 1,955 \text{ Segundos} \\ &= 10.26 \text{ Metro/Segundo} \times 3.6 \text{ Kilometro-Segundo / M-H} \\ &= 36.95 \text{ Kilometro/Hora} \end{aligned}$$

I) NUMERO DE TRENES EN OPERACION

Número de trenes en operación = Tiempo Total Recorrido / Intervalo entre trenes

$$= 4,270 \text{ Segundos} / 164 \text{ Segundos/Tren}$$

$$= 26 \text{ Trenes}$$

J) REGULACION PROMEDIO DE TRENES

Regulación promedio de trenes = 2 Longitud de servicio / Número de trenes

$$= 2 (19,600) / 26 \text{ Trenes}$$

$$= 1 507.8 \text{ Metro / Tren}$$

K) NUMERO TOTAL DE TRENES

Se considera un 25 % de incremento para efectos de mantenimiento y reserva, adicionales al número de trenes en operación.

Número total de trenes = Número de trenes en operación X 1.25

$$= 26 \text{ Trenes} \times 1.25$$

$$= 32 \text{ Trenes}$$

Los 6 trenes excedentes estarán en posición de "batería" en las zonas de vías secundarias, dispuestos a entrar en operación en el momento que se requiera.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RADIOTELEFONÍA

2.1 Antecedentes.

La operación de una línea del metro se controla desde un centro denominado "Puesto Central de Control", también llamado PCC. Desde este lugar, se realiza el control de tráfico de los trenes que circulan en la Línea, estas acciones son llevadas a cabo por la persona denominada Regulador de Línea o simplemente regulador.

Con el fin de que el regulador pueda realizar óptimamente sus funciones y a fin de garantizar la seguridad en la circulación de los trenes, se hace necesario tener un sistema que permita una comunicación permanente entre los trenes en circulación o estáticos y el PCC.

La cobertura de la comunicación en toda la línea está hecha por zonas bien definidas que van de acuerdo a las zonas de tracción a lo largo de ella, y que podrán ser elegidas en cualquier momento por el regulador a través de este sistema. Además la recepción deberá individualizarse por cada una de estas zonas, indicando a su vez el número del tren que llama. Para lograr esto es necesario que el sistema cuente con tres canales independientes de comunicación, dedicados exclusivamente a la operación y los cuales se distribuirán a lo largo de la Línea para realizar la cobertura de ella.

La comunicación a través de la radiotelefonía de trenes, tiene un doble papel: El de garantizar la comunicación ante cualquier eventualidad y el de ayuda a la operación normal. Es por eso que en la red de comunicación del sistema están ligados los siguientes puntos:

2.1.1 Puesto Central De Control.

Puesto desde donde se realiza la comunicación con los trenes, equipos portátiles, Puesto de Maniobra Local, usuarios (teniendo prioridad absoluta sobre las comunicaciones).

2.1.2 Los Trenes Que Circulan En La Línea.

Todos aquellos que circulen sobre las vías principales y sobre vías secundarias (vías de enlace y zonas de garaje o maniobra).

2.1.3 Los Equipos Portátiles.

En la red de Radiotelefonía se tendrán equipos portátiles para las comunicaciones que se realicen en las vías, fuera de la cabina del tren. Estos son los equipos de comunicación que deberán portar los conductores de los trenes, siendo usados cuando por algún motivo tengan que abandonar la cabina de conducción del tren durante sus labores, y tengan necesidad de comunicarse con el PCC.

2.1.4 Los Puestos De Maniobra Local.

Son los puestos de comunicación que se alojan en cada una de las terminales de la Línea, y están a disposición del inspector encargado de ella; éstos funcionan en la zona de comunicación que les corresponda. Por lo tanto, solicitará la autorización del regulador del PCC para establecer la comunicación con los trenes.

2.1.5 Los Usuarios.

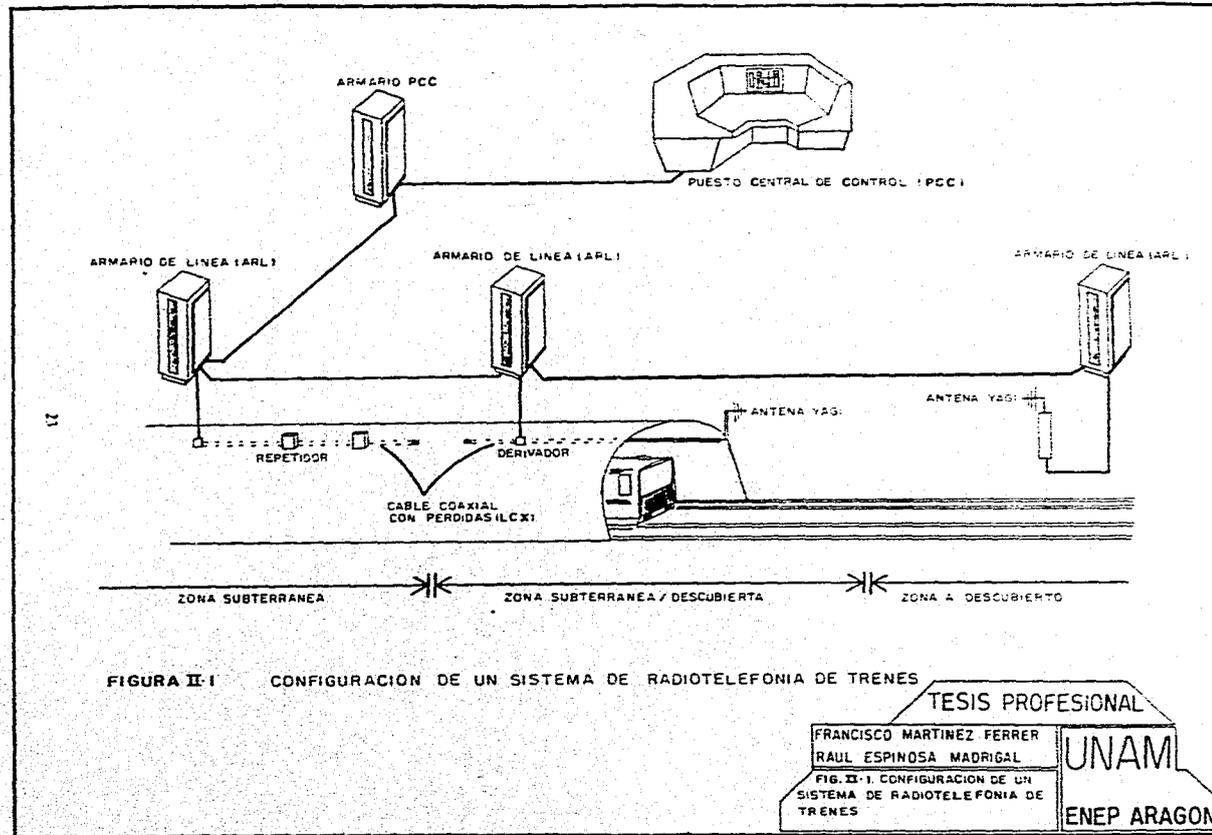
Son todas las personas que hacen uso del servicio que prestará el Metropolitano Línea "B", y que se encuentren a bordo de los trenes en circulación.

2.2 Descripción De Los Puestos Y Equipos De Operación Que Deberá Comprender Un Sistema Radiotelefónico En Una Línea Del Metro.

La siguiente descripción enumera las partes funcionales que deberán comprender cada uno de los puestos y equipos que constituirán el Sistema de Radiotelefonía de Trenes del Metropolitano Línea "B". Para darse una idea en la figura II.1 se presenta la configuración del Sistema de Radiotelefonía de Trenes.

2.2.1 Equipos Fijos En PCC.

Dentro del edificio del Puesto Central de Control estarán implantados dos tipos de equipo: La platina de mando de Radiotelefonía de Trenes en el pupitre del regulador de línea, y un armario de gestión central en la sala técnica de telecomunicaciones; dichos equipos permitirán al regulador de línea administrar y establecer los distintos tipos de comunicación. Como las que a continuación se enlistan:



- Llamada selectiva.
- Llamada general.
- Ajuste de volumen sonoro.
- Llamada viajero manual o automática.
- Función prueba de lamparas.
- Anulación.
- Visualización de la zona de radio.

La platina deberá conectarse con el armario por medio de cable telefónico de 8 pares distribuido de la siguiente forma:

- 2 Pares para alimentación.
- 2 Pares para baja frecuencia de transmisión - baja frecuencia de recepción.
- 2 Pares para la conexión.
- 2 Pares para el bucle de corriente de control.

El armario de gestión deberá centralizar todas las informaciones procedentes de la platina de mando y de los armarios de línea (ARL) via teletransmisión. Mandará y controlará a distancia los ARL de acuerdo con las decisiones tomadas por el regulador de línea en su platina de mando.

Las características técnicas que deberán cubrir la platina y el armario de gestión será:

Banda pasante de baja frecuencia (BF)	300 - 3000 Hz +/- 3 dB
Nivel entrada / salida (BF)	0 dBm / 600 ohms nominales
Tipo de transmisión de datos hacia (ARL)	FSK a 1200 bds
Dispositivos de llamada selectiva	Según CCIR
Mando	Telecontrol de los ARL (selectivamente o en general) llamada selectiva de un tren, llamada de zona, llamada general, llamada de pasajeros.
Controles (visual y sonoro)	Comunicación de zona, identificación de tren estado del sistema, llamada de emergencia, prioridad, información, falla.
Método de transmisión	Polling
Alimentación normal	220v +/- 10% 47 a 400 Hz
Alimentación emergencia	48 VDC +/- 20%

2.2.2 Equipos De Línea.

Los equipos de línea asegurarán la transmisión de las comunicaciones, los cuales estarán distribuidos de la siguiente forma:

En la sala técnica de una estación, por zona de tracción deberá contener un armario de línea (ARL). En la línea deberán instalarse repetidores bidireccionales UHF, cable radiante LCX, cable coaxial poca pérdida FP, antenas y dispositivos fijos de conmutación de canal (ACS). En cada estación terminal de la línea se contará con un Puesto de Maniobra Local (PML) y sus accesorios correspondientes.

Armario De Línea (ARL).

Este armario permitirá asegurar la cobertura del radio de su zona de tracción, bajo control permanente del armario PCC, administrará directamente las comunicaciones entre el regulador y los conductores de tren localizados en la misma zona. Este armario estará conectado con el PCC a través de fibra óptica.

Las características que deberá cumplir será:

Banda pasante de Baja Frecuencia (BF)	300 - 3000 Hz a +/- 3dB
Nivel de entrada / salida BF	0 dBm / 600 ohms nominal
Llamada selectiva	Según CCIR
Telemando (PCC ---->ARL)	Mando Emisión. Reemisión de zona
Telecontrol (ARL ---->PCC)	Squelch. Identificación de canal, Información de falla.

RADIO SEGUN NORMA EIA:

Banda de frecuencia	450 - 470 MHz
Número de canales	8 mínimo
Método de Comunicación	Dúplex
Impedancia	50 ohms
Método de llamadas	Llamadas selectivas
Espaciamiento de canales	25 KHz
Espaciamiento dúplex	45 MHz
Temperatura de funcionamiento	-30 u + 60 (grados centigrados)

EMISOR

Potencia de salida	5 watts (w) nominal, ajustable de 1 a 7 w.
Desviación máxima (MF)	+/- 5 KHz máximo
Entrada BF	0 dBm / 600 ohms nominal
Distorsión	menor a 5 % a 1 KHz, 60% de MF máxima

RECEPTOR

Sensibilidad a 12 dB	-117 dBm
Selectividad	85 dB
Protección contra la intermodulación	80 dB
Ruido y zumbido	50 dB
Salida BF	0 dBm / 600 ohms nominales
Distorsión	menos del 5 %

Repetidores Bidireccionales UHF (Amplificadores).

Estos repetidores deberán permitir la cobertura del radio por ampliación de la señal del radio en forma bidireccional. Estarán integrados a intervalos regulares dentro del sistema de cable LCX. La amplificación de las señales en ambos sentidos permite ampliar la cobertura del ARL conectado en el cable LCX. Estos repetidores serán indispensables cuando se utilizan las frecuencias UHF 450/470 MHz para cubrir las zonas de tracción.

Las características son:

Banda de frecuencia	450 a 470 MHz
Espaciamiento dúplex	45 MHz
Ancho del canal útil	5 o 15 MHz
Ganancia bidireccional	30 a 45 dB ajustable
Factor de ruido	9 dB máxima

Potencia de salida	
Fijo ----Móvil	1 w máximo
Móvil ----Fijo	0.15 w máxima
Impedancia	50 ohms
Conector	Tipo N

Cable Radiante LCX (Leaky Coaxial Cable).

La utilización de este tipo de cable es debido a que permitirá una propagación de la señal radio a lo largo de toda la longitud del túnel, ver la figura II.2. Las características principales que se deben tomar en cuenta en este tipo de cable son las pérdidas en el acoplamiento y en la atenuación longitudinal.

La pérdida en el acoplamiento están expresados en dB entre el cable LCX y las antenas de los trenes o equipos portátiles. Esta pérdida de acoplamiento es proporcional a la distancia entre el cable LCX y las antenas el cual esta especificado por el fabricante de cable LCX y varia según el diámetro y el rango de frecuencias a utilizar.

La atenuación longitudinal expresado en dB/Km esta dado también por el fabricante del cable. Es variable en la fabricación en función del resultado deseado para un mejor acoplamiento y mayor atenuación o a la inversa.

Por ejemplo, una atenuación longitudinal de 23 dB/Km significa que si un generador de 100 dB esta conectado al cable, la señal recibida en el cable a 1 Km, en el punto de inyección está atenuada a 23 dB lo que da $100 \text{ dB} - 23 \text{ dB} = 77 \text{ dB}$.

La combinación de las dos características: acoplamiento y atenuación permite determinar la longitud máxima que puede ser instalado teniendo en cuenta el nivel de señal de entrada mínimo que se desea obtener en el extremo del cable.

Los cables LCX utilizados en los metros de otros países, son autoportados y están fijados por abrazaderas especiales, tanto en las paredes como en el techo del túnel, a continuación enunciaremos 5 conceptos que son necesarios para la instalación y acoplamiento del cable LCX.

Conectores Para Cable LCX.

Los conectores para cable LCX permiten la conexión con los demás elementos del sistema y respetan la impedancia de 50 ohms, así como una conexión estandar tipo "N".

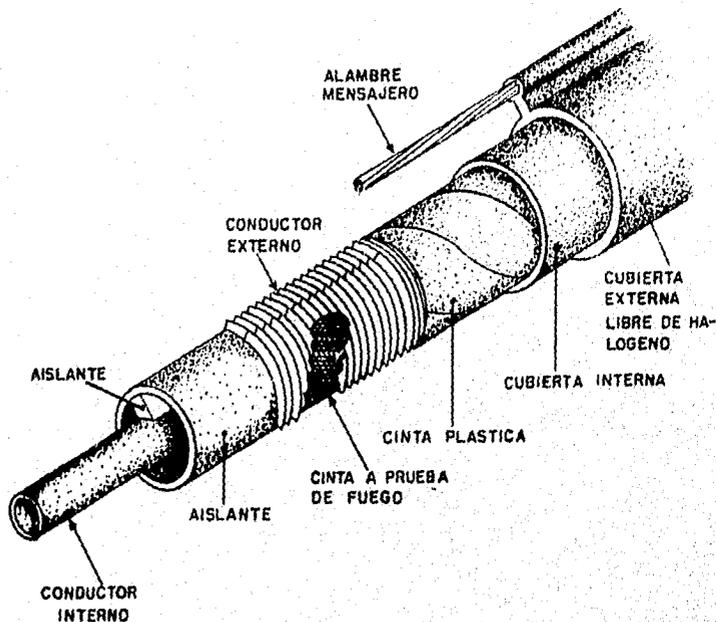


FIGURA II-2 CABLE LCX (LEAKY COAXIAL CABLE)

TESIS PROFESIONAL	
FRANCISCO MARTINEZ FERRER	
RAUL ESPINOSA MADRIGAL	
FIG. II-2	
CABLE LCX (LEAKY COAXIAL CABLE)	
UNAM	ENEP ARAGON

Brazos Tensores (Strain Brackets).

Este accesorio permite tender los cables LCX instalados a lo largo de la prolongación del túnel. La tensión mecánica aplicada al cable es de 400 Kg lo que permite evitar cualquier riesgo de caída, generalmente están colocados a cada extremo del carrete del cable.

Tensores Fijos (Dead End Brackets).

Idéntico al accesorio strain bracket pero con la finalidad de estar instalado únicamente al extremo de cambio de zona o en los casos donde existe conexión con antena.

Carga Terminal (Dummy Load).

Este conector especial contiene una carga de 50 ohms instalado a la terminal de zona.

Cable Coaxial Poca Pérdida.

Este cable coaxial es utilizado para transmitir la señal del radio hacia el cable LCX o a la antena. Este cable se escoge en función de sus características de atenuación y en función máximo admisible en la instalación proyectada.

Para el Sistema de Radiotelefonía se deberá utilizar tres tipos de cable:

- El cable tipo FP 9.3/50.
- El cable tipo FP 4.6/50.
- El cable FP flexible.

El cable FP 9.3/50 se utiliza para conectar el cable LCX o las antenas con el ARL o, por lo general, para toda clase de conexiones superiores a 20 m.

El cable FP 4.6/50 se utiliza para conectar el cable LCX con los repetidores UHF o las antenas o, por lo general, para toda clase de conexiones inferiores a 20 m.

En cuanto al cable FP flexible, permite conectar cables LCX entre sí, el LCX con los cables 9.3/50 o FP 4.6/50 o, por lo general, en todos los casos en los cuales una conexión coaxial flexible es necesaria. La longitud máxima será de 1 ó 2 m, o incluso en casos excepcionales hasta de 10 m.

Puesto que el cable LCX ha sido compuesto de las funciones, sirviendo ambos como líneas de transmisión y antena, las características más importantes del cable son la pérdida de transmisión (atenuación de cable) y las pérdidas de acoplamiento.

Las pérdidas de transmisión estándar y las pérdidas de acoplamiento para HW tipo LCX se muestran en la tabla II.1. El tipo LCX de banda ancha (HW) esta diseñada para uso en bandas de 400 MHz y 150 MHz simultáneamente.

En el anexo 1 se incluyen las especificaciones del cable LCX, así como sus conectores y accesorios que da el fabricante.

Antenas.

Las antenas a utilizarse deberán ser antenas del tipo directivas. Sus características, tanto eléctricas como mecánicas deberán ser comerciales y trabajarán dentro de la banda de 450 a 470 MHz teniendo una ganancia mínima de 7 dB.

De acuerdo a un estudio preliminar en el sitio se definirá si se colocan postes a cierta altura de tal manera que se encuentren protegidos contra la corrosión, pudiendo ser de tipo autoportante o con tirantes, de acuerdo con la configuración del sitio de instalación.

Este tipo de material (antenas y postes) tendrá que ser definido durante la campaña de medición.

Es importante definir precisamente el tipo de material a utilizar en función del entorno. Esto sólo se puede hacer en el sitio de instalación.

En el anexo 2 se describen las características técnicas de algunas antenas yagi en distintas bandas de frecuencia.

Dispositivo Fijo De Conmutación Automático De Canal (ACS Fijo).

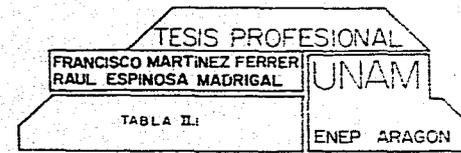
Este sistema permitirá conmutar de forma automática el canal del radio del equipo de los trenes cuando estos pasan de una zona de tracción a otra.

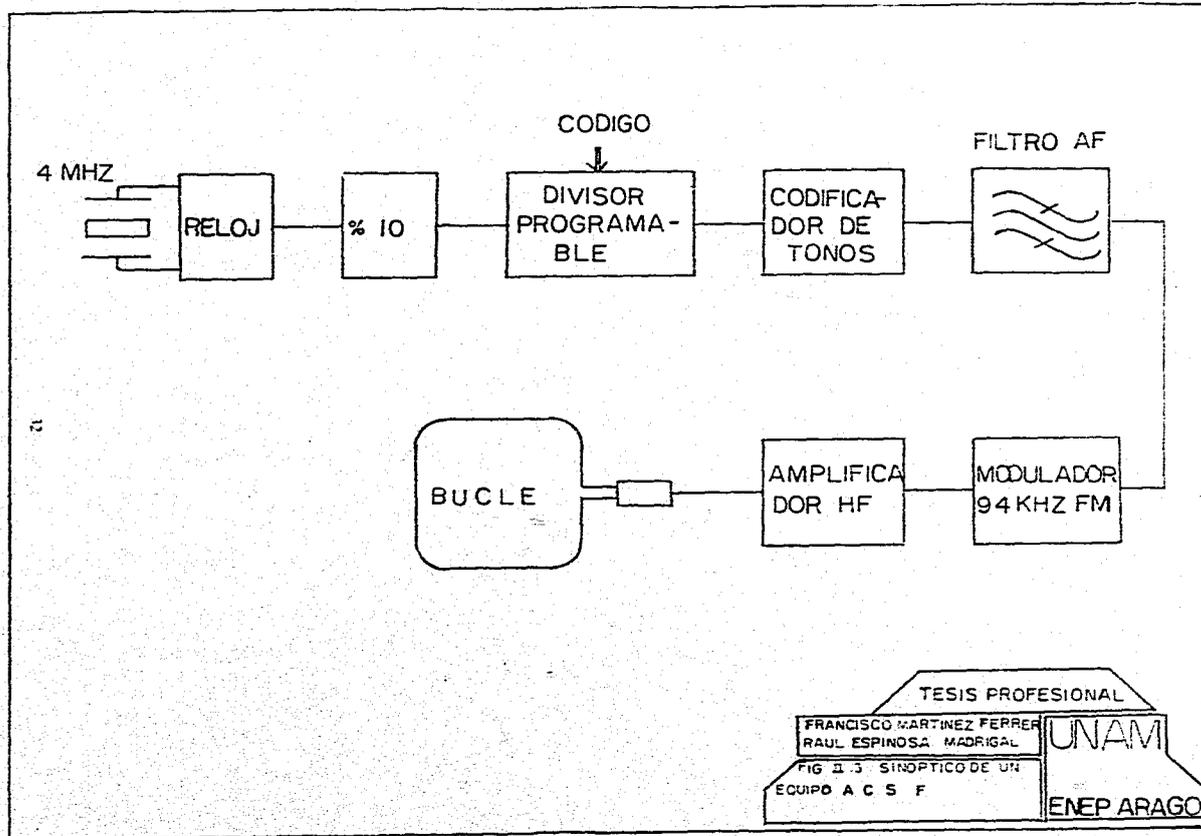
El equipo fijo llamado "ACS-F" estará implantado a lo largo de la vía en los puntos de cambio de zona; en la figura II.3 se observa un cuadro sinóptico de un equipo ACS-FIJO.

PERDIDAS DE ACOPLAMIENTO Y TRANSMISION ESTANDARES DEL CABLE LCX TIPO HW

TAMAÑO DEL CABLE	TIPO	150 MHz		400 Mhz	
		PERDIDAS DE ACOPLAMIENTO	PERDIDAS DE TRANSMISION	PERDIDAS DE ACOPLAMIENTO	PERDIDAS DE TRANSMISION
42D-LCX-M	HW-48	80 (dB)	12 (dB/km)	75 (dB)	23 (dB/km)
	HW-47	70	12	65	23
	HW-46	60	13	55	26
	HW-45	55	15	50	36
33D-LCX-M	HW-18	80	16	75	30
	HW-17	70	16	65	32
	HW-16	60	17	55	40
20D-LCX-M	HW-18	80	20	75	36
	HW-17	70	22	65	40
	HW-16	60	24	55	52

- Nota: 1. Banda de Frecuencia = 130 ~ 230 MHz, 260 ~ 470 MHz.
 2. VSWR \leq 1.5 con conectores.
 3. También existe cable LCX para una cierta banda de frecuencias entre 30 y 1,000 MHz.





El ACS-F constará de :

- Un emisor ACS (ACS-TX).
- Un bucle inductivo ACS (ACS-LOOP).

A bordo de los trenes se colocará el equipo móvil llamado "ACS-M" el cual estará compuesto de :

- Un receptor ACS (ACS-RX).
- Una antena ACS (ACS-ANT).

El ACS-LOOP deberá alimentarse por el ACS-TX que se encontrará cerca.

La longitud del bucle variará de acuerdo con la velocidad del tren que pasa por encima del ACS-LOOP y será igual a :

$$L = V * td$$

Donde:

- L = Longitud del bucle en metros.
- V = Velocidad del tren en metros/segundos.
- td = Tiempo de detección del ACS-M en segundos
(Valor típico 0.1 segundos).

Por ejemplo, para un tren circulando a 70 Km/Hr la longitud del cable será:

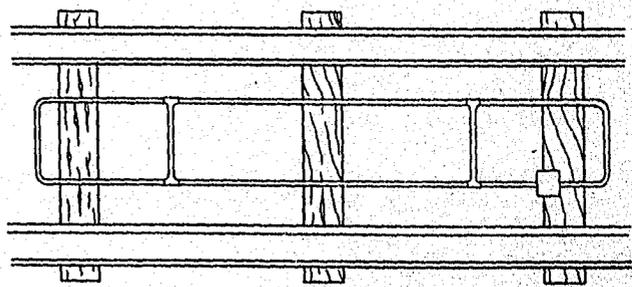
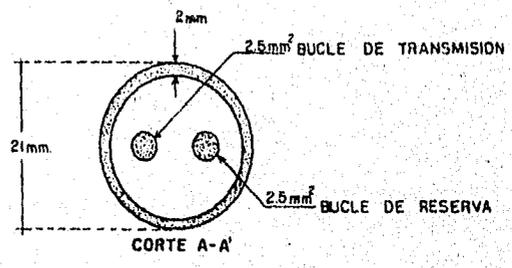
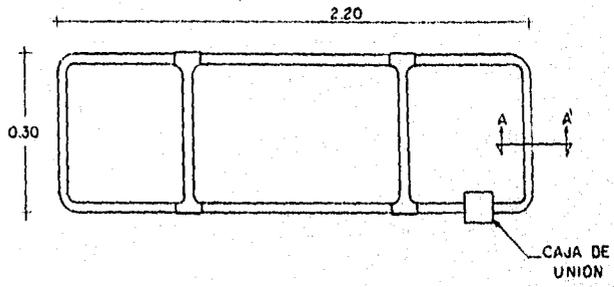
$$L = 70 \text{ KM/HR} \times 0.1 \text{ SEG.}$$
$$L = 1.94 \text{ METROS.}$$

Cada equipo fijo emitirá permanentemente una frecuencia portadora HF modulada por una señal BF asociada con un canal de radio. La selección de la frecuencia BF se hará dentro del ACS-TX.

El tren que pasa por encima del bucle recibirá y decodificará esta señal, lo que permitirá cambiar automáticamente de canal de radio.

El ACS-LOOP deberá ser un tubo de plástico de alta resistencia mecánica conteniendo los bucles principales y de reserva. Las conexiones se harán en una caja de unión. El conjunto ACS-LOOP será hermético.

El ACS-LOOP estará instalado en el centro de la vía entre dos rieles, ver figura II.4



INSTALACION

TESIS PROFESIONAL	
FRANCISCO MARTINEZ FERRER	UNAM
RAUL ESPINOSA MADRIGAL	
FIG. II. 4	ENEP ARAGON
BUCLE INDUCTIVO ACS-LOOP	

Las características necesarias que deberán cubrir los ACS son:

ACS - TX

Alimentación	220 VAC. +/- 10%
Frecuencia HF	94 KHz.
Potencia HF	20 Watts máxima.
Número de frecuencias HF	8.
Tipo de modulación	Modulación en Frecuencia (FM).
Estabilidad de frecuencia	+/- 0.2%.
Temperatura de funcionamiento	-10 °C a +60 °C.

ACS-LOOP

Longitud	2.20 m.
Ancho	0.30 m
Diámetro exterior del tubo PVC	21 mm.
Sección del hilo	2.5 mm ²

Puesto De Maniobra Local (PML).

Estos puestos deberán estar implantados en cada estación terminal, donde estará permitido comunicarse con el PCC o con los trenes.

Constará de:

- Una platina de mando.
- Un conjunto de transmisor-receptor de radio(TX/RX).
- Una alimentación.
- Una antena.

La platina y el conjunto TX/RX radio deberán ser del mismo tipo que un equipo de tren con excepción de las funciones específicas a los trenes, como llamada de emergencia y llamada de corte de corriente.

Además, este equipo PML contará con una alimentación respaldada por un banco de baterías.

Las características necesarias que deberán cubrir los ACS son:

ACS - TX

Alimentación	220 VAC. +/- 10%
Frecuencia HF	94 KHz.
Potencia HF	20 Watts máxima.
Número de frecuencias HF	8
Tipo de modulación	Modulación en Frecuencia (FM).
Estabilidad de frecuencia	+/- 0.2%
Temperatura de funcionamiento	-10 °C a +60 °C.

ACS-LOOP

Longitud	2.20 m.
Ancho	0.30 m
Diámetro exterior del tubo PVC	21 mm.
Sección del hilo	2.5 mm ² .

Puesto De Maniobra Local (PML).

Estos puestos deberán estar implantados en cada estación terminal, donde estará permitido comunicarse con el PCC o con los trenes.

Constará de:

- Una platina de mando.
- Un conjunto de transmisor-receptor de radio(TX/RX).
- Una alimentación.
- Una antena.

La platina y el conjunto TX/RX radio deberán ser del mismo tipo que un equipo de tren con excepción de las funciones específicas a los trenes, como llamada de emergencia y llamada de corte de corriente.

Además, este equipo PML contará con una alimentación respaldada por un banco de baterías.

Otra alternativa consiste en conectar un equipo TX/RX directamente con el ARL de la zona de la cual depende, con un cable telefónico multipar.

2.2.3 Equipos Embarcados En Los Trenes.

Los equipos de radiotelefonía estarán ubicados en cada cabina de conducción, por lo que estos serán dos equipos por tren.

El equipo embarcado en los trenes permitirá que el conductor se comunique con el regulador del PCC en modo normal o de emergencia, con otros trenes, con el PML, con los portátiles o con los pasajeros. Para ello el equipo embarcado constará de:

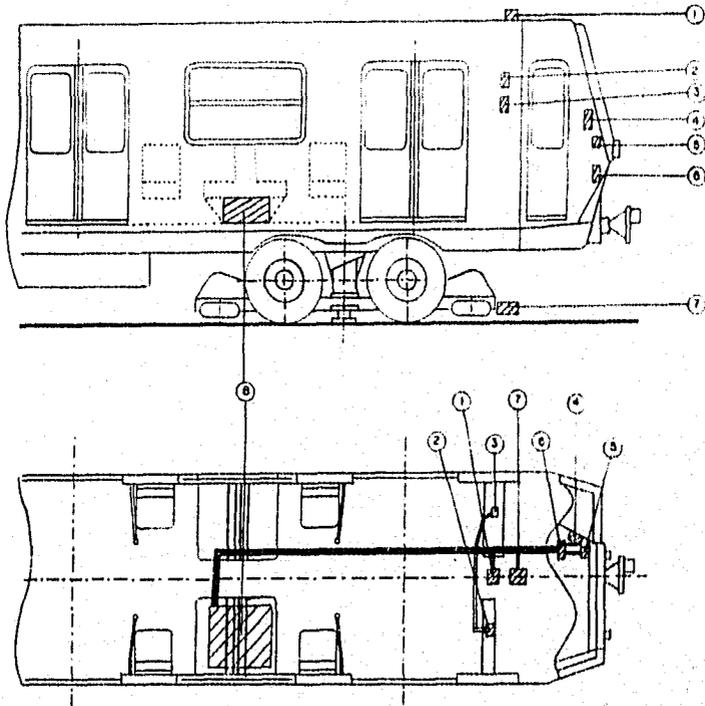
- Una platina de mando.
- Un equipo ACS Móvil (ACS-RX y ACS-ANT).
- Un equipo radio dúplex UHF.
- Un equipo de gestión con un sintetizador vocal.
- Un convertidor DC/DC.
- Un altavoz con ajuste de volumen.

Estos módulos estarán interconectados entre si por medio de cables flexibles y conectores que contarán con un dispositivo para evitar que sean conectados equivocadamente.

La implantación de los mismos deberá definirse mediante un estudio previo de los lugares disponibles del carro con cabina. En la figura II.5 se observa esquemáticamente los elementos que componen los equipos embarcados.

La implantación de los equipos de tren estarán ubicados de acuerdo a lo siguiente:

-En la cabina de conducción	La platina. El altavoz.
- En el techo del carro con cabina de conducción	La antena UHF.
- Debajo del coche con cabina de conducción	La antena inductiva ACS.
- En el coche debajo de un asiento	Un cofre con el receptor ACS, el convertidor DC/DC el conjunto TX/RX radio y el equipo de gestión incluyendo el sintetizador vocal.



DESCRIPCION:

- ① ANTENA
- ② BOCINA
- ③ BCS
- ④ MICROTELEFONO
- ⑤ PLATINA
- ⑥ BORNEO
- ⑦ ACS ANTENA
- ⑧ CCFRE DE GESTION

TESIS PROFESIONAL	
FRANCISCO MARTINEZ FERRER	
RAUL ESPINOSA MADRIGAL	
FIG. II-5	
DISTRIBUCION DE LOS EQUIPOS EMBARCADOS.	UNAM ENEP ARAGON

Platina De Mando Del Tren.

Esta platina contará con teclado de numeración y funciones con 20 teclas, un display Led (diodo emisor de luz) de 16 caracteres, un teléfono con su soporte y tarjetas electrónicas, además deberá contar con microprocesadores que permitirán administrar localmente la visualización, el teclado y el teléfono.

Estará conectado con el equipo de gestión por medio de 5 pares distribuidos como sigue:

- Un par recepción BF.
- Dos pares para conexión.
- Un par alimentación.

La platina y el equipo de gestión estarán a una distancia máxima de aproximadamente 10 metros de separación entre uno y otra.

Equipo ACS Móvil.

Como ya se mencionó anteriormente constará de una antena inductiva ACS-ANT y un receptor ACS-RX.

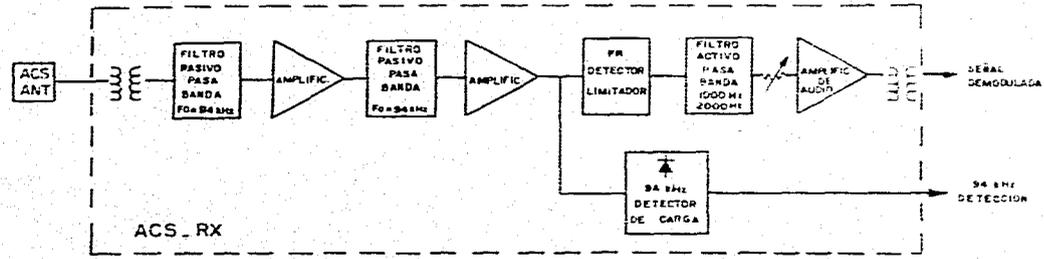
La antena inductiva estará ubicada debajo del tren permitiendo recibir la señal transmitida por el bucle ACS-LOOP.

El ACS-RX demodulará la señal HF y la suministrará al conjunto de gestión mediante la BF así demodulada. Esta señal BF será la información del canal radio. Ver la figura II.6

Equipo De Radio UHF.

Este equipo radio deberá ser del mismo tipo que el utilizado en los ARL y constará de:

- Un transmisor UHF.
- Un receptor UHF.
- Un filtro duplexor.



TESIS PROFESIONAL

FRANCISCO MARTINEZ FERRER
RALF ESPINOSA MADRIGAL

UNAM

FIG II 6
EQUIPO ACS MOVIL

ENEP ARAGON

Además deberá estar equipado con un sintetizador de frecuencias, para permitir una conmutación instantánea de canal, las características primordiales que debe contener son:

GENERALES

Rango de frecuencia	450 - 470 MHz
Número de canales	8 mínimo
Método de comunicación	Duplex
Espaciamiento de canal	25 KHz
Espaciamiento dúplex	45 MHz
Tensión de alimentación	10.8 a 16 V 13.8 V nominal
Temperatura de funcionamiento	-30 a +60 °C
Impedancia	50 ohms

TRANSMISOR

Potencia UHF	5 W ajustables de 1 a 7 W
Desviación máxima (AF)	5 KHz
Entrada BF	0 dB/600ohms
Distorsión	< 5% a 1KHz y 60% AF máximo

RECEPTOR

Sensibilidad a 12 dB	- 117 dB m.
Selektividad	80 dB
Protección contra la intermodulación:	80 dB
Ruido y zumbido	50 dB
Salida BF	0 dBm / 600 ohms
Distorsión	< 5 %
Salida BF - AP	1 w / 4 ohms con 5 % de distorsión

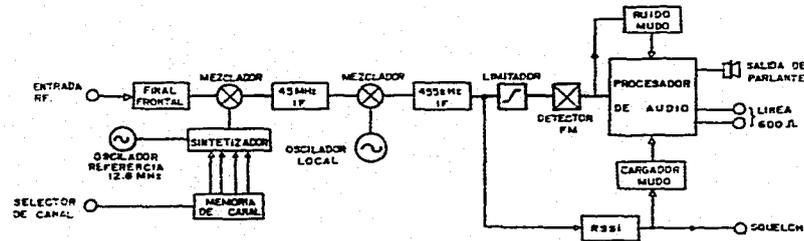
En la figura 11.7 se muestra el diagrama a bloques del emisor y receptor de un UHF.

Antena UHF.

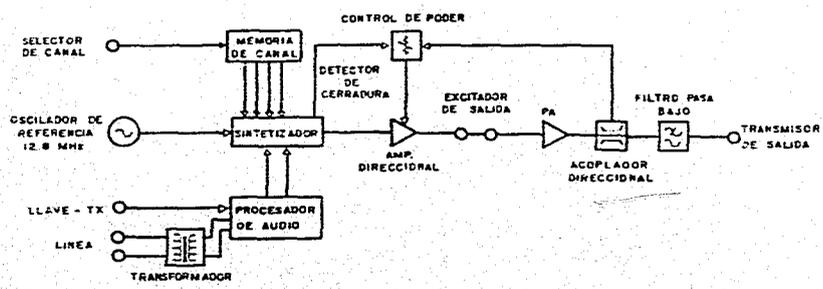
Esta antena deberá estar diseñada para ser montada en el techo del vehículo, y deberá cumplir con las siguientes características :

Tipo	Omnidireccional.
Bandas de frecuencia	450 - 470 MHz
Ganancia	0 dB
Conector	N Hembra
Polarización	Vertical
Potencia máxima	500 W
Fijación	En una superficie conductora (techo del tren) por medio de tornillos.

En la figura 11.8 se muestra un tipo de antena UHF.



EMISOR UHF - Sinoptico



RECEPTOR UHF - Sinoptico

TESIS PROFESIONAL

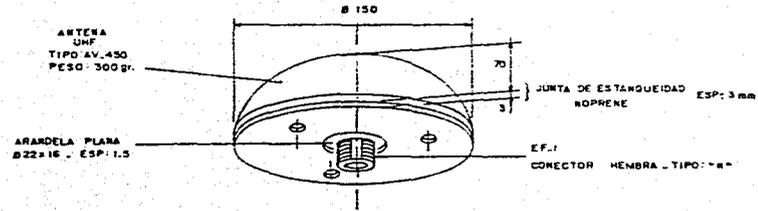
FRANCISCO MARTINEZ FERRER
RAUL ESPINOSA MADRIGAL

UNAM

FIG. II.7
DIAGRAMA A BLOQUES DEL
EMISOR-RECEPTOR DE UN UHF

ENEP ARAGON

ANTENA UHF



TUERCA - PAR DE CERRADO: 10 mm = 18 g m

3 ARANDELA Ø 6

3 TORNILLOS - CABEZA HEXAGONAL } M6 x 20

FM.1

FICHA - MACHO - RECTA. TIPO } N. Ref: - LG 218AJ

CABLE COAXIAL - LONGITUD TOTAL + FICHA = 2.7 m

Ref: K27 RG 213U - K24 CODIGO: 185204

TESIS PROFESIONAL
FRANCISCO MARTINEZ FERRER
RAUL ESPINOSA MADRIGAL

UNAM

FIG. II. B
ANTENA UHF

ENEP ARAGON

Equipo De Gestión.

El equipo de gestión permitirá administrar las comunicaciones a bordo de los trenes. Estará conectado con el conjunto de los módulos que constituyen el equipo de los trenes, excepto las antenas UHF y ACS, y además se deberá conectar con el sistema existente de sonorización de los viajeros.

Las funciones primordiales que tendrán serán:

- Administrar las comunicaciones de acuerdo con el tipo de llamada gracias al dispositivo de llamada selectiva.
- Controlar la platina de mando.
- Seleccionar el canal radio de acuerdo con la señal suministrada por el ACS-RX.
- Enviar la señal BF, así como su validación al sistema de sonorización.
- Enviar a este sistema mensajes pregrabados de forma estática gracias a su sintetizador vocal.
- Administrar el emisor y el receptor radio.

Características que deberá contener:

Llamada selectiva	Según normas del CCIR.
Número de canales radio seleccionable	8.
Sintetizador vocal	10 mensajes mínimo de una duración de 120 segundos.
Salida BF hacia sonorización	0 dBm/600 ohms típica con contacto de validación.
Alimentación	12 VDC (10.8 a 15.6).

Convertidor DC-DC.

Este convertidor permitirá alimentar al conjunto de los equipos radio instalados sobre el tren a partir de la tensión del tren.

Características requeridas:

Tensión de entrada	72 V +/- 25%.
Frecuencia de corte	300 KHz.
Tensión de salida	13.6 V +/- 1 V.
Corriente	10 Amperes (A).
Rendimiento	60% mínimo.

En la figura II.9 se muestra un cuadro sinóptico de un convertidor DC - DC.

Altavoz.

Deberá existir un altavoz dentro de un difusor acústico que dará una buena calidad sonora y al mismo tiempo protección, debiendo estar asociado con un atenuador de volumen con nivel no nulo que le permitirá ajustar por saltos el nivel sonoro.

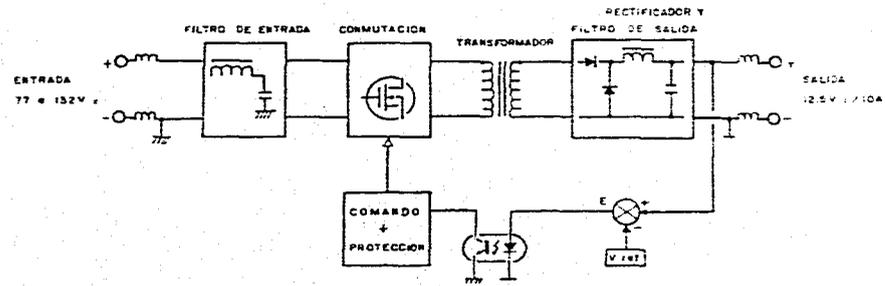
Características requeridas:

Diámetro	130 mm.
Profundidad	75 mm.
Fijación	Por tornillos.
Conexión	Por dos terminales (Zapatitas).
Potencia	4 W máximo.
Impedancia	4 ohms.
Banda pasante	130 a 10000 Hz.
Atenuador	4 ohms.

Equipos Portátiles.

Los equipos portátiles deberán ser compatibles con el sistema propuesto; cada equipo portátil estará compuesto de una unidad E/R asociado a una antena de látigo, un broche para cinturón, una batería níquel-cadmio y su cargador.

Los portátiles tendrán un dispositivo de instalación de tiempo de sintetizador de canal UHF, de ajuste de potencia UHF totalmente configurable de emisión, por programación.



51

TESIS PROFESIONAL	
FRANCISCO MARTINEZ FERRER RAUL ESPINOSA MADRIGAL	
UNAM	
FIG II 9 SINOPTICO DE UN CONVERTIDOR DC - DC	ENEP ARAGON

Características requeridas

GENERALES

Numero de canales	16.
Tipo de comunicación	Semi-duplex con PTT.
Separación de canales	25 KHz.
Separación duplex	45 MHz.
Rango de temperatura	-30°C a +60°C
Dimensiones con batería	220 X 70 X 43 aprox.
Peso	900 gr. aprox.

EMISOR

Potencia UHF	2 W
Rango de frecuencia	450 - 470 MHz.
Déviación máxima (ΔF)	+/- 5 KHz.
Consumo de corriente	1 A.
Distorsión	5%.

RECEPTOR

Sensibilidad a 12 dB	-113 dBm.
Rango de frecuencia	450 - 470 MHz.
Protección contra la intermodulación	60 dB.
Selectividad	60 dB
Potencia BF	500 mW.
Distorsión	5%.

CAPÍTULO 3

INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RADIOTELEFONÍA

3.1 Antecedentes.

Con el fin de que el regulador pueda realizar óptimamente sus funciones y a fin de garantizar la seguridad en la circulación de los trenes, es necesario tener un sistema que permita realizar en cualquier momento una comunicación entre los trenes en circulación ó estáticos y el Puesto Central de Control (PCC).

La cobertura de la comunicación en toda la Línea se dividirá en zonas bien definidas que van de acuerdo a las zonas de tracción a lo largo de ella, que podrán ser elegidas en cualquier momento por el regulador de Línea a través de este sistema.

La presente descripción muestra por una parte, las diferentes posibilidades que existen de comunicaciones en el sistema de radiotelefonía de trenes y por otra, describe cada una de ellas en lo referente al manejo y utilización de estas, así como el uso particular y exclusivo de los canales de comunicación existentes de operación.

3.1.1. Canales de comunicación de operación.

El sistema de radiotelefonía de trenes, deberá contar con tres canales de operación, que serán utilizados para cubrir las zonas de comunicación, que corresponderán a cada zona de tracción que se tenga en la línea. Debido a que el número de estas es mayor que el número de canales, la cobertura de estas zonas, se realizara repitiendo los canales para zonas no continuas, hasta completar la totalidad de las zonas que se tengan en la línea.

Lo anterior, es necesario ya a que de esta manera se tiene por un lado la cobertura individual y exclusiva de cada una de las zonas y por otro lado, en caso de que suceda algún tipo de avería en los equipos de transmisión-recepción, se pueda cubrir la comunicación con los equipos del canal que corresponda a la zona adyacente hasta que el equipo dañado, sea reparado.

Todos los enlaces necesarios entre los puestos y equipos de comunicación del sistema de radiotelefonía de trenes, que corresponden a los canales de operación deberán obedecer a un orden de prioridades en su establecimiento como se menciona a continuación:

Comunicaciones:

- PCC a Trenes.
- Trenes a PCC.
- PCC a Equipo Portátil.
- Equipo Portátil a PCC.
- Tren a Tren bajo autorización del PCC.
- Equipo Portátil a Equipo Portátil bajo autorización del PCC.
- Llamada Automática PCC a usuarios de un tren.
- Llamada PCC a usuarios con mensajes pregrabados.
- Conductor de tren a usuarios (pregrabadas).
- PCC a PML.
- PML a PCC.
- PML a Trenes.
- Trenes a PML.

3.1.2. Comunicación PCC a Trenes.

El regulador puede comunicarse con los conductores de los trenes que se encuentran en cualquier punto de la línea de la siguiente manera:

a) Con el conductor de un solo tren a través de la llamada selectiva, la cual se describe a continuación:

El regulador que requiera comunicarse con el conductor de un tren específico, deberá marcar en un teclado numérico el número de operación del tren con el que desea comunicarse, el cual deberá exhibirse en un indicador luminoso (display); posteriormente oprimirá el botón de mando provocando con ello la emisión del código del tren a todo el sistema de radiotelefonía, que realizara automáticamente su búsqueda por todas las zonas, cuando lo localice, a bordo de este tren deberá encenderse un indicador luminoso que de aviso de la llamada del PCC, además de que el indicador sonoro del microteléfono de la platina del tren se activara, informando de esta manera al conductor que existe una llamada proveniente del PCC; a su vez en los trenes que circulen en la misma zona o zonas que utilicen este canal, se encenderá un indicador luminoso para indicar que existe ocupación del mismo.

Para que se establezca la comunicación, el conductor del tren deberá descolgar su microteléfono respondiendo en ese momento al llamado del regulador para posteriormente recibir sus instrucciones. En el momento en que el conductor descuelgue el microteléfono, el equipo del tren deberá enviar el acuse de recibo al regulador de línea, el cual será reflejado en otro indicador luminoso (display) que se designara como "número recibido" en PCC. Al finalizar la conversación, el regulador oprime el botón de liberación o simplemente cuelga el

microteléfono, y el conductor del tren sólo colocara el microteléfono en su lugar con esto se restablecerá el sistema tanto en el PCC como en los trenes.

Para la asignación del número de circulación del tren, al inicio del servicio, solo en el caso de que el conductor desconozca dicho número deberá comunicarse con el regulador a quien le solicitará y le deberá dar el código o número con que va a circular dicho tren, entonces el conductor del tren a través de un teclado numérico programará dicho número y oprimirá el botón de validación, con ello se grabará en la lógica del sistema de radiotelefonía, para el proceso de emisión y recepción de la llamada selectiva.

b) Con los conductores de todos los trenes de una zona, a través de la llamada de zona, la cual se describe a continuación:

Si el regulador requiere comunicarse con uno o varios trenes que se encuentran en una zona determinada, deberá oprimir el botón correspondiente a la zona donde se encuentren el o los trenes en cuestión, iniciando a través del microteléfono la llamada mencionando el tren deseado; en todos los trenes y equipos portátiles que se encuentren en esa zona o zonas correspondientes a ese canal escucharán la llamada, y posteriormente la comunicación en forma completa. Si se trata de una zona terminal de línea, el encargado del puesto terminal podrá escuchar lo anterior, o simplemente se establecerá la comunicación con el grupo de trenes en la zona o zonas de ese canal.

La comunicación se realiza en el PCC, a través del micrófono descolgándolo de la platina; mientras que en el tren, los conductores establecerán la comunicación por medio del microteléfono de la platina y el altavoz.

Es importante mencionar que el conductor para emitir tiene que levantar el microteléfono y después, simplemente hablar por él. Para recibir comunicaciones, lo podrá hacer primeramente a través de la bocina monitora, y posteriormente a través del mismo microteléfono; además, mientras se tenga descolgado el microteléfono al indicador del número del tren que llama en la platina del radioteléfono del regulador permanecerá encendido. Para que los demás conductores que se encuentran en la misma zona puedan establecer la comunicación con el PCC, deberán esperar el orden de registro en memoria. Todos los trenes en esta zona escucharán las conversaciones.

Finalmente para terminar esta comunicación, el regulador deberá oprimir el botón de liberación, con el cual todos los indicadores de las platinas de radioteléfono del puesto central de control y de los trenes, pasaran a su condición normal de reposo.

c) con todos los conductores de los trenes que circulan en toda la línea, a través de la llamada general, la cual se describe a continuación:

Para el caso de que el regulador requiera hacer una llamada a todos los trenes de la línea, oprimirá el botón de llamada general, enlazando con ello todas las zonas de radiotelefonía,

en este caso en todas las cabinas de todos los trenes se encenderá el indicador luminoso correspondiente y se escuchará el mensaje del Puesto Central de Control.

Finalmente para terminar esta comunicación, el regulador deberá oprimir el botón de liberación, con lo cual todos los indicadores se apagaran y el sistema regresara a sus condiciones de reposo.

3.1.3. Comunicaciones Trenes a Puesto Central de Control.

Esta comunicación podrá llevarse a cabo de tres formas.

a) Llamada normal.

Cuando el conductor de un tren requiera hacer una comunicación con el regulador deberá hacer lo siguiente:

La llamada la genera el conductor al levantar el micrófono de la platina, lo que ocasionara que en la platina de radioteléfono del regulador, el indicador numérico muestre el número de operación del tren, se escuche la llamada del conductor del tren que hace la llamada, y la indicación de ocupación de la zona, entonces el enlace esta hecho, y el conductor podrá enviar su mensaje y este será escuchado en el Puesto Central de Control por el regulador.

Para contestar el llamado del conductor del tren, el regulador deberá oprimir el botón de llamada de zona donde se ubique el tren; posteriormente a esto se podrán enviar las indicaciones a través del microteléfono, en los trenes que se encuentren en la misma zona, se escuchará la comunicación.

El desarrollo de la comunicación conductor del tren-regulador y regulador-conductor del tren, se realizara como se describió en el punto anterior, así también la liberación de esta comunicación que invariablemente la hará el regulador.

b) Llamada de urgencia.

Cuando el conductor del tren requiera hacer una llamada de urgencia al regulador de la línea, lo primero que tiene que hacer es oprimir el botón de color amarillo de llamado de urgencia, esto ocasionara el anuncio de la llamada con su carácter de urgente en la platina de radioteléfono del regulador, es decir, se registrara el número del tren y deberá encenderse en forma intermitente un indicador luminoso color amarillo en la platina del regulador, indicando la zona donde ocurra la urgencia, encendiéndose en forma fija cuando la llamada sea reconocida, permaneciendo así hasta el término de la llamada.

En el caso de que exista otra llamada de urgencia en la misma zona, el botón correspondiente volverá a intermitir y si se presenta otra llamada de urgencia en otra zona, se encenderá en forma intermitente el indicador correspondiente de la misma.

La respuesta del regulador deberá ser inmediata, para luego tomar las acciones necesarias del caso. Los procedimientos de respuesta, comunicación y finalmente la liberación de la comunicación serán iguales a los descritos anteriormente.

c) Llamada de corte de corriente.

Cuando el conductor de un tren por algún motivo requiera de un corte de corriente, deberá oprimir el botón correspondiente en la platina de radiotelefonía del tren, lo que provocara el envío de una señal al Puesto Central de Control, que se reflejara en un indicador luminoso y acústico asociado a la zona en que ocurra este evento registrándose el número del tren que solicita el corte; dicho indicador será de color rojo y en el momento de la solicitud del corte de corriente encenderá intermitente, indicándole con ello que debe cortar la corriente de tracción en esa zona, apagándose cuando el conductor lo haya oprimido nuevamente; para notificarle que el corte ha sido efectuado.

3.1.4. Comunicación Puesto Central de Control a Equipo Portátil.

Cuando el regulador requiere hacer una comunicación con uno o varios agentes de transportes a través de los equipos portátiles en una zona determinada, deberá oprimir el botón de llamada de zona correspondiente, dado lo anterior, el regulador mandara su mensaje llamándolos portátiles.

La terminación de la comunicación se hará cuando el portátil accione su botón de emisión-recepción (E/R), y el regulador accione el botón de liberación.

3.1.5. Comunicación Equipo Portátil a Puesto Central de Control.

Cuando un equipo portátil requiere hacer la comunicación con el regulador de línea, deberá hacer lo siguiente:

La llamada la genera el equipo portátil al accionar el botón emisor/receptor (E/R), con ello, el portátil podrá enviar su mensaje que será escuchado por el regulador.

Para contestar al llamado del portátil, el regulador deberá oprimir el botón de llamada de zona correspondiente, para luego mandar la respuesta al llamado.

El desarrollo de la comunicación portátil-regulador y regulador-portátil, se realizara como se describió en la llamada de zona, así como la liberación de la comunicación.

3.1.6. Comunicación Tren a Tren bajo la autorización del PCC.

Cuando un tren requiere comunicarse con otro tren que se encuentra ubicado en la misma zona, el conductor previa autorización del regulador de línea, levantara el microtelefono, oprimirá el botón de comunicación entre trenes y efectuara la comunicación correspondiente, siendo escuchada y monitoriada en todo momento por el regulador; en este caso no existirá comunicación tren-tren entre zonas diferentes.

Nota 1: Las comunicaciones cabina a cabina y de conductor a usuarios, son comunicaciones propias del tren, que podrán efectuarse a través del interfon del mismo.

3.1.7. Comunicación Equipo portátil a Equipo Portátil bajo autorización del Puesto Central de Control.

Su utilización será dada cuando por algún motivo el conductor del tren tenga que abandonar la cabina de conducción, para atender algún suceso fuera del tren teniéndose que coordinase con otros equipos portátiles, y con el fin de que el regulador del Puesto Central de Control este enterado de lo que acontece, autorizando dicha comunicación al oprimir el botón de conexión.

3.1.8. Llamada automática Puesto Central de Control a Usuarios de un Tren.

Para el caso que el regulador requiera hacer una llamada a los usuarios de todos los trenes de una zona determinada, deberá oprimir en la platina de radiotelefono del Puesto Central de Control, el botón de la zona correspondiente seguido del botón "llamada a usuarios", y para cuando la llamada a usuarios sea en toda la línea oprimirá el botón de llamada general y después el de "llamada a usuarios", al termino del mensaje deberá oprimir el botón de liberación para volver el equipo a sus condiciones normales.

3.1.9. Llamada Puesto Central de Control a Usuarios con mensajes pregrabados.

En la platina de radiotelefono del Puesto Central de Control, se tiene los mandos para comandar el equipo de grabación, que permite difundir mensajes sonoros de excelente calidad constituidos a partir de anuncios almacenados bajo forma numérica en una memoria del sistema.

El procedimiento para su utilización es el siguiente:

El regulador de línea tiene un pequeño panel para este enlace, dentro de la platina de radioteléfono, con el cual a través de dos botones seleccionara el número del mensaje pregrabado que desea enviar a los trenes que será exhibido en un indicador numérico. Luego el regulador, oprime un botón de monitoreo que le permite la preescucha del mensaje antes de enviarlo, y una vez verificado que esta todo en forma correcta, el regulador tendrá que seleccionar la zona a cuyos trenes desea enviar el mensaje, oprimir el botón de zona o de llamado general según sea el caso, y posteriormente oprimir el botón de envío del mensaje.

El sistema deberá contar con la capacidad suficiente para almacenar 20 mensajes pregrabados en un tiempo máximo de tres minutos, y además sus envíos podrán ser repetidos automáticamente en intervalos programables desde un minuto hasta diez minutos, por otra parte en el Puesto Central de Control, se deberá contar con un dispositivo de programación de los mensajes en el pupitre del regulador.

3.3.10. Llamada Conductor de Tren a Usuarios (pregrabada).

El equipo de radiotelefonía del tren deberá estar equipado para mandar mensajes pregrabados con duración total de 120 segundos y en forma numérica en una memoria, como son: anuncios de partida, estaciones de correspondencia, etc., o indicaciones que sean oportunas.

Cuando el conductor del tren requiere dar un anuncio a los usuarios del tren que conduce, deberá realizar los siguientes pasos:

Seleccionar o digitalizar el número del mensaje pregrabado que desea enviar a los usuarios, el cual se exhibirá en un indicador numérico, para posteriormente oprimir el botón de envío que permite enlazar la sonorización del tren. Por lo tanto, el teclado deberá contener los dígitos 0 al 9. Cabe resaltar que este mensaje no interfiera en las comunicaciones del sistema.

3.1.11. Comunicación de Puesto de Control Central a Puesto de Maniobra Local.

Ver nota 2 indicado más adelante.

3.1.12. Comunicación del Puesto de Maniobra Local al Puesto Central de Control.

Ver nota 2 indicado más adelante.

3.1.13. Comunicación de Puesto de Maniobra Local a Trenes.

Ver nota 2 indicado más adelante

3.1.14. Comunicación de Trenes a Puesto de Maniobra Local.

Ver nota 2 siguiente .

Nota 2. Las cuatro comunicaciones anteriores se llevaran a cabo como si el puesto de maniobra local se tratara de un tren más en la zona terminal, tomando en cuenta que dicho puesto de maniobra local no contara con el dispositivo de numeración del tren, llamada de urgencia, llamada de corte de corriente, ni envío de mensajes a usuarios.

Esta platina contará con un botón que le permitirá comunicarse con los trenes de la zona terminal previa autorización del Puesto Central de Control.

3.2 Comunicaciones Permitidas.

Resumiendo las modalidades de comunicación que se requerirán establecer, a través del sistema propuesto son las siguientes:

PCC → Tren

- a.- Llamada selectiva .
- b.- Llamada de zona
- c.- Llamada general .

Tren → PCC

- a.- Llamada normal.
- b.- Llamada de urgencia.
- c.- Llamada de corte de corriente.

Llamada Normal Para Las Sigüientes Modalidades

- a.- PCC > ARL.
- b.- PCC > PML.
- c.- PCC > Portátil.

Llamada Normal Con La Autorización De PCC, Para Las Sigüientes Modalidades:

- a.- ARL > PCC.
- b.- PML > PCC.
- c.- Portátil > PCC.
- d.- Tren <> Tren.
- e.- Tren <> PML.
- f.- Tren <> Portátil.
- g.- PML <> Portátil.

El desarrollo de la comunicación de una petición de llamada esta sujeta a la aprobación del regulador, salvo cuando es el PCC quien hace la llamada.

3.3 Estructura General Del Sistema.

Los componentes del sistema de Radiotelefonía de trenes que deberán estar instalados en el Metropolitano Línea "B", para poder establecer las comunicaciones como ya fue descrito anteriormente, son los sigüientes:

- Un punto o sitio de control de las comunicaciones formada por el PCC.
- Puntos o sitios de comunicación ARL (dependiendo de cuantas zonas de tracción contará el Metropolitano línea "B").
- Dos puntos o sitios de comunicación EMB por cada tren.
- Dos platinas de maniobra local (PML).
- Dispositivos de cambio de frecuencias ACS TX(dependiendo del número de zonas de tracción).
- Red de cable radiante para los tramos subterráneos.
- Antenas yagi dispuestas en zonas al descubierto.
- Repetidores UHF (de acuerdo al estudio se definirá si son o no necesarios en el

Metropolitano línea "B")

- Acopladores para cable flexible y cable LCX.
- Los equipos embarcados se encontrarán situados en los vagones conductores de la siguiente forma:

- a. - En la motriz con cabina de conducción se encontrarán la platina tren, el altavoz y el microteléfono.
- b. - Sobre el techo de la misma motriz se encuentra la antena UHF.
- c. - Debajo de la motriz con cabina se encontrará instalada la antena inductiva.
- d. - En la motriz con cabina lado pasajeros debajo de uno de los asientos y protegido dentro de un cofre, se encontrará instalado el rack de gestión.

Nuevamente haremos referencia a la figura H.5 donde se muestra la distribución de los equipos embarcados.

Cabe aclarar que la distribución de los equipos embarcados estarán sujetos de acuerdo al tipo de módulo de tren que se integre al metropolitano línea B.

3.4 Ubicación De Puestos De Rectificación (P.R.).

En virtud de que aún no se ha definido la cantidad exacta de los Puestos de Rectificación (P.R.) para el Metropolitano de la Línea "B", se realizará a continuación un cálculo teórico para definir el número de P.R. y su ubicación aproximada.

Considerando los parámetros teóricos de la línea, procederemos a calcular lo siguiente:

Energía necesaria	=	Número de trenes en operación x 2 Vías x Velocidad comercial x Peso del tren x Consumo de tren.
Energía necesaria	=	30 trenes x 2 vías x 36 Km/Hr x 325 Ton x 100 Watts/Km x Hr / Ton.
Energía necesaria	=	70'200,000 Watts.
Energía necesaria	=	70,200 KWatts.

De acuerdo a la potencia entregada por cada P.R., tenemos:

Número de P.R. = Energía necesaria total / Potencia de cada P.R. x 0.9.

Donde 0.9 es un factor de seguridad.

Número de P.R. = 70,200 KWatts / 4,000 Kwatts X 0.9

Número de P.R. = 19.5 \cong 19 Puestos de Rectificación Necesarios para Línea "B".

Para la ubicación de los P.R. utilizaremos el criterio considerando los 2 P.R. extremos a 30m <math> < L < 150m</math>, supondremos 110m a eje de estación terminal, por lo tanto tendremos lo siguiente:

$$19 - 2 = 17 \text{ P.R. con 18 intervalos}$$

$$X = \{ \text{Longitud de Operación} - 2(\text{Longitud a Eje de estación}) \} / \text{Numero de Intervalos}$$

$$X = 20,067.071 - 2(110) / 18$$

$$X = 1102.61 \text{ m.}$$

Por lo tanto la longitud promedio de intervalos entre los 19 P.R. es igual a 1102.61m. De lo anterior es necesario hacer un último ajuste que es el de acercar a 200 m en promedio a los 2 últimos P.R. hacia las terminales.

$$X_1 = 1102.61 \text{ m} - 200 \text{ m}$$

$$X_1 = 902.61 \text{ m}$$

Por lo tanto, la distancia entre los P.R. restantes será igual a X_1 .

De donde:

$$X_2 = (\text{Longitud Total de Operación}) - 2 (X_1) - 2 (110)$$

si sustituimos valores, tenemos como resultado:

$$X_2 = 18,041.85 \text{ m.}$$

El valor de X_3 estará expresado de la siguiente manera:

$$X_3 = \frac{X_2}{16} = \frac{18,041.85}{16} = 1,127.61 \text{ m.}$$

Por lo tanto en la tabla siguiente se indica la cantidad de los P.R. en el Metropolitano Línea B con su respectivo cadenamiento (PK) ; asimismo en la figura III.1 se ilustra su ubicación correspondiente.

P.R. # 1	3+509.015
P.R. # 2	4+411.625
P.R. # 3	5+539.215
P.R. # 4	6+666.845
P.R. # 5	7+794.455
P.R. # 6	8+921.065
P.R. # 7	10+049.670
P.R. # 8	11+177.280
P.R. # 9	12+304.890
P.R. # 10	13+432.500
P.R. # 11	14+560.110
P.R. # 12	15+687.720
P.R. # 13	16+815.330
P.R. # 14	17+942.940
P.R. # 15	19+070.550
P.R. # 16	20+198.160
P.R. # 17	21+325.770
P.R. # 18	22+453.380
P.R. # 19	23+581.990

Con los datos que hasta el momento se han obtenido y considerando los servicios provisionales (S.P.)* de la Línea "B" procederemos a indicar los límites de zonas de tracción, los cuales serán indispensables para la aplicación del Sistema de Radiotelefonía de Trenes.

Por lo tanto, iniciaremos a partir de la terminal Cd. Azteca dirección a terminal provisional Buenavista**, el primer servicio provisional se encuentra ubicado en la cabecera norte de la estación Múzquiz (aparato de vía 11/21) por lo que el Puesto de Rectificación que dividirá una zona de otra deberá ser del tipo "Π" (pi), ya que éste realiza seccionamientos de zonas de tracción, mientras que el tipo "T" únicamente inyecta energía a las vías.

Analizando la ubicación de los P.R. el más próximo es el P.R. 4, luego entonces el límite de la zona A con una zona B se encuentra en el cadenamiento 6+666.845, (el hecho de asignar nomenclatura a la zona como por ejemplo: zona A, zona B, zona C, etc. es con el fin de diferenciar una de otra).

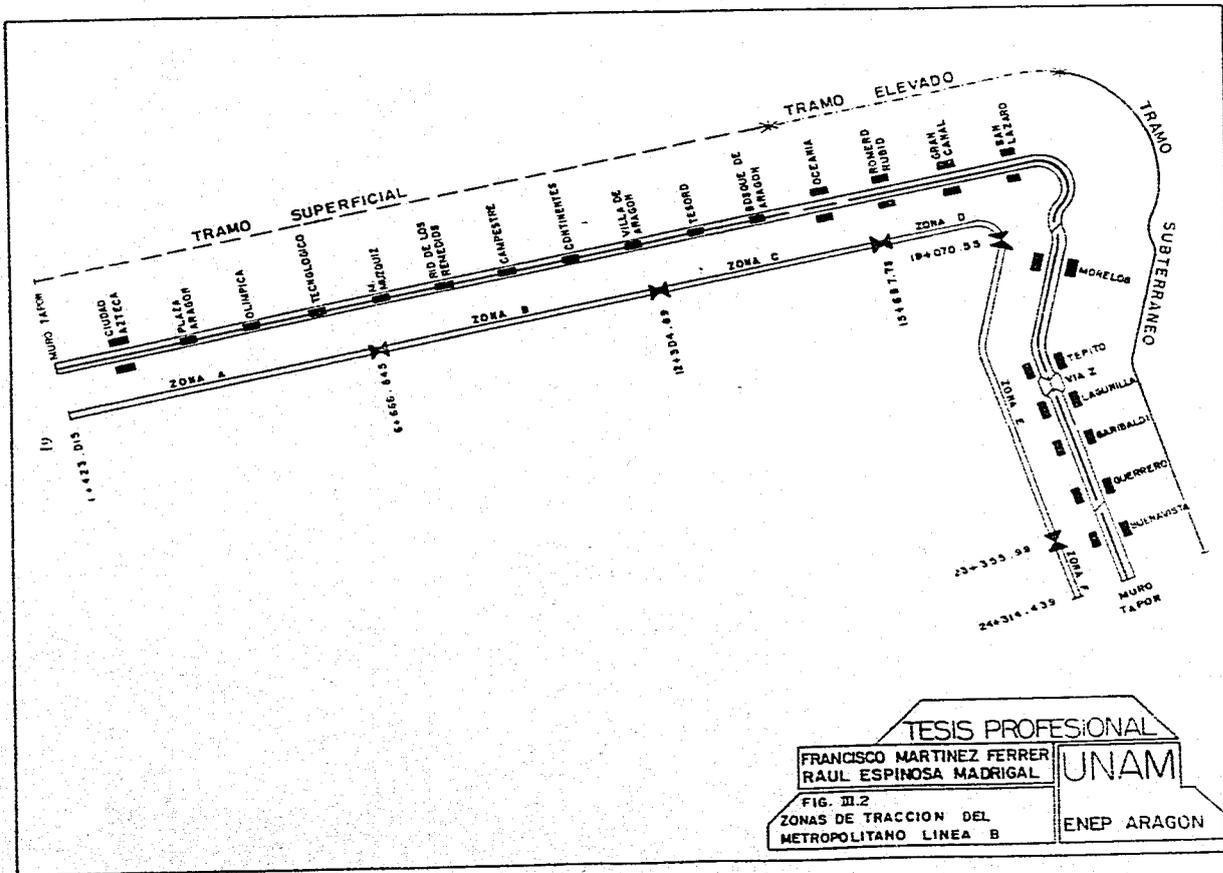
Con lo que se respeta a la ubicación de los demás límites de zonas se utilizará el mismo criterio anteriormente descrito, por lo consiguiente:

LIMITE DE ZONA	UBICACION
Zona A / Zona B	6+666.845
Zona B / Zona C	12+304.890
Zona C / Zona D	15+687.720
Zona D / Zona E	19+070.550
Zona E / Zona F	23+355.990

En la figura III.2 se observa la ubicación de los límites de zonas de tracción.

*Los servicios provisionales son aquellas estaciones en las que tendrán cercanas a éstas, aparatos de vía que permiten la comunicación de una vía a otra, y que por lo tanto, la estación funcionará como terminal provisional en tanto sea corregida la anomalía presentada en un tramo de operación de la Línea (antes o después de la estación en cuestión).

**Será terminal provisional la estación Buenavista debido a que la Línea "B" en una segunda etapa de construcción será ampliada hasta llegar al Hipódromo, pasando por el Colegio Militar, Anáhuac, San Joaquín e Irrigación de acuerdo al plan maestro del metro.



TESIS PROFESIONAL
 FRANCISCO MARTINEZ FERRER
 RAUL ESPINOSA MADRIGAL
 UNAM
 FIG. III.2
 ZONAS DE TRACCION DEL
 METROPOLITANO LINEA B
 ENEP ARAGON

CAPÍTULO 4

PRINCIPIO DE COBERTURA DE RADIOTELEFONÍA DE TRENES

4.1 Introducción.

La presencia de una gran parte de las redes metropolitanas, de partes "subterráneas" y partes "aéreas" acarrea disposiciones particulares de transmisión, sobre todo en túnel donde el empleo de antenas convencionales es poco eficaz.

El método de transmisión debe ser adaptado a la configuración de la red de circulación y al modo de explotación de la radiotelefonía de trenes.

4.2 Enlaces radioeléctricos en túneles.

Ensayos realizados con equipos trabajando en la banda de 150 Mhz y de las antenas convencionales han mostrado el menor interés de esta solución para establecer comunicaciones con los trenes. En efecto, la atenuación causada por la absorción de la energía de alta frecuencia por las paredes del túnel (hasta 40dB/100 m para un túnel derecho) hacía el sistema inexplorable. Las investigaciones fueron orientadas hacia otros sistemas y particularmente hacia el empleo de una línea de transmisión.

Apareció que la solución eficaz sería el empleo de una línea que asegurara por una parte la transmisión de la energía HF a lo largo del túnel con la más pequeña atenuación posible, y por otra parte la radiación de una parte suficiente de esta energía para asegurar un campo conveniente en el túnel, los primeros ensayos conducidos con una línea bifilaria mostraron la posibilidad de establecer un enlace radioeléctrico en túnel.

Sin embargo, hay que admitir que el poder de cubierta de un equipo instalado en un túnel queda muy inferior al del mismo equipo instalado en aéreo.

La línea bifilaria ha mostrado su eficacia en algunas instalaciones pero tiene límites tales como la frecuencia de utilización y la influencia del medio ambiente (montaje, polvo, humedad).

La técnica de transmisión se dirige hacia el empleo del cable coaxial hendido que no es tan sensible a las influencias exteriores como polvo y humedad y puede ser utilizado hasta frecuencias elevadas.

Los diferentes tipos de cables existentes son basados en un principio uniforme de construcción, proviniendo de una serie de ensayos.

La armadura es un conductor lleno o un tubo de cobre, la isolación es de polietileno compacto o dilatado, el conductor exterior es de una banda de cobre estampado que cubre cerca de 70% de la superficie de isolación y la protección exterior es un polietileno negro.

Los ensayos especiales efectuados para determinar la construcción que ofrece menos pérdidas posible para una radiación de base, han conducido a adoptar como conductor exterior una banda abierta en su longitud: cable coaxial hendido (LCX).

4.3 Principios De Funcionamiento.

El principio básico de la Radiotelefonía de Trenes, es el intercambio de la información, entre los trenes y el equipo fijo, por medio de radio comunicaciones. Dentro de los tramos subterráneos el medio utilizado en lugar de antenas convencionales es un cable radiante con pérdidas LCX (Leaky Coax); siendo estas pérdidas las que permiten radiar las señales que vienen de las bases.

El cable radiante tiene a todo lo largo, una serie de orificios y que al hacerle circular señales de radio (por ejemplo, de alta frecuencia UHF), a través de él, permite la fuga de estas señales a lo largo de este tipo de cable (LCX). Esto es válido en los dos sentidos, es decir, que el paso de señales electromagnéticas a través de los orificios es en los dos sentidos (desde y hacia el conductor central). Lo anterior, hace que el cable radiante LCX se comporte como una antena con un patrón omnidireccional de radiación, ver figura II.2

La ventaja de un dispositivo radiante de este estilo considerando su posición (en la parte superior de los túneles), es la de encontrarse a una distancia constante de los equipos emisores/receptores del equipo embarcado, por lo tanto, el nivel de las señales de comunicación es en principio, constante en toda la zona en que se encuentre tendido el cable.

Cabe aclarar que la utilización de antenas convencionales en las zonas subterráneas, es casi imposible a causa de los efectos de absorción y atenuación de los túneles. Sin embargo, la radiotransmisión en zonas al descubierto se efectúa por medio de antenas convencionales tipo yagi (Ver anexo 2).

4.4 Método Para Evaluar La Cobertura De Radiotelefonía En Túnel.

Las características de transmisión del cable LCX, en el sentido longitudinal son definidas como para los cables HF ordinarios por la impedancia característica, la atenuación en función de la longitud y el tiempo de propagación.

La característica principal de la radiación es la atenuación de acoplamiento que se indica en decibeles (dB) y representa la tensión, en el cable y la tensión en una antena móvil. La radiación se mide generalmente con un dipolo de media longitud de onda colocado a una distancia fija del cable (2 metros por ejemplo); además de la atenuación longitudinal y la atenuación de acoplamiento, el cálculo de cubierta debe tener en cuenta un factor de utilización porque la atenuación de acoplamiento generalmente indicada por los fabricantes es un valor ideal que no tiene en cuenta el medio ambiente; este cálculo debe también tener en cuenta las pérdidas causadas por el enlace de los emisores-receptores y la introducción de los varios circuitos en función de la red (acopladores, duplexores, etc)

No conociendo, lo más a menudo, las características de un túnel, frente a las reflexiones, la absorción y la propagación, es prudente hacer intervenir un factor de seguridad en el cálculo de cubierta

4.4.1 Aplicación A La Telefonía De Trenes.

Los enlaces entre trenes y estaciones se hacen por el intermedio de un cable hendido en túnel y una ó varias antenas en aéreo. Una estación fija ataca generalmente 4 secciones de cable (1 por túnel, 1 por dirección) ó una antena. Para limitar los problemas de interferencia se utilizan dos frecuencias en los enlaces fijo-móvil; las estaciones fijas emiten en F1 ó en F2 según su paridad a lo largo de la Línea. El receptor tiene un sistema automático que busca el canal de tráfico de la zona donde está.

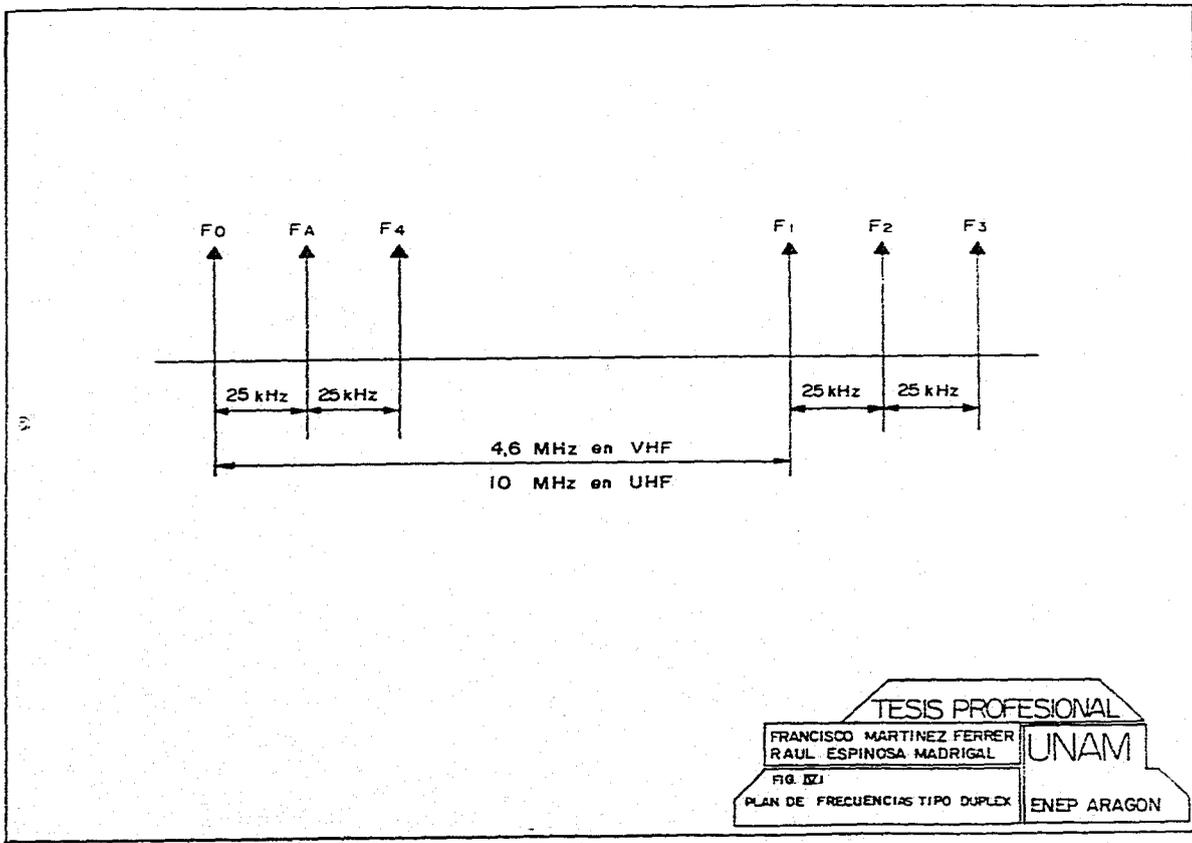
Los enlaces en el sentido móvil-fijo se hacen en una tercera frecuencia F.O., otra F.A. se utiliza para los enlaces de alarma vigilancia y eso sólo es en sentido móvil-fijo. Esta frecuencia se detecta por las estaciones fijas cualesquiera que sea el tráfico en las otras frecuencias

El tráfico en los talleres (aéreo) se hace con otro par de frecuencias (F3, F4), hay sólo una base y la radiación se hace por una antena.

En lo que se refiere al enlace de alarma vigilancia, el bucle de mando del móvil cerrado durante un tiempo t determinado acarrea la emisión del móvil en el canal FA.

4.4.2 Plan De Frecuencias.

La frecuencia de alarma debe ser recibida en todos los casos, pues un plan de frecuencias del tipo dúplex es de acuerdo a la figura IV.1.



TESIS PROFESIONAL
 FRANCISCO MARTINEZ FERRER
 RAUL ESPINOSA MADRIGAL
 UNAM
 FIG. 121
 PLAN DE FRECUENCIAS TIPO DUPLEX
 ENEP ARAGON

Los enlaces de telefonía se hacen en alternancia sobre los pares

- F0-F1
- F0-F2
- F4-F3

El enlace alarma vigilancia se hace sobre F.A., en la dirección trenes hacia PCC únicamente.

4.4.3 Esquema General.

La Estación Fija "Talleres".

Tiene un emisor-receptor funcionando en alternancia (recepción sobre F3-emisión sobre F4). Este equipo estará instalado en un armario con alimentación red y explotado en una distancia corta.

Las Estaciones Fijas "Línea".

Son constituidas por emisores-receptores dúplex funcionando sobre un par de frecuencias seleccionado por conmutación interna ó sea:

- Recepción sobre F0-emisión sobre F1 (base impar).
- Recepción sobre F0-emisión sobre F2 (base par).

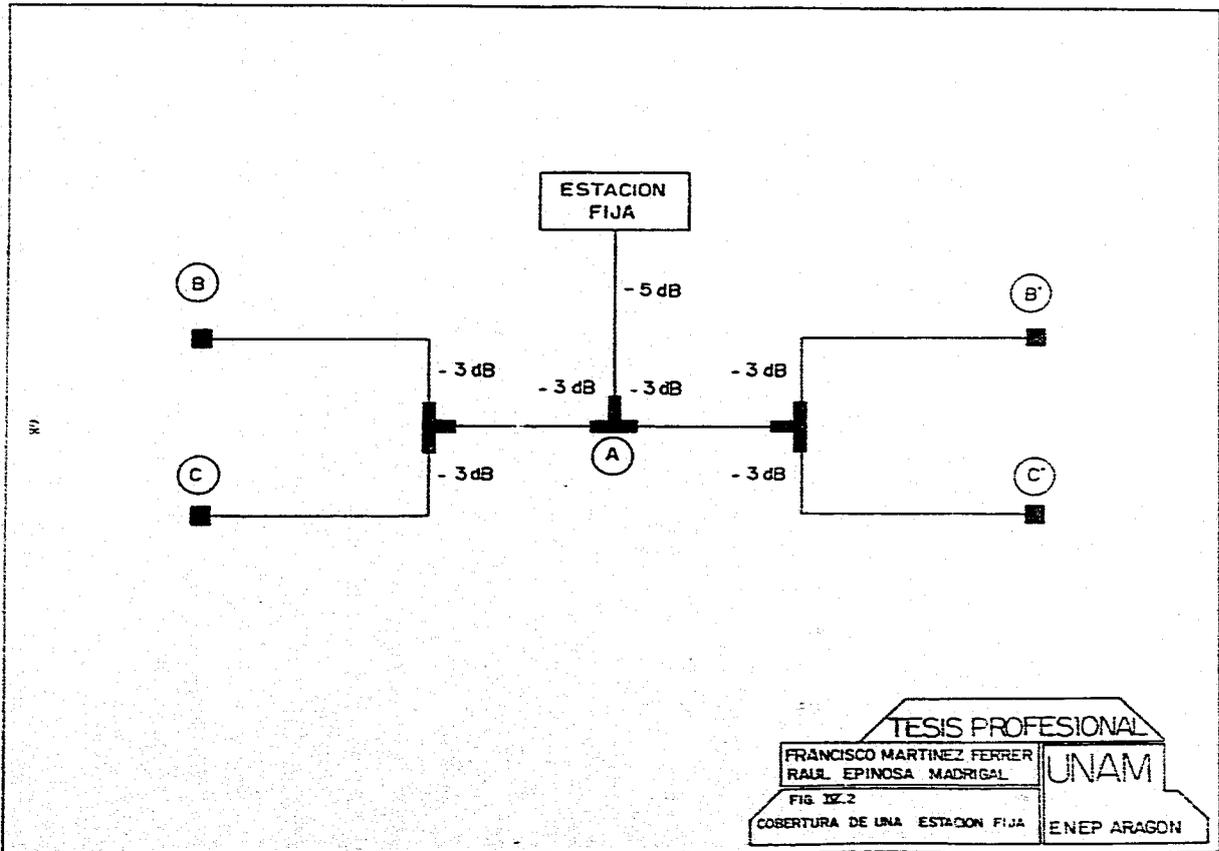
Las estaciones fijas tienen además un receptor FA para la alarma vigilancia.

Para permitir enlaces entre los trenes circulando en la misma zona de tracción toda emisión del tren en F0 está inmediatamente transmitida por todas las estaciones fijas del sector, sobre F1 ó F2 según su paridad en la Línea. El equipo del PCC da el mando de retransmisión.

Los Puestos Móviles.

Son emisores-receptores funcionando alternadamente según dos modos de explotación:

- a) Enlaces de Línea
 - Emisión sobre F0
 - Recepción sobre F1 ó F2



TESIS PROFESIONAL
 FRANCISCO MARTINEZ FERRER
 RAUL EPINOSA MADRIGAL
 UNAM
 FIG. IX.2
 COBERTURA DE UNA ESTACION FIJA
 ENEP ARAGON

- Fu = Factor de utilización (+ 15 dB, - 15 dB)
- Fs = Factor de seguridad (100 m) = 3.3 dB en VHF; 6.8 dB en UHF
- Pc = Pérdidas de acoplamiento en la estación fija = 5 + 3 + 3 = 11 dB
- Pi = Pérdidas de inserción = 1.7 dB
- Al = Atenuación longitudinal del cable = 33 dB/Km en VHF; 68 dB/Km en UHF

Considerando un emisor de 10 Watts (W) adaptado a un cable de impedancia característica de 50 Ohms (Ω) y un receptor de 0.5 micro-volts (μ V) de sensibilidad, tenemos lo siguiente:

$$A_{max} = 20 \log \frac{U_1}{U_2} \text{ ----- (2)}$$

$$A_{max} = 20 \log \left[\frac{(10 * 50) \exp \frac{1}{2}}{(0.5 * 10 \exp - 6)} \right]$$

$$A_{max} = 153.019 \text{ dB}$$

Aplicando la ecuación 2 para VHF se tiene:

$$L = [153 \text{ dB} - 70 \text{ dB} - 15 \text{ dB} - 3.3 \text{ dB} - 11 \text{ dB} - 1.7 \text{ dB}] / 33 \text{ dB} / \text{ Km}$$

$$L = 1.575 \text{ Km}$$

Entonces una estación fija puede cubrir en VHF 3.150 Km.

Aplicando la ecuación (2) para UHF se tiene:

$$L = [153 \text{ dB} - 70 \text{ dB} - 15 \text{ dB} - 6.8 \text{ dB} - 11 \text{ dB} - 1.7 \text{ dB}] / 68 \text{ dB} / \text{ Km}$$

$$L = 0.713 \text{ Km}$$

Entonces una estación fija puede cubrir en UHF 1.426 Km.

La cobertura radio a implantarse en el Metropolitano Línea "B" se efectuará en dos formas:

- A). - En túnel por cable LCX.
- B). - En aéreo por antena.

4.5 Cobertura De Radio En El Túnel.

Para analizar la cobertura de radio en el túnel, hay que tener en cuenta las atenuaciones del ARL, los equipos en Línea, las pérdidas de acoplamiento entre LCX y antena móvil, los niveles de salida de transmisión y el nivel mínimo de recepción.

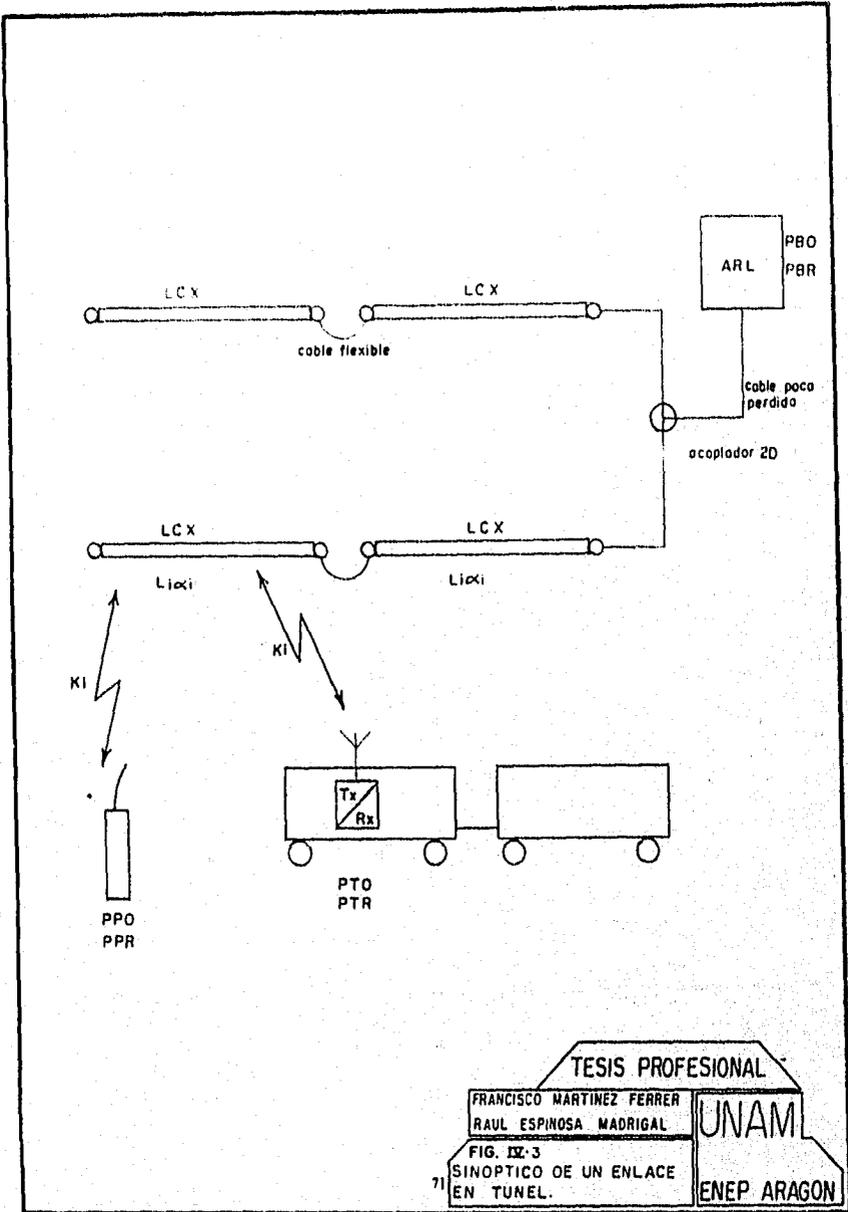
El nivel mínimo de recepción se calcula con la siguiente expresión:

$$Pr = Po - Ab - AL - \sum Li \alpha i - Ki - As - Am \text{ -----(3)}$$

Donde:

- Pr = Potencia recibida por radio fijo ó móvil [dBm].
- Po = Potencia transmitida por radio fijo ó móvil [dBm].
- Ab = Atenuación del ARL [dB].
- AL = Atenuación en Línea (acopladores, cable poca pérdida, ganancia de los repetidores UHF..) [dB].
- Li = Longitud del cable LCX tipo i [Km].
- αi = Atenuación longitudinal del cable LCX tipo i [dB/Km].
- Ki = Atenuación de acoplamiento del cable LCX tipo i [dB].
- As = Tolerancia del sistema, incluye reserva (temperatura, envejecimiento,...) y el fading.
- Am = Atenuación de los móviles (tren o portátil) [dB].

La ecuación 3 representa la potencia recibida por los radios móviles (trenes o portátiles) desde el armario radio en Línea (ARL) o viceversa. En la figura IV.3. se observa sinópticamente un enlace en túnel.



TESIS PROFESIONAL

FRANCISCO MARTINEZ FERRER
RAUL ESPINOSA MADRIGAL

UNAM

71 | FIG. IX-3
SINOPTICO DE UN ENLACE
EN TUNEL.

ENEP ARAGON

4.5.1 Cálculo En dB Del Equipo Fijo (ARL).

Niveles de entrada/salida del equipo de radio.

La salida directa del transmisor es igual a 10 Watts.

La sensibilidad de recepción medida a la entrada del bloque de radio es inferior a $1 \mu V$ para 20 dB de relación señal a ruido.

Por lo tanto el modelo de cálculo de los equipos fijos ARL es

- A).- Potencia de salida de TX/RX $P_{Bo} = 10 W = 40 \text{ dBm}$
B).- Nivel mínimo de entrada del TX/RX $P_{Br \text{ min}} = 1 \mu V = -107 \text{ dBm}$.
C).- La atenuación del ARL (A_b) esta compuesta de :

Atenuación del circuito de conmutación normal/socorro	= 1 dB.
Atenuación del acoplador de 2 direcciones	= 3 dB.
Atenuación del cable poca pérdida entre ARL y LCX (100 m de 4.6/50)	= 6 dB.
Atenuación del duplexor	= 3 dB

De lo anterior tenemos que:

$$A_b = 1 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 6 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$A_b = 13 \text{ dB}.$$

4.5.2 Atenuación Del Tren.

El bloque radio es del mismo tipo que el bloque utilizado en los ARL, los niveles de entrada/salida son iguales:

$$P_{To} = 10 W = 40 \text{ dBm}.$$

$$P_{Tr \text{ mínimo}} = 1 \mu V = -107 \text{ dBm}.$$

La atenuación de los trenes (A_t) esta compuesta de :

- A).- Atenuación del cable de antena = 1 dB.
B).- Ganancia de la antena = -3 dB (atenuación negativa).

Entonces:

$$A_t = 1 \text{ dB} + (-3 \text{ dB}).$$

$$A_t = -2 \text{ dB}.$$

4.5.3 Características De Los Equipos En Línea.

En Línea se contará con diferentes tipos de cables y acopladores de las siguientes características de atenuación:

Cable poca pérdida tipo 4.6/50	= 6 dB/100m.
Cable poca pérdida tipo 9.3/50	= 3 dB/100m.
Acoplador 2 direcciones (2D)	= 3 dB.
Cable LCX tipo i = 1 (HW47)	α_1 = 26 dB/Km.
	K1 = 65 dB.
Cable LCX tipo i = 2 (HW46)	α_2 = 32 dB/Km.
	K2 = 55 dB.

4.5.4 Tolerancia Del Sistema (AS).

El fabricante del cable LCX aconseja utilizar un margen de seguridad (AS) permitiendo garantizar el funcionamiento correcto.

Este margen toma en cuenta el tiempo de servicio y el ambiente del cable LCX.

Para una probabilidad de funcionamiento de 95% de los lugares operacionales y 95% de los tiempos, estas reservas son:

Reserva de instalación	= 3 dB.
Reserva de envejecimiento	= 3 dB.
Reserva de antena	= 3 dB.
Reserva de temperatura	= 3 dB.
Reserva de fading	= 15 dB.

Por lo que la suma de los conceptos enunciados corresponderán a la tolerancia del sistema:

$$AS = 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 15 \text{ dB.}$$
$$AS = 27 \text{ dB.}$$

4.5.5 Tabla Recapitulativa

ARL	$P_{Bo} = 40 \text{ dBm (10W)}$ $P_{Br \text{ mínimo}} = -107 \text{ dBm (1 } \mu \text{ V)}$ $A_b = 13 \text{ dB}$
TREN	$P_{To} = 40 \text{ dBm (10W)}$ $P_{Tr \text{ mínimo}} = -107 \text{ dBm (1 } \mu \text{ V)}$ $A_t = -2 \text{ dB}$
PORTÁTIL	$P_{Po} = 33 \text{ dBm (2W)}$ $P_{Pr \text{ mínimo}} = -107 \text{ dBm (1 } \mu \text{ V)}$
Tolerancia Del Sistema	$A_S = 27 \text{ dB}$
Cable 4.6/50	$= 6 \text{ dB/100m}$
Cable 9.3/50	$= 3 \text{ dB/100m}$
Acoplador 2D	$= 3 \text{ dB}$
LCX Tipo $i = 1$	$\alpha_1 = 26 \text{ dB/Km} \quad K_1 = 65 \text{ dB}$
LCX Tipo $i = 2$	$\alpha_2 = 32 \text{ dB/Km} \quad K_2 = 55 \text{ dB}$

4.6 Estudio De Cobertura De Radio.

Para hacer un estudio de radio lo más cercano de la realidad se debe tomar en cuenta el caso más crítico que en este caso es el enlace portátil-ARL.

Entonces la simulación de cobertura radio por una zona es realizada con:

Potencia de emisión $P_o = 2W$ (33 dBm) ARL o Portátil Nivel Mínimo de recepción

$P_r \text{ mínimo} = 1 \mu \text{ V (-107 dB)}$

Retomando la ecuación 3:

$$P_r = P_o - A_b - A_t - \sum L_i \alpha_i - K_i - A_L - A_S$$

Donde:

- Pr = Nivel de recepción. = -107 dBm mínimo
- Po = Potencia del transmisor. = 33 dBm
- Ab = Atenuación del ARL. = 13 dB
- At = Atenuación del tren. = 0 dBm (portátil)
- Liαi = Suma de las atenuaciones longitudinales de los cables LCX de tipo i.
- Ki = Atenuación de acoplamiento del cable LCX de tipo i.
- AL = Atenuación de Línea (acopladores, cables de poca pérdida...)
- AS = Tolerancia del sistema.

Como se observa, la prioridad de un estudio correspondiente a la cobertura radio es tener como nivel de recepción mínimo -107 dBm.

La ecuación del nivel sobre el cable LCX (NT) es igual a:

$$NT = P_o - A_b - \sum L_i \alpha_i - A_L - A_S \text{-----(4)}$$

4.7 Cobertura De Radiotelefonía En Zona Aérea.

El cálculo de la cobertura de radiotelefonía en zona aérea se efectúa con la fórmula siguiente:

$$L_o \text{ máximo} = P_o - P_r \text{ mínimo}$$

En la cual:

- Lo máximo = Pérdida máxima de propagación en el aire en dB.
- Po = Nivel de transmisión de la antena [dB].
- Pr mínimo = Nivel de recepción mínima (-107 dB).

Las pérdidas del espacio libre también se calculan con la siguiente fórmula:

$$L_o = 32.5 + 20 \text{ Log } f + 20 \text{ Log } d \text{-----(5)}$$

En la cual:

- f = Frecuencia de transmisión [MHz].
- d = Distancia de cobertura de radiotelefonía [Km].

Estas fórmulas sólo dan un valor indicativo para el cálculo teórico y es imprescindible verificarlo en una campaña de medidas en el sitio antes de empezar la instalación.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DEL SISTEMA DE RADIOTELEFONÍA DE TRENES EN EL METROPOLITANO LÍNEA B

Con los datos que hasta el momento se cuentan haremos el estudio de la cobertura de radiotelefonía de trenes de la Línea B apoyándonos en la figura V.1 que contiene los datos necesarios.

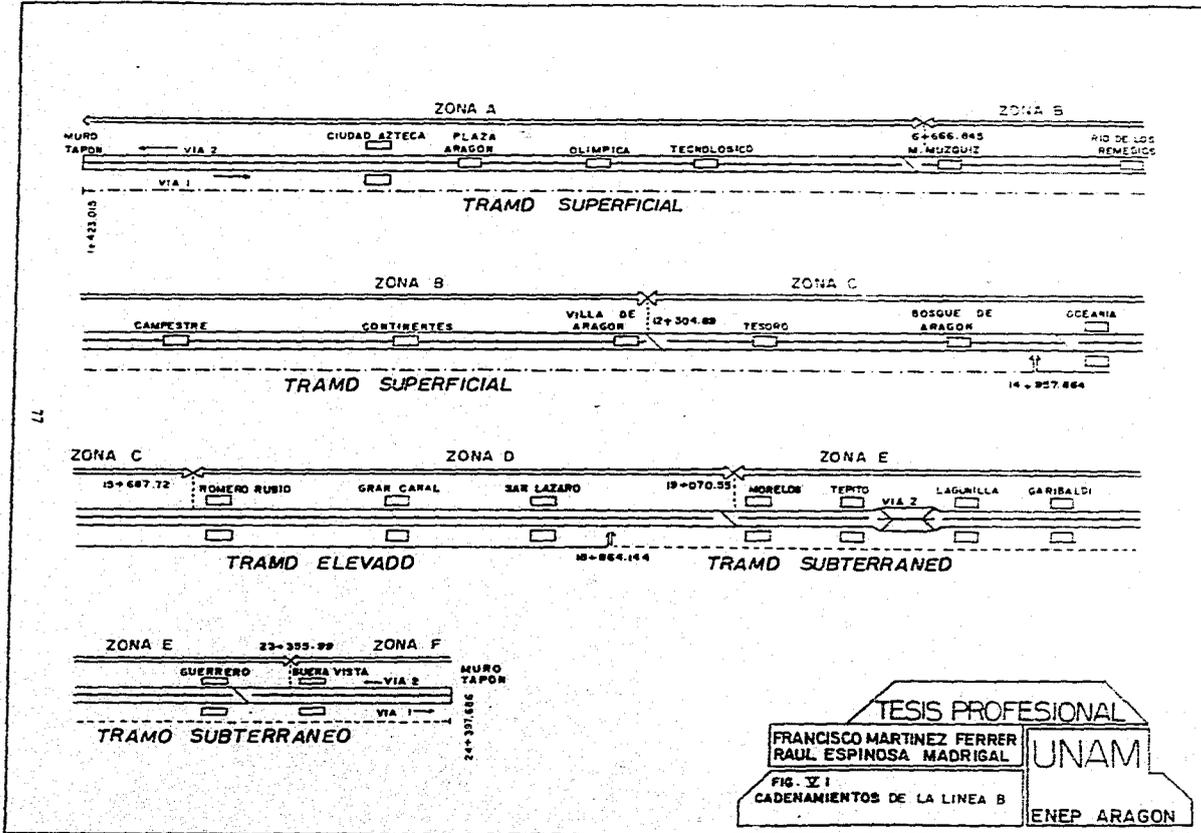
Primero que nada como se ha mencionado existirá un armario ARL por cada zona de tracción, este se ubicará en el local técnico de la estación que estará en algunos casos próximo a la zona de tracción, iniciaremos con la zona F. Debido a que esta zona tiene únicamente la estación terminal provisional Buenavista se colocará un armario en el local técnico*, para su ubicación tomaremos como referencia el cadenamiento de eje de estación (23+466.086).

El cálculo lo haremos primeramente de un extremo (muro tapón) hacia la estación Buenavista y posteriormente de la estación Buenavista hasta el límite de zona F con zona E; con esto analizamos toda la zona F.

Consideraremos en cada límite de zona en el tramo subterráneo prolongar cable LCX aproximadamente 50 m adicionales, con la finalidad de asegurar la conmutación de cambio de canal 1 a canal 2, sin pérdida de la señal en cuestión.

Asimismo se tomará como longitud máxima por carrete de cable LCX 600 m, ya que el fabricante recomienda esta longitud para no tener problemas durante las maniobras de instalación. El peso del cable LCX equivale a 1600 Kg/Km (Se debe considerar además el peso del carrete donde se embobina el cable que para una longitud de 600 m es igual a 480 Kg adicionales); por lo que estamos hablando de un peso bruto de aproximadamente 1,440 Kg con un diámetro de 2 m y ancho de 1.5 m por cada carrete con longitud de 600 m.

* Hay que recordar que los locales técnicos, son aquellos que tienen cada una de las estaciones en el cual se colocan estratégicamente de tal manera que se puedan alojar todos los armarios de todos los automatismo como son: Telefonía directa y automática, telefonía de alta frecuencia, pilotaje automático, mando centralizado y señalización.



77

5.1 Cálculo De La Cobertura De Radiotelefonía En El Tramo Subterráneo.

Cálculo de la Zona F.

Con los valores establecidos de algunos parámetros de la ecuación 3 como son:

- | | |
|------------------------------|---------------|
| a) - Equipo fijo | (Ab) = 13 dB. |
| b) - Tolerancia del sistema | (AS) = 27 dB. |
| c) - Potencia de transmisión | (Po) = 33 dB. |
| d) - Atenuación en Línea | (AL) = 3 dB. |

y conociendo las características de los cables poca pérdida, acopladores y cable LCX (ver características de los equipos en línea, capítulo 4) procederemos al cálculo de la cobertura de radiotelefonía de la zona F como se muestra en la figura V.2.

Longitud superior de la zona F con respecto al ARL	Cadenamiento del muro - tapón	Cadenamiento del eje de la estación Buenavista
=	24+397.686	- 23+466.086
=	931.600 m	

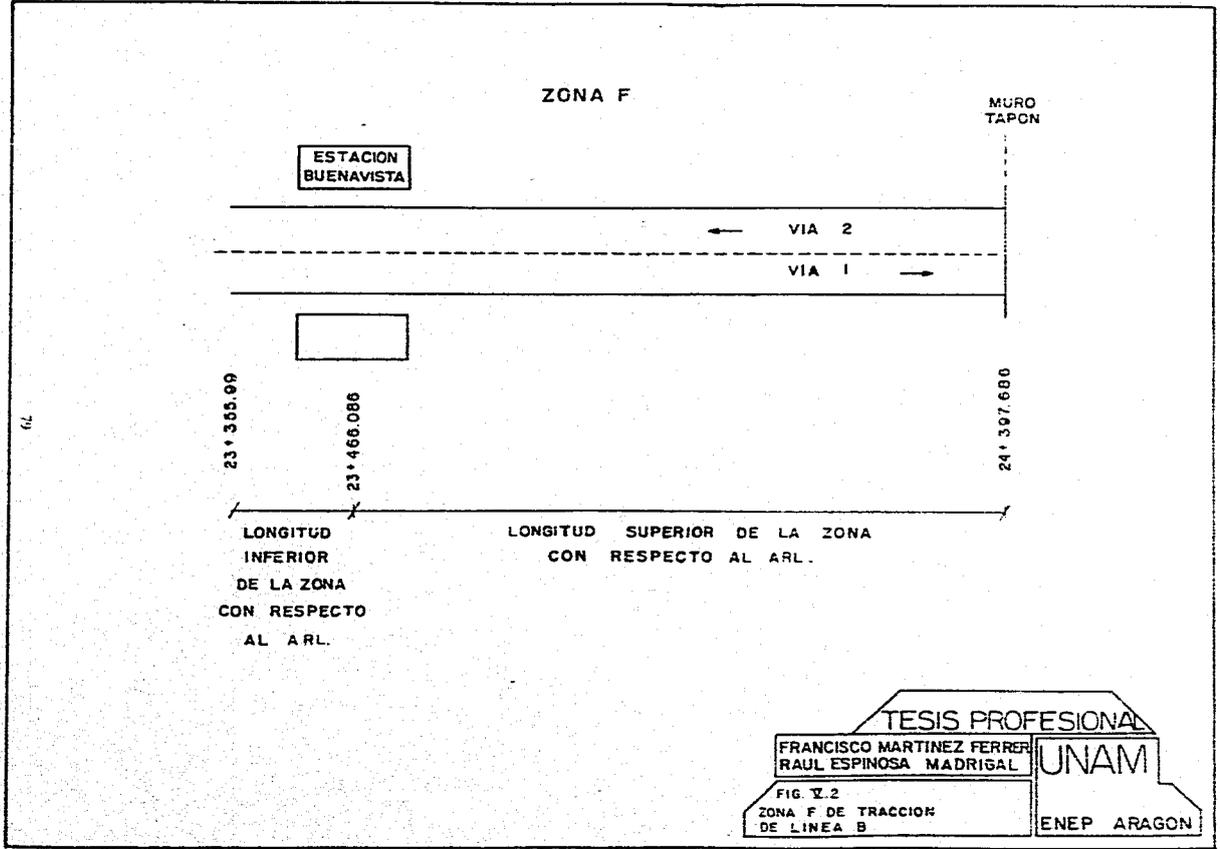
Para el tramo superior se deberá utilizar cable LCX tipo HW47 con las características siguientes:

$$\alpha_1 = 26 \text{ dB/Km}$$
$$K_1 = 65 \text{ dB}$$

Para el tramo inferior utilizaremos también el cable LCX HW47, por lo que :

Longitud inferior de la zona F con respecto al ARL	Cadenamiento del eje de la estación Buenavista	Cadenamiento del limite de la zona - 50m adicionales de traslape.
=	23+466.086	- (23 + 355.99 - 50)
=	60.096 m	

ESTA TESIS HA DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



TESIS PROFESIONAL
FRANCISCO MARTINEZ FERRER
RAUL ESPINOSA MADRIGAL
UNAM
FIG. V.2
ZONA F DE TRACCION
DE LINEA B
ENEP ARAGON

Entonces para este tramo se define que:

$$\alpha_1 = 26 \text{ dB/Km}$$

$$K_1 = 65 \text{ dB}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 3 para la cobertura superior de la zona se obtiene lo siguiente:

$$Pr = Po - Ab - \sum Li\alpha_i - K_i - AL - AS$$

$$Pr = 33 \text{ dBm} - 13 \text{ dB} - (0.9316 \times 26) \text{ dB} - 65 \text{ dB} - 3 \text{ dB} - 27 \text{ dB}$$

$$Pr = 33 \text{ dBm} - 13 \text{ dB} - 24.22 \text{ dB} - 65 \text{ dB} - 3 \text{ dB} - 27 \text{ dB}$$

$$Pr = -99.22 \text{ dB}$$

Para la cobertura inferior de la zona F es igual a .

$$Pr = 33 \text{ dBm} - 13 \text{ dB} - (0.060 \times 26) \text{ dB} - 65 \text{ dB} - 3 \text{ dB} - 27 \text{ dB}$$

$$Pr = -76.56 \text{ dB}$$

Como se observa en ninguno de los dos resultados anteriores (-99.22 dB y -76.56 dB) se rebasa el nivel mínimo de recepción (-107 dBm), por lo que no existirán problemas durante las transmisiones y recepciones entre tren y PCC (debido a que se encuentran dentro del rango de recepción).

De lo anterior hay que recordar que el fabricante del cable LCX recomienda la fabricación de dicho cable como máximo 600 m de longitud por cuestiones de maniobras durante su instalación; por tal motivo la longitud superior de la zona F que es 0.9316 Km representa también la longitud que deberá instalarse de cable LCX, por lo que dividiremos esta longitud en dos de tal manera que se obtendrán dos tramos de 0.4658 m, por lo tanto se deberá solicitar un pedido de fabricación de cable LCX para la zona F considerando un margen de seguridad en la fabricación del 10% adicional, por lo consiguiente se requerirán tres carretes para la zona F con las siguientes características:

Número de carrete	Longitud (m)	Longitud de fabricación total (m) considerando 10% adicional
1	465.80	512.38
2	465.80	512.38
3	60.06	66.09

Después de haber analizado la zona F, procederemos a dibujar la simbología de como estarán distribuidos los cables y equipos en la misma, ver tabla V.1 y figura V.3.

5.1.2 Cálculo De La Zona E De La Línea B.

Realizando el mismo procedimiento que la zona F procederemos a lo siguiente (ver la figura V.4.)

1º Ubicaremos el armario de radiotelefonía (ARL) en la estación más cercana al centro de la zona.

2º Calcularemos la cobertura de radiotelefonía de la longitud superior de la zona E con respecto al ARL.

3º Calcularemos la cobertura de radiotelefonía de la longitud inferior de la zona E con respecto al ARL.

Siguiendo el procedimiento anterior la ubicación del armario ARL, estará tentativamente en la estación Lagunilla (PK 21+265.193). De acuerdo a los resultados que se obtengan más adelante se confirmará si es conveniente o no la ubicación del ARL en dicha estación.

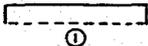
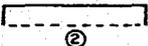
$$\begin{aligned}
 \text{Longitud superior de la} & \quad \text{Cadenamiento del límite} - \text{Cadenamiento del eje de la} \\
 \text{zona E con respecto al} & \quad \text{de zonas E y F} + 50 \text{ m} \quad \text{estación Lagunilla.} \\
 \text{ARL} & \quad \text{adicionales de traslape.} \\
 & = 23 + 355.99 + 50 \quad - \quad 21 + 265.193 \\
 & = 2140.79 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Utilizando el mismo cable radiante LCX tipo HW47 y sustituyendo valores en la ecuación 3 para la cobertura de la longitud superior de la zona E, se obtiene lo siguiente:

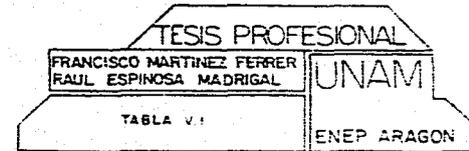
$$\begin{aligned}
 Pr &= Po - Ab - \sum Li\alpha_i - Ki - AL - AS. \\
 Pr &= 33 \text{ dBm} + 13\text{dB} - (2.14079 \times 26)\text{dB} - 65\text{dB} - 3\text{dB} - 27\text{dB} \\
 Pr &= -130.66\text{dB}.
 \end{aligned}$$

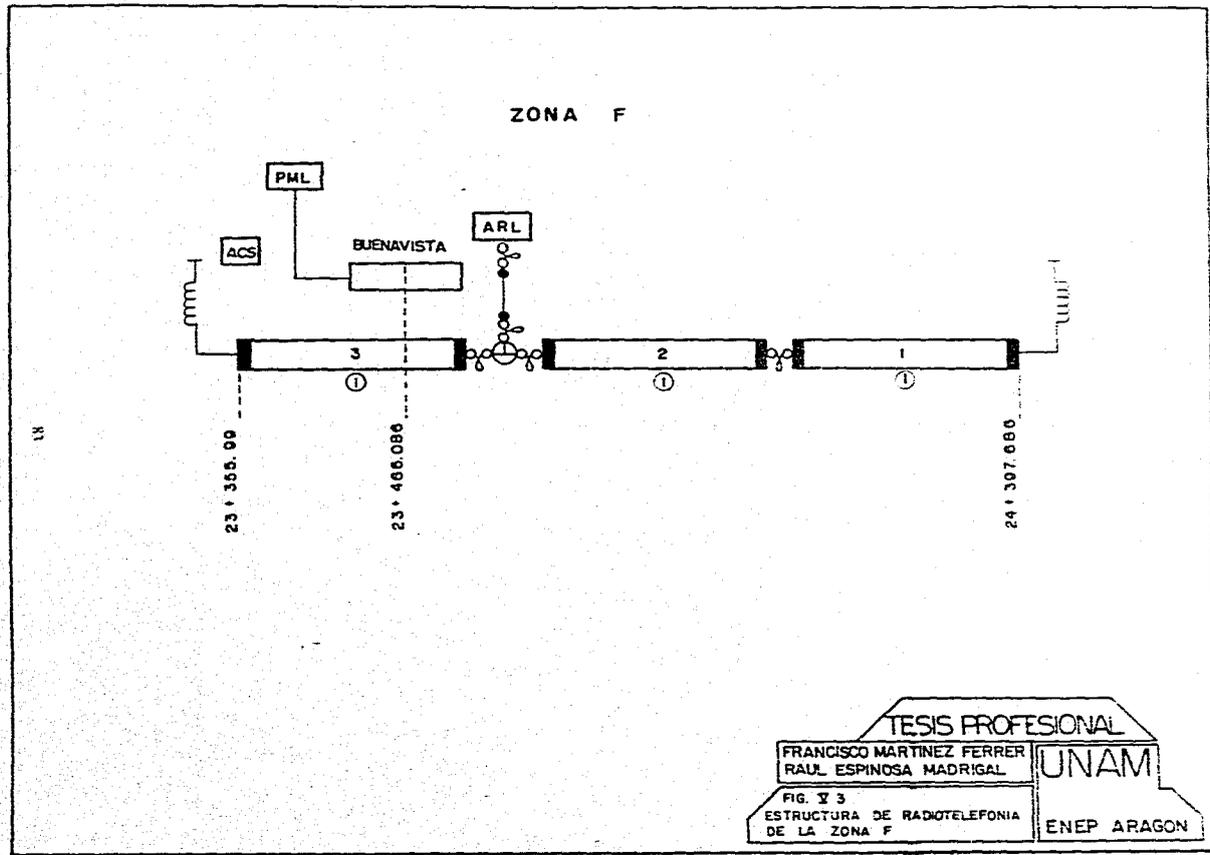
El resultado obtenido de -130.66dB rebasa el nivel mínimo de recepción (-107dB) por lo tanto se tendrá problemas, con este resultado no existirá recepción.

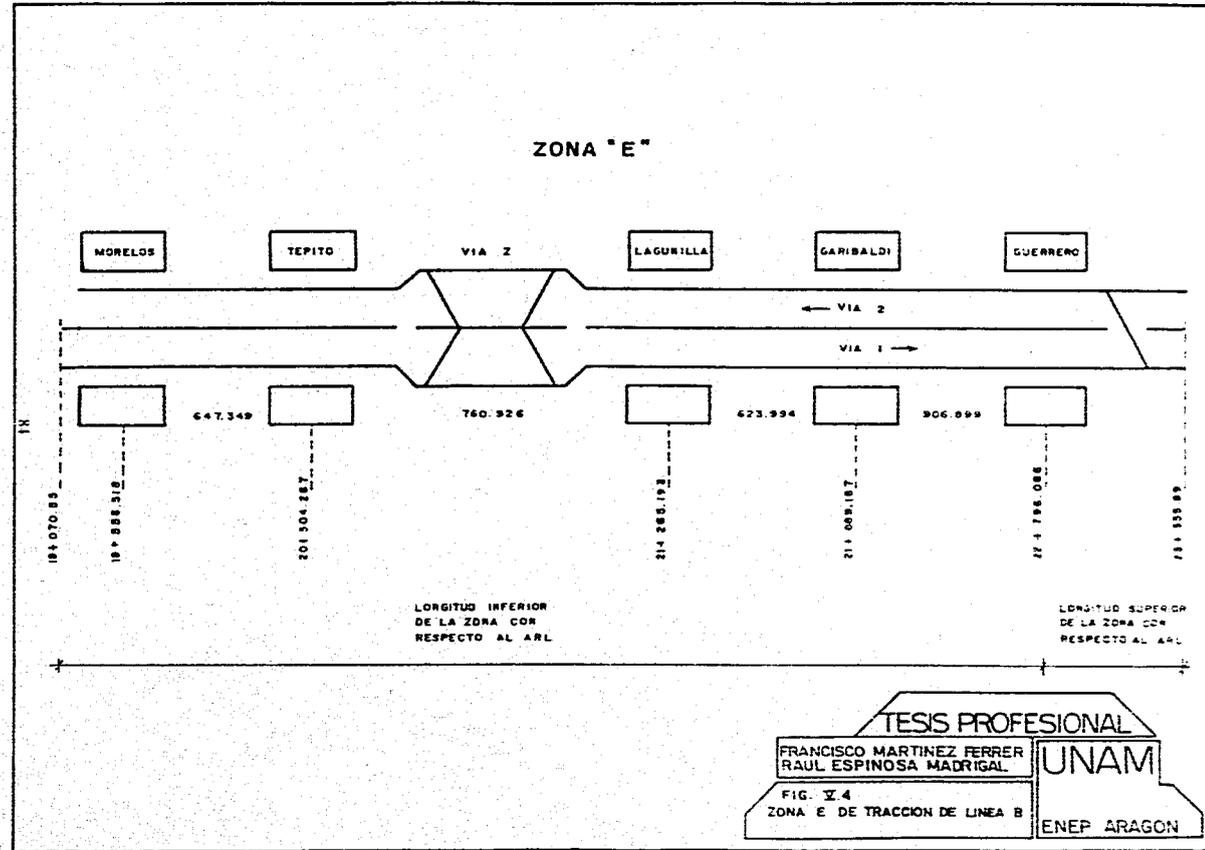
SIMBOLOGIA

	CABLE LCX 42 D HW47		CONECTOR CABLE POCA PERDIDA 4.6/50
	CABLE LCX 42 D HW46		CABLE POCA PERDIDA 9.3/50
	CONECTOR CABLE LCX		CONECTOR CABLE POCA PERDIDA 9.3/50
	CABLE POCA PERDIDA 4.6/50		CARGA 50 OHMS
	CABLE FLEXIBLE		ANTENA OMNIDIRECCIONAL
	SPLITTER 2 DIRECCIONES		AMPLIFICADORES UHF
	ANTENA YAGI		

78







Para lograr un óptimo resultado recurriremos a utilizar repetidores bidireccionales UHF (amplificadores), estos amplificadores tendrán una ganancia de 30 dB, pero al mismo tiempo se aprovecharán para reubicar el ARL de una manera tal que se aproveche para rebuscar el ARL de modo que se utilicen la cantidad menos posible de amplificadores UHF, mismos que compensarán las pérdidas ocasionadas por la gran distancia que se tiene prevista en la zona.

Entonces reubicaremos el armario ARL colocándolo en la estación Guerrero (PK 22 + 796.086), procederemos a calcular la cobertura de radiotelefonía de la longitud superior (límite zona F con zona E), de la zona E con respecto al ARL.

$$\begin{aligned}
 \text{Longitud superior de la zona E con respecto al ARL} &= \text{Cadenamiento del límite de zonas E y F} + 50 \text{ m} + \text{Cadenamiento del eje de la estación Guerrero.} \\
 &= 23 + 355.99 + 50 & - & 22 + 796.086 \\
 &= 609.904 \text{ m} & &
 \end{aligned}$$

Nuevamente aplicando el mismo cable de la zona F y sustituyendo valores en la ecuación 3 se tiene:

$$Pr = 33\text{dBm} - 13\text{dB} - (0.609 \times 26)\text{dB} - 65\text{dB} - 3\text{dB} - 27\text{dB}$$

$$Pr = -90.85 \text{ dB.}$$

Calculando la cobertura de la radiotelefonía de la longitud inferior de la zona E y utilizando los amplificadores UHF, mismos que serán instalados tentativamente en las estaciones Tepito, Lagunilla y Garibaldi ya que el resultado dependerá si es o no aceptable su ubicación.

$$\begin{aligned}
 \text{Longitud inferior de la zona E con respecto al ARL} &= \text{Cadenamiento del eje de estación Guerrero.} & - & \text{Cadenamiento del límite de la zona E y G} - 50 \text{ m} \\
 & & & \text{adicionales de traslape.} \\
 &= 22 + 796.086 & - & 19 + 70.55 - 50 \\
 &= 3675.53 \text{ m} & &
 \end{aligned}$$

Para este caso en la ecuación 3 anexaremos el valor de cada uno de los amplificadores a instalar para compensar las pérdidas.

$$Pr = Po - Ab - \sum Li\alpha_i - Ki - AL - AS + Ai \text{ ----- (6)}$$

Donde la Ai es igual a la suma de los amplificadores [dB].

- Amplificador A1 = 30 dB Se ubicará en la estación Tepito.
- Amplificador A2 = 30 dB Se ubicará en la estación Lagunilla.
- Amplificador A3 = 30 dB Se ubicará en la estación Garibaldi.

Sustituyendo valores en la ecuación 5 tenemos el resultado siguiente:

$$Pr = 33dB - 13dB - (3.675 \times 26)dB - 65dB - 3dB - 27dB + 30dB + 30dB + 30dB$$

$$Pr = - 80.56 \text{ dB.}$$

Como se observa este resultado no rebasa el nivel mínimo de recepción (-107dBm), por lo que es correcto colocar tres amplificadores en la zona E distribuidas en las estaciones antes indicadas.

Para la cuestión de solicitar la fabricación adecuada del cable LCX para la instalación en la zona E se realizará el pedido de acuerdo a los lineamientos establecidos inicialmente de no exceder 600 m de longitud por cada carrete, por lo tanto las longitudes de cables serán pedidos como sigue:

No de carrete	Longitud necesaria (m)	Longitud de fabricación total considerando 10% adicional (m)
4	304.95	335.44
5	304.95	335.44
6	453.44	498.79
7	453.44	498.79
8	311.99	343.19
9	311.99	343.19
10	380.46	418.50
11	380.46	418.50
12	323.87	356.26
13	323.87	356.26
14	417.98	459.78
15	417.98	459.78

A continuación se dibujara la zona E utilizando los simbolos correspondientes para visualizar la forma en que estarán distribuidos los cables y equipos de radiotelefonía como se muestra en la figura V.5.

5.1.3 Cálculo De La Zona D Del Metropolitano Línea B.

Para esta zona D como se muestra en la figura V.6 colocaremos el armario ARL en la estación San Lázaro, por lo que se procederá a realizar el análisis correspondiente. Cabe mencionar que existe una particularidad en dicha zona, ya que abarca parte de tramo subterráneo y tramo elevado.

Para realizar el calculo de la cobertura de radiotelefonía de la parte superior de la zona D con respecto al ARL, procederemos primeramente a analizar el tramo subterráneo de dicha zona por lo que para comprender mejor nos apoyaremos con el arreglo de la figura V.7.

Como se observa en el dibujo haremos primeramente el cálculo del tramo subterráneo colocando cable LCX y posteriormente para completar la cobertura radio en la parte superior de la zona se calculara el nivel minimo de recepción con la utilización de una antena directiva (YAGI).

Por lo tanto para este caso la formula de la cobertura de radiotelefonía en tramo subterráneo queda de la siguiente manera:

$$Pr = Po - Ab - \sum Li\alpha_i - Ki - AL - AS - (\text{Pérdida del cable de enlace de } 9.3/50 \text{ P.P. del splitter dos vías hacia el cable LCX}) \text{ ----- (7)}$$

Sustituyendo valores en la ecuación 7:

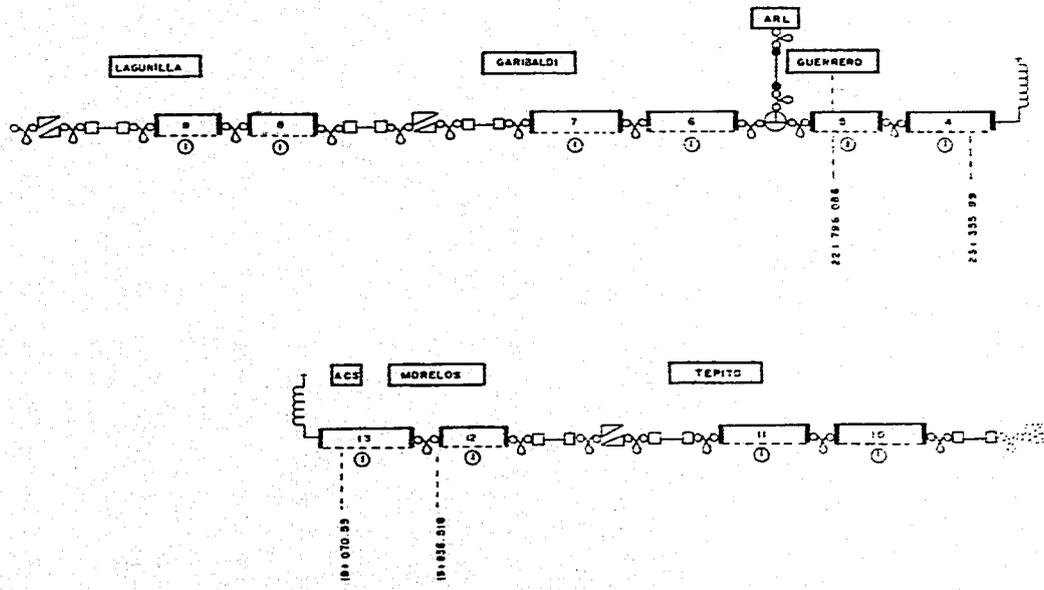
$$Pr = 33\text{dB} - 13\text{dB} - (0.256406 \times 26)\text{dB} - 65\text{dB} - 3\text{dB} - 27\text{dB} - (459.355 \text{ m} \times 3\text{dB}/100 \text{ m.})$$
$$Pr = - 95.44\text{dB}$$

Nota: Hay que recordar que se consideran 50 m adicionales de traslape en el cambio de zona.

Con el valor de $Pr = 95.44 \text{ dB}$ se observa que en el extremo más lejano del cable LCX con respecto al ARL, se tendrá como nivel minimo de recepción dicho resultado, siendo éste valor aceptable, ya que no rebasa -107 dB .

Para el tramo del PK 18+404.789 al PK 18+804.144 y en virtud de que pertenece a la parte de la zona elevada la cobertura radio la realizaremos, como ya se mencionó anteriormente con antenas directivas (YAGI), por lo que procederemos a calcular las pérdidas del espacio libre y posteriormente el nivel minimo de recepción en dicho tramo.

ZONA "E"



TESIS PROFESIONAL
FRANCISCO MARTINEZ FERRER
RAUL ESPINOSA MADRIGAL
UNAM
FIG. 5
ESTRUCTURA DE RADIOTELEFONIA
DE LA ZONA E
ENEP ARAGON

ZONA "D"

TRAMO ELEVADO
TRAMO SUBTERRANEO

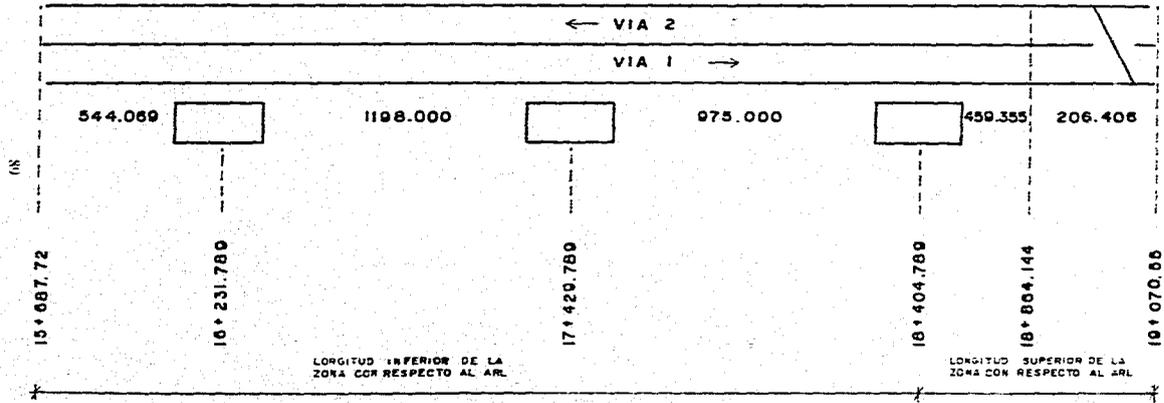
ROMERO RUBIO

GRAN CANAL

SAN LAZARO

VIA 2 ←

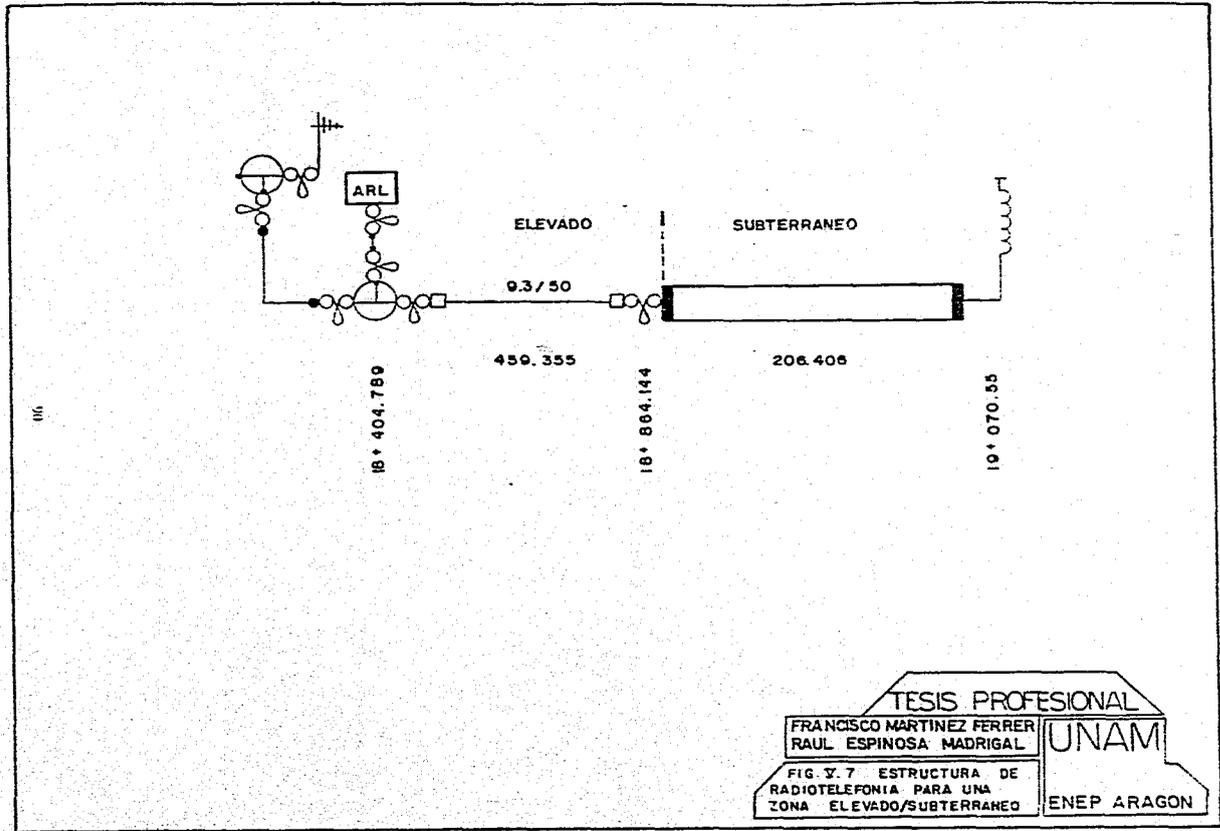
VIA 1 →



LONGITUD INFERIOR DE LA ZONA CON RESPECTO AL ARL

LONGITUD SUPERIOR DE LA ZONA CON RESPECTO AL ARL

TESIS PROFESIONAL
FRANCISCO MARTINEZ FERRER
RAUL ESPINOSA MADRIGAL
UNAM
FIG. X 6
ZONA D DE TRACCION DE LA LINEA B
ENEP ARAGON



TESIS PROFESIONAL
 FRANCISCO MARTINEZ FERRER
 RAUL ESPINOSA MADRIGAL
 UNAM
 FIG. 7.7 ESTRUCTURA DE
 RADIOTELEFONIA PARA UNA
 ZONA ELEVADO/SUBTERRANEO
 ENEP ARAGON

Retomando la ecuación 5 se tiene:

$$L_o = 32.5 + 20 \log f + 20 \log d$$

$$L_o = 32.5 + 20 \log (450 \text{ MHz}) + 20 \log (0.459355 \text{ km})$$

$$L_o = 78.80 \text{ dB}$$

Considerando ahora la ecuación siguiente:

$$L_o = P_o' - P_r \text{ min} \text{-----} 8$$

Observando el dibujo en cuestión se procederá a calcular P_o' (potencia de emisión a nivel de la antena)

$$P_o' = P_o - A_b - A_l - A_s \text{ -(acoplador 2 direcciones adicional + 100 m. de cable de 4.6/50 P.P. adicional) -----} 9$$

$$P_o' = 33 - 13 - 3 - 27 - (3+6)$$

$$P_o' = -19 \text{ dB}$$

Despejando $P_r \text{ min.}$ y sustituyendo valores en la ecuación 8, tenemos lo siguiente:

$$P_r \text{ min} = P_o' - L_o$$

$$P_r \text{ min} = -19 \text{ dB} - 78.80 \text{ dB.}$$

$$P_r \text{ min} = -97.80 \text{ dB}$$

El resultado antes citado indica que desde el punto más lejano de la antena (PK 18 + 864.144) se tendrá un nivel mínimo de recepción aceptable no llegando al nivel crítico que es -107 dB.

Continuando con el cálculo correspondiente a la parte inferior de la zona D y en virtud de que también estos tramo elevado será conveniente instalar antenas directivas que abarque una cobertura de radio del PK 18+404.789 al PK 15+687.72 (2717.069 m) de lo cual se obtiene:

$$L_o = P_o' - P_r \text{ min} \text{ ----- } 8$$

$$L_o = -19 \text{ dB} - (-107 \text{ dB})$$

$$L_o = 88 \text{ dB}$$

Despejando d y sustituyendo los valores en la ecuación 5 se tiene:

$$d = 10^{\left(\frac{L_o - 32.5 - 20 \log 450}{20} \right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{88 - 32.5 - 20 \log 450}{20} \right)}$$

$$d = 1.323 \text{ Km}$$

Para este caso el resultado representa la distancia que puede cubrir la antena direccional instalándola en el lugar más alto de la estación San Lázaro con dirección a la parte inferior de la zona D, como se observa falta de cubrir aproximadamente 1.393 Km de cobertura de radio, sin embargo cabe hacer mención que el estudio que se lleva a cabo es considerando antenas con ganancia de 0 dB, esto es en el caso más crítico, por lo que elegir una antena con ganancia adecuada lograremos una ganancia que cumpla las necesidades requeridas.

Como ejemplo, si elegimos una antena de una ganancia de 7 dB lograremos lo siguiente:

$$L_o = P_o' - P_r \text{ min} + \text{Ganancia de la antena}$$

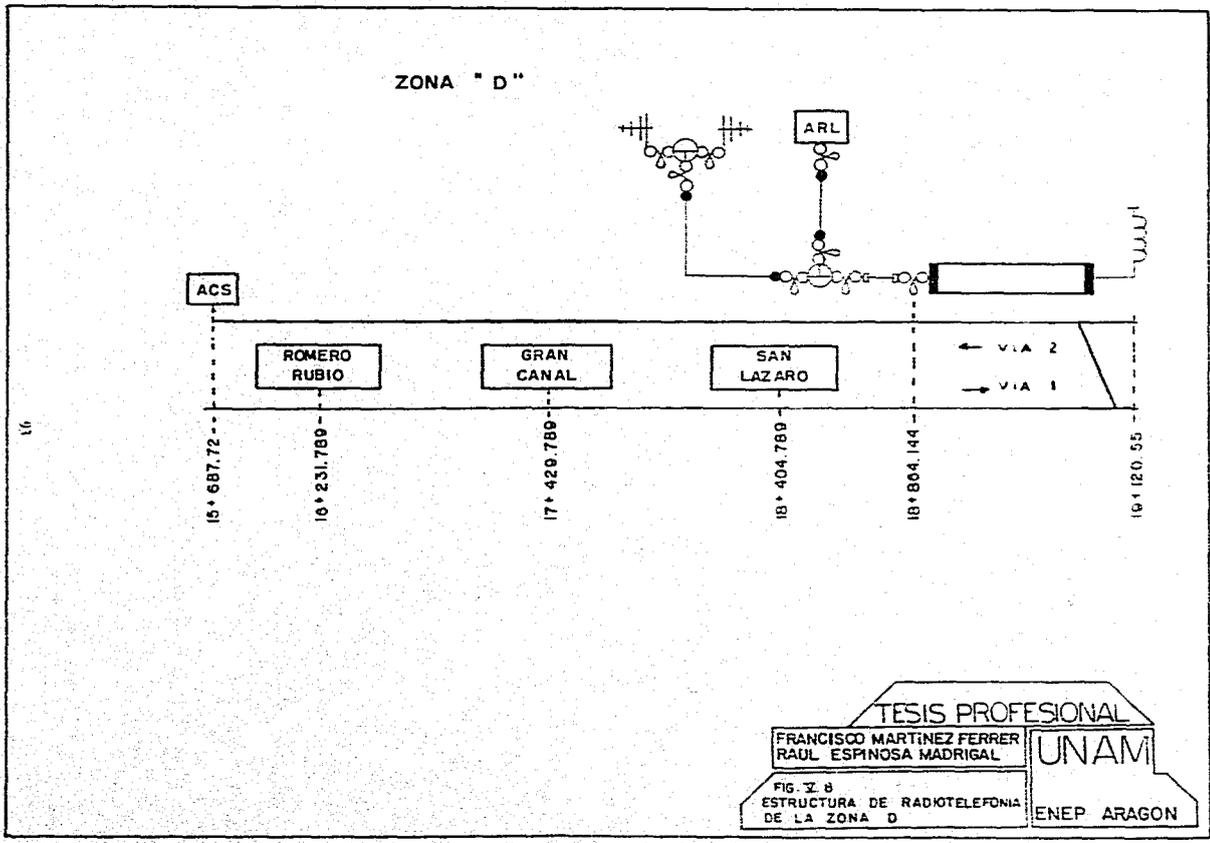
$$L_o = -19 - (-107) + 7$$

$$L_o = 95 \text{ dB}$$

$$d = 10^{\left(\frac{95 - 32.5 - 20 \log 450}{20} \right)}$$

$$d = 2.96 \text{ Km}$$

Como se observa eligiendo una antena con una ganancia de 7dB, se logra cubrir más de la longitud requerida (2.717 Km), lográndose con esto solucionar la cobertura de radio en la zona D parte inferior, por lo tanto el arreglo que le corresponde a la zona D es como se muestra en la figura V.8.



16

La longitud de cable que será necesario solicitar al fabricante es:

No de carrete	Longitud necesaria	Longitud de fabricación total considerando el 10% adicional
16	256.406 m	282.046 m

5.1.4 Cálculo De La Zona C Del Metropolitano Línea B.

Esta zona es mostrada en la figura V.9 se encuentra prácticamente en tramo superficial e involucra 3 estaciones (Tesoro, Bosques de Aragón y Océania) por lo que procederemos a colocar al ARL al centro de la zona, esto es, en la estación Bosque de Aragón, se colocarán 2 antenas directivas de tal manera que cubran la cobertura de radio tanto en la parte superior como en la parte inferior de la citada zona, por lo que procederemos a realizar los cálculos correspondientes.

$$L_o = L_o' - Pr_{min}$$

$$L_o = -10 - (-107)$$

$$L_o = 97 \text{ dB}$$

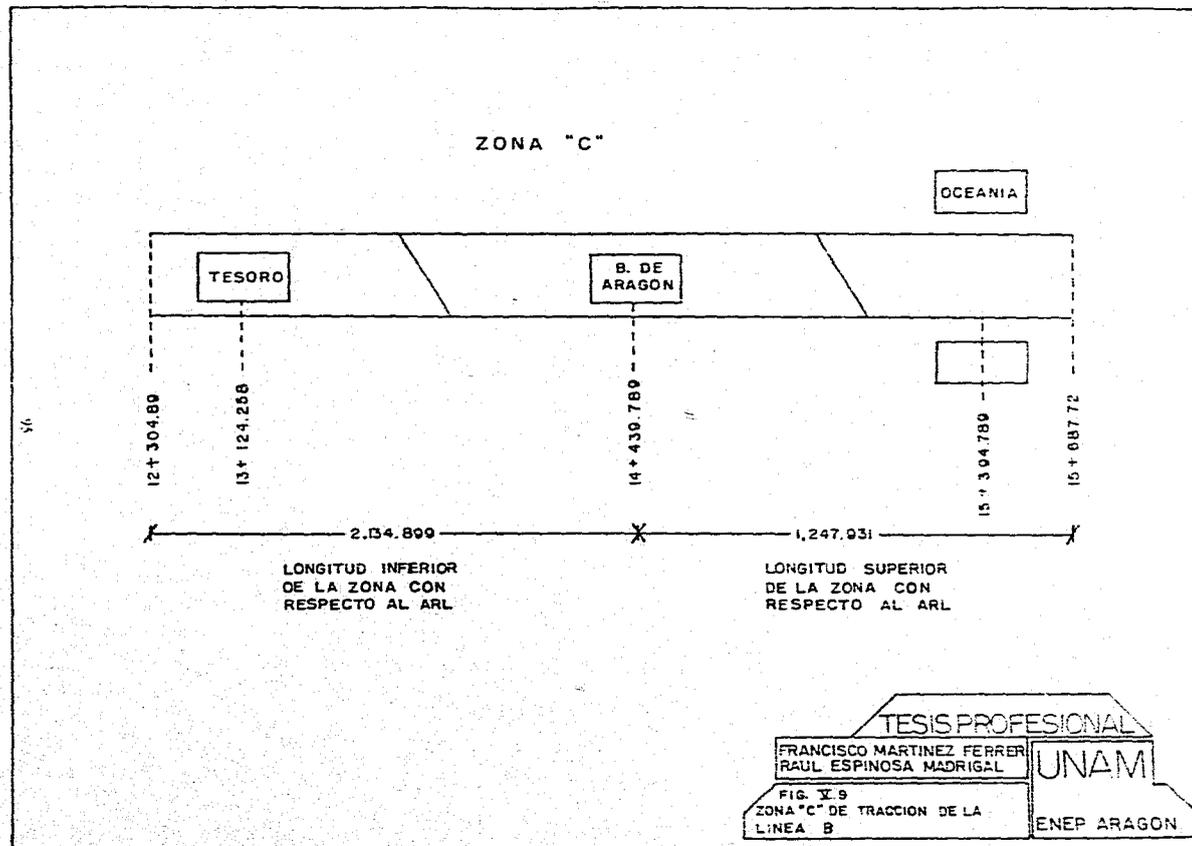
$$L_o = 32.5 + 20 \text{ Log} f + 20 \text{ Log} d$$

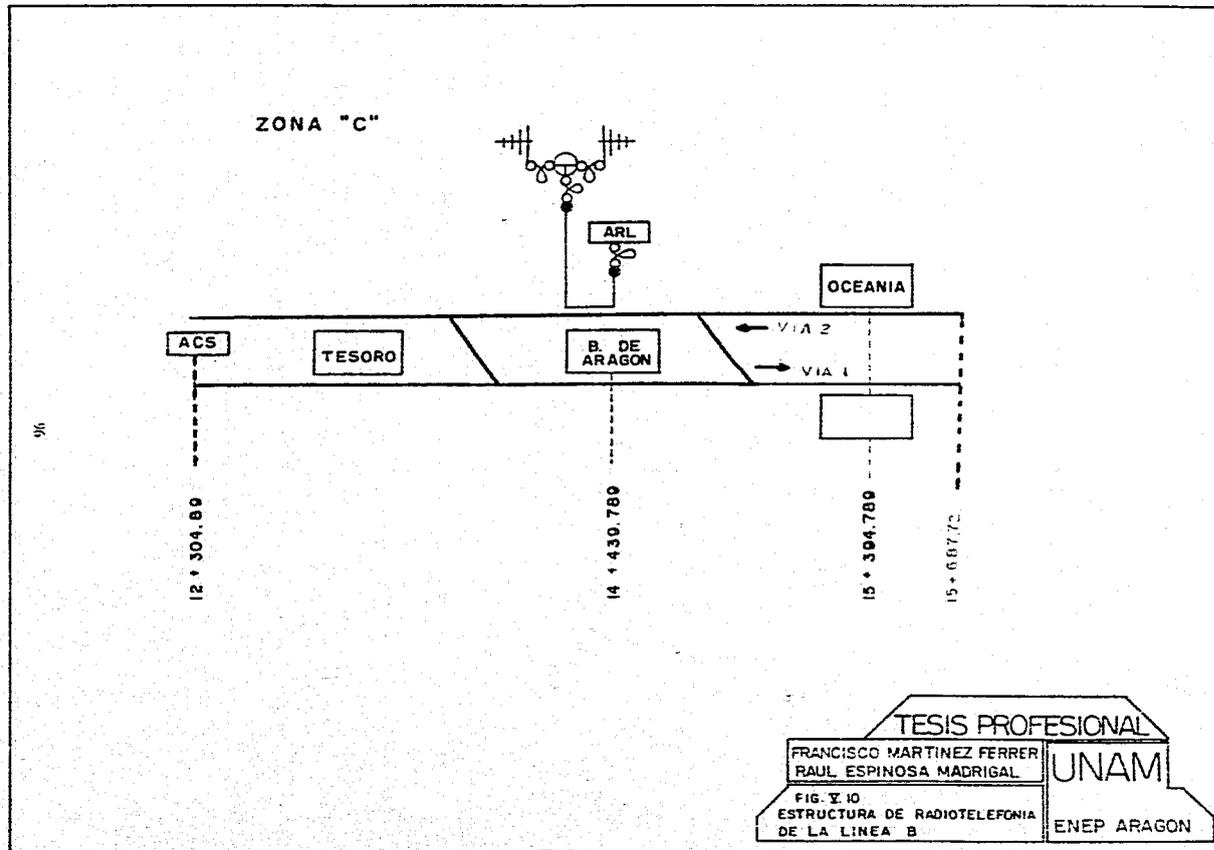
$$d = 10^{\left(\frac{97 - 32.5 - 20 \text{Log} f}{20} \right)}$$

$$d = 10^{\left(\frac{97 - 32.5 - 20 \text{Log} 450}{20} \right)}$$

$$d = 3.730 \text{ Km}$$

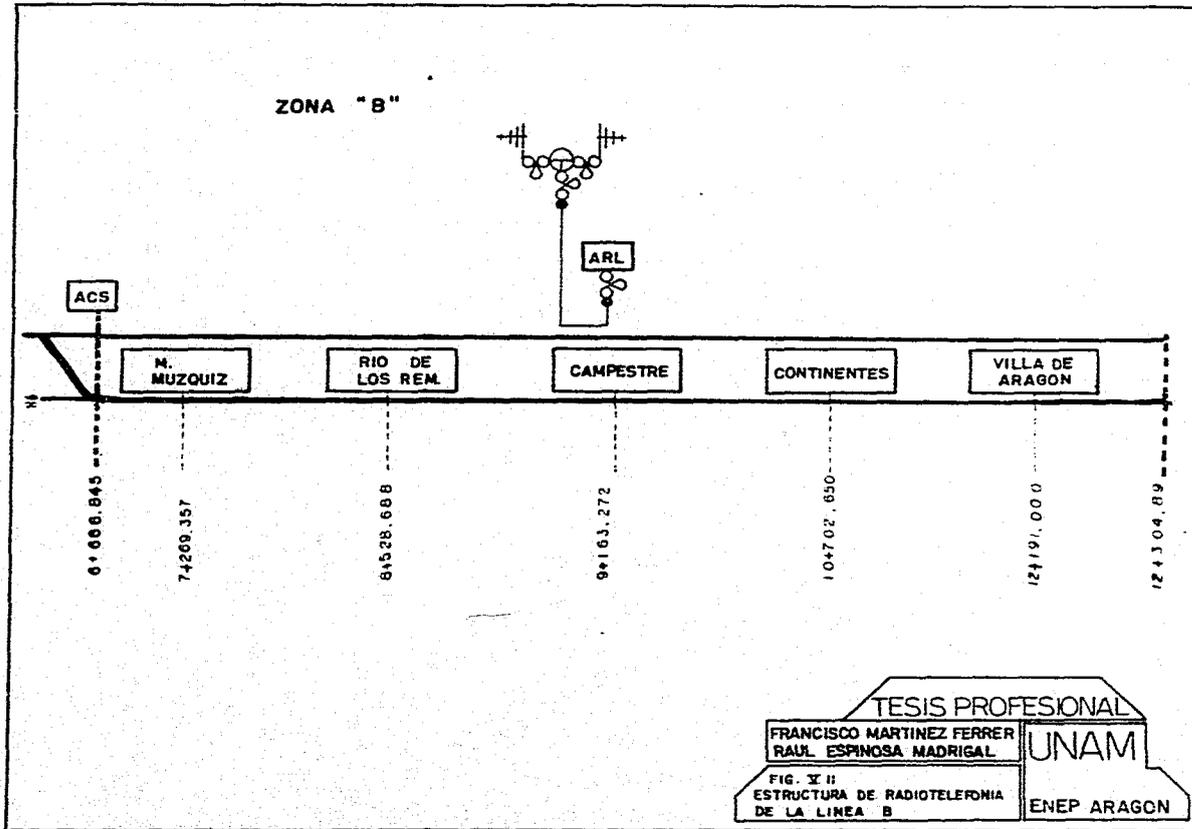
Con el valor de "d" igual 3.730 Km se logra realizar la cobertura de radio en los tramos superiores e inferior de la zona C, colocando las antenas en la estación Bosques de Aragón dirigiéndolas hacia cada extremos como se muestra en el arreglo de la figura V.10.

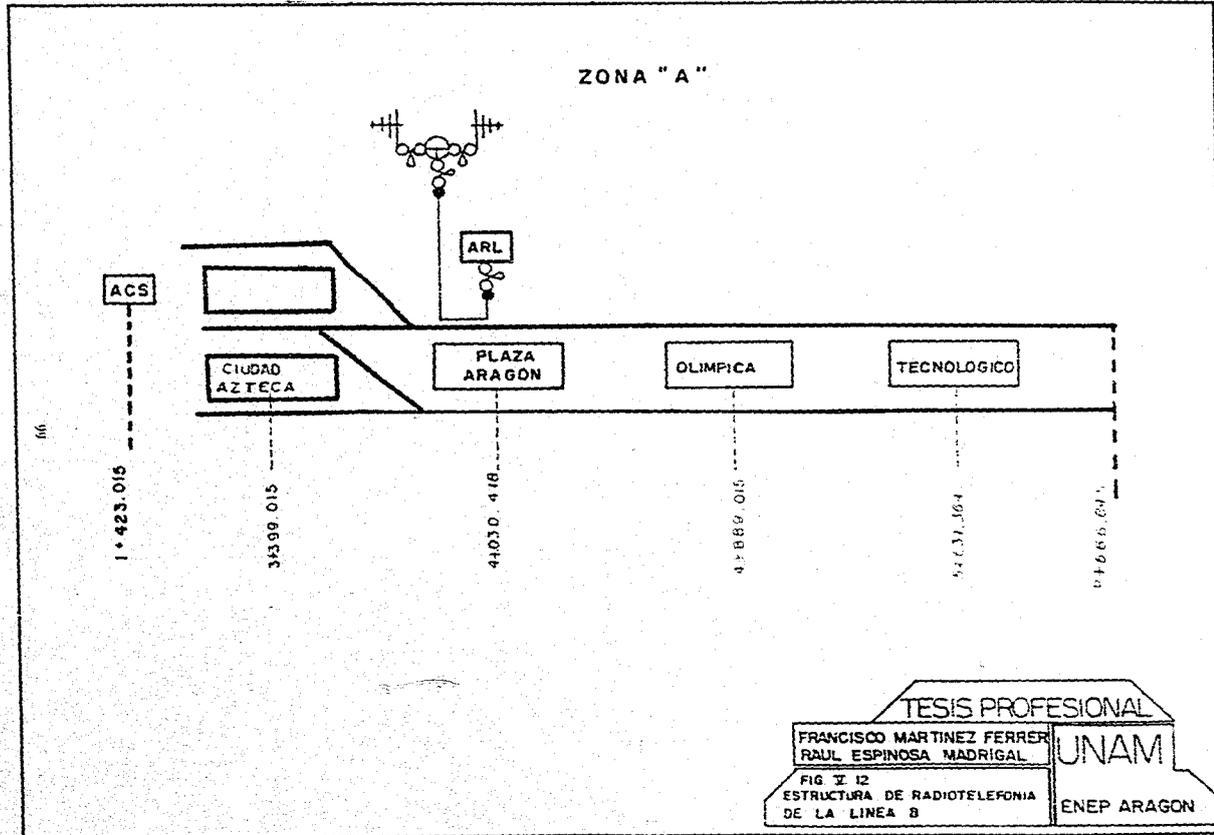




5.1.5 Cálculo De La Zona A Y B Del Metropolitano Línea B.

Esta zona se encuentra en la misma situación que la zona C (esto es que se encuentra en el tramo superficial), por lo que para este caso elegiremos la estación Campestre y la estación Plaza Aragón, para ubicar el armario de radio ARI, correspondiente a las zonas B y A respectivamente así como sus antenas directivas, quedando como los arreglos de las siguientes figuras V.11 y V.12.





CAPÍTULO 6

INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DEL SISTEMA DE RADIOTELEFONÍA DE TRENES

Antecedentes.

Previo a la adquisición de los equipos de radiotelefonía, tanto de fijos como embarcados, es conveniente realizar las gestiones ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes [SCT], para solicitar el permiso de instalar y operar un sistema de radiocomunicación privada en la ciudad de México en la banda UHF [450/470 Mhz].

La anterior solicitud es con la finalidad de que se realicen los estudios correspondientes, respetando las frecuencias autorizadas por la SCT.

Dicho permiso contendrá las cláusulas siguientes.

- a) Antecedentes.
- b) Permiso.
- c) Condiciones.
- d) Instalación y Operación.
- e) Inspección.
- f) Pago de derechos.
- g) Restricción de sesión de derechos.
- h) Vigilancia.
- y) Controversias.

Cabe mencionar que todos los equipos para el sistema de radiotelefonía deberán estar homologados ante la SCT, esto es que deberán cumplir con las normas internacionales de comunicación.

6.1 Instalación.

Los requerimientos necesarios para llevar a cabo la instalación de todos los equipos que componen el sistema de radiotelefonía de trenes se dividen en 3 conceptos:

- 1.- Preparaciones para la instalación de los equipos fijos en PCC.
- 2.- Preparaciones para la instalación de los equipos fijos en línea.
- 3.- Preparaciones para la instalación de los equipos embarcados en los trenes.

Durante el montaje de los equipos se debe dar cumplimiento a los planos de arreglo de los equipos en los locales técnicos y a los planos de operación, planos tipo y galibos de instalación. Contando además con maquinaria suficiente para la ejecución de los trabajos.

6.1.1 Preparaciones Para La Instalación De Los Equipos Fijos En Locales Técnicos.

En la instalación de los equipos en locales técnicos se requieren preparaciones de obra civil (OC) y electromecánicas (OEM).

a) Las preparaciones de obra civil consisten en dejar un local acondicionado, de tal manera, que cuente con alumbrado; con equipo extractor de aire (ya que actualmente los locales existentes, principalmente en tramo subterráneo, tienen en promedio una temperatura de 60 °C provocados por la operación de los armarios de señalización, mando centralizado, pilotaje automático, telefonía directa y automática, sonorización y vocceo, gabinetes de reljes de andén, cargadores y banco de baterías.); con trincheras que para alojar los cables, de acuerdo a la trayectoria establecida por el proyecto ejecutivo; y por último que cuente con un sistema de tierras, el cual consiste en dejar un cable de cobre desnudo calibre 20 AWG, para proteger los equipos antes citados, evitando con esto problemas de cortos circuitos, retornos de corriente, etc.

b) Las preparaciones de obra electromecánica consisten en la instalación de un tablero eléctrico conocido como tablero U, el cual proporcionará 220 VCA (provenientes de la subestación eléctrica de alumbrado y fuerza existentes en cada estación) monofásico, bifásico y trifásico, adaptándose a la alimentación que requieran los equipos de radiotelefonía.

6. 1.2 Preparaciones Para La Instalación De Los Equipos En Línea.

Para la instalación del cable LCX, como ya se ha explicado anteriormente, este será colocado en la parte superior del túnel, por lo que se requiere por OC que la construcción de la línea B este al 100% terminada en lo que corresponde al tramo subterráneo; así como las estaciones donde se vayan a instalar las antenas para la colocación de las bases y las torres. Debido a que a lo largo de la línea se colocarán antenas ACS, bucles ACS y cable coaxial se requerirá por parte de obra electromecánica (OEM) lo siguiente;

a) Colocación de las cremalleras, mensulas y charolas, para alojar los cables de radiotelefonía.

b) Colocación de balasto, durmientes, riel, pista metálica y barra guía, para la colocación de los bucles ACS.

c) Tubería de PVC para proteger el cable que va del bucle ACS a la antena ACS (fijo).

Continuando con la descripción de la instalación, una vez que se cuenta con las preparaciones de obra civil y obra electromecánica, se deberá seguir un programa de obra para la construcción de la línea B con la finalidad de empezar la instalación en fechas convenientes para que se concluyan los trabajos en el calendario establecido dentro del programa general de construcción y puesta en servicio de la línea B.

Como por ejemplo, si la inauguración del Metropolitano Línea B se pretende llevarse a cabo en el mes de octubre de 1998, los equipos de radiotelefonía de trenes deberán seguir un proceso de desarrollo mediante un programa tentativo como el siguiente:

CONCEPTO	FECHA	OBSERVACIONES
INAUGURACIÓN	OCTUBRE 98	Puesta en servicio al público.
MARCHA EN VACÍO	SEPTIEMBRE 98	Inicio del asentamiento de la marcha de los trenes con todos los automatismos, como si estuviera operando con pasajeros a lo largo de toda la línea (incluyendo talleres y colas de cada terminal).
PRUEBAS DINÁMICAS	JULIO 98	Inicio de pruebas del sistema de radiotelefonía conjuntamente operando entre equipos fijos y embarcados (inicio de circulación de trenes)
PRUEBAS ESTÁTICAS	JUNIO 98	Inicio de pruebas del sistema de radiotelefonía realizando las pruebas independientemente a cada equipo fijo en la línea (en esta fecha aún no son trasladados los trenes a la línea).
INSTALACIÓN	ABRIL 98	Inicio de la instalación de los equipos fijos. (cable LCX, armarios, antenas, etc.)
SUMINISTRO	MARZO 98	Se deberá contar con el total de los materiales y equipos del sistema un mes antes de iniciar la instalación.
FABRICACIÓN	AGOSTO 97	Inicio de fabricación de materiales y equipos del sistema por suministrarse

ABASTECIMIENTOS	FEBRERO 97	Inicio de abastecimientos de las materias primas y de suministros con base al estudio realizado previamente de la línea B para la fabricación de los equipos correspondientes
ESTUDIO	SEPTIEMBRE 96	Esta fecha es ideal para lograr el objetivo de poner en servicio el sistema de radiotelefonía de trenes; recordando que éste concepto da inicio a la entrada en vigor del contrato respectivo.

Para la definición de los equipos embarcados es necesario definir el tipo de modelo del tren en que será implementado el sistema de radiotelefonía; esto quiere decir que puede existir la posibilidad de que sean suministrados trenes de fabricación reciente (si es así, entonces ya traerán integrados los equipos de radiotelefonía). En caso de que los trenes sean de modelos antiguos, esto quiere decir que posiblemente sean tomados de las reservas que se tienen en alguna línea en explotación, y que por lo tanto, deberán ser integrados a la nueva línea B, como sucedió en caso de la línea 8 (Garibaldi/Constitución de 1917).

Para este caso deberá de llevarse una coordinación muy especial entre el personal que suministrará los trenes y la empresa que suministre el sistema de radiotelefonía de trenes, de tal manera, que pueda lograr un programa que incluya los conceptos de los equipos embarcados.

Por ejemplo, si se toma la calendarización de los equipos enunciados anteriormente se tendrá lo siguiente.

CONCEPTO	FECHA	OBSERVACIONES
ESTUDIO	SEPT. 96	
ABASTECIMIENTO	FEB. 97	
FABRICACIÓN	AGO. 97	
SUMINISTRO	MZO. 98	
INSTALACIÓN	ABRIL. 98	Inicio de preparaciones mecánicas y eléctricas (colocación de equipos y cableados), así como la integración (conexiones y pruebas de continuidad de cables hilo por hilo)
PRUEBAS DINÁMICAS	JUL. 98	Traslado de trenes a la línea para la realización de pruebas conjuntamente con equipo fijo.

Cabe mencionar en lo que concierne a la instalación, tanto en equipos fijos como embarcados, todo se lleva a cabo mediante proyectos ejecutivos (planos) provisionales, los cuales servirán como referencia, ya que pudiera llegar el caso de que durante la instalación se requiera modificar alguna trayectoria de cables, cambio de ubicación de algún equipo, etc. En caso de que por alguna razón existiera modificación, los planos tendrían que actualizarse posteriormente, una vez concluidos los trabajos de instalación.

Otro punto importante que es necesario tomar en cuenta como apoyo y/o ayuda es la utilización de los manuales que contiene el procedimiento de instalación en equipos embarcados, manual de instalación del cable LCX para la radiotelefonía, etc.

6.1.3 Instalación Del Cable LCX.

Únicamente haremos énfasis a la instalación de cable LCX, por ser la actividad más preponderante del sistema de radiotelefonía de trenes, ya que la gran parte del tiempo para poner en servicio dicho sistema es absorbido en la colocación de los accesorios, en la fijación del cable y en la tensión del mismo mediante una palanca tensadora de aproximadamente 1500 kg.

Por las condiciones del lugar se deberá utilizar un método similar a la figura siguiente:

Los puntos importantes en el manejo del LCX se enumeran a continuación;

a) El LCX debe ser manejado tomando en cuenta el radio mínimo de curvatura, mostrado en la siguiente relación.

LCX TAMAÑO	RADIO MÍNIMO CURVATURA (mm) Manual	RADIO MÍNIMO CURVATURA (mm) Fijo
42 D	750	500
33 D	600	400
20 D	450	300

La recomendación anterior es importante para que las características eléctricas no se deterioren por el manejo del cable durante su instalación.

b) El cable LCX deberá ser manejado sin doblarlo, para que así sus características eléctricas tampoco se deterioren.

c) Durante el manejo del cable LCX el alambre mensajero deberá ser estirado (tensado) adecuadamente.

d) Si la cubierta del cable LCX es dañada y se deja así, la humedad permeable causará deterioro de las propiedades eléctricas, corrosión en las partes metálicas, etc, por lo que se recomienda reparar la parte dañada cubriendo dicha parte con cinta adhesiva de PVC.

6.1.4 Método De Instalación Colocando Un Carrete De Cable En Un Transporte Móvil.

Este método que se emplea cuando está disponible un camión grande en el lugar de instalación, para el caso de la línea 8 se tuvo que improvisar un lorry con plataforma de tal manera que se pudiera facilitar la fijación e instalación del cable LCX.

Este método es ampliamente empleando en un túnel con camino (o con vía).

Las herramientas y equipos necesarios que se utilizan para la instalación del cable LCX son las que se enumeran a continuación:

- a) Camión de tamaño grande (lorry con plataforma).
- b) Soporte para girar el carrete de cable.
- c) Andamio que ayuda a colocar el cable LCX con las abrazaderas de suspensión.
- d) Poleas guía que cuelgan debajo de las abrazaderas temporalmente y estiran el cable LCX en dirección hacia ellas. El lado de las poleas guías puede ser abierto y quitado, mientras se estira el cable LCX, una vez estirado se aseguran el alambre mensajero a las abrazaderas de suspensión, para que posteriormente las poleas guías sean retiradas.
- e) Ajustador de cable. Este ajusta el alambre mensajero del cable LCX con un arrastre preformado para un ajuste del cable LCX, asegurando el alambre mensajero a las abrazaderas de suspensión.
- f) Otros. Escalera, cortador de cable, cuchillo, pinzas, cinta adhesiva, PVC, sierra para acero, etc.

6.1.5 Método De Instalación Colocando El Carrete De Cable En El Piso.

Este método se emplea cuando no se tiene disponible en el lugar de la instalación un camino o transporte móvil.

Las herramientas y equipos necesarios se enlistan a continuación:

- a) Ajustable slip winch. Estira el cable LCX a través de las poleas guías.
- b) Soporte del carrete de cable. Coloca el carrete de cable en el soporte.
- c) Mango de carrete del cable. Coloca el carrete de cable en el soporte.
- d) Poleas guía. Guía al cable LCX a una porción de curvatura.
- e) Cuerda del cable estirado. Ajusta el cable LCX al slip winch.
- f) Ajustador de cable.
- g) Dispositivo contador de peso. Evita el doblado de cable LCX.

Como conclusión, la instalación de los equipos de radiotelefonía de trenes se lleva a cabo mediante un proceso muy minucioso como el que se ha expuesto anteriormente, y aún más cabe mencionar la importancia que se tiene, ya que para el seguimiento de los trabajos se coordina con personal de distintas áreas, mediante un programa previamente establecido.

Asimismo, se deberá cumplir con las normas vigentes tales como:

- International Electric Commission (IEC).
- Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía. (CCITT).
- Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicación (CCIR).
- Informes del Departamento de Investigación y Pruebas de la UIC (ORE).
- Unión Internacional de Ferrocarriles (VIC).
- International Standard Organization 9000 (ISO 9000).
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).
- Normas Nacionales de México (NOM).
- Electronic Industries Association (NEMA).
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

6.2 Pruebas.

Una vez que se han llevado a cabo las actividades correspondientes de la instalación, se desarrollarán las pruebas estática y dinámicas del sistema propuesto, con la finalidad de asegurar el funcionamiento correcto de cada uno de los equipos y sobre todo en forma conjunta.

Todos los equipos y materiales deben pasar por dichas pruebas satisfactoriamente, antes de poder autorizar una puesta en servicio de las instalaciones del sistema propuesto, garantizando:

- a) El cumplimiento de las especificaciones técnicas.

- b) El buen funcionamiento del equipo
- c) La seguridad de funcionamiento del sistema para su puesta en servicio.
- d) La calidad total del sistema (Deben cumplir con la norma internacional de calidad ISO 9000 o Normas equivalentes)

Para esta actividad será necesario la elaboración de cuadernos de pruebas sobre los equipos fijos y embarcados

Dichos cuadernos deberán contener los siguiente:

- 1 - Listado de equipos de medición.
- 2.-Herramientas necesarias para las pruebas.
- 3.-Documentos de referencia (planos, manuales de instalación, pruebas de continuidad de cableados).
- 4.-Descripción de pruebas sobre los equipos en general, ejemplos :
 - Prueba de continuidad de todos los cables utilizados (hilo a hilo).
 - Visualización del estado físico de los equipos a prueba.
 - Medición de los equipos.
 - Operación de los equipos.
 - Otros.

Estas pruebas tienen por objeto verificar la calidad de las instalaciones en los locales técnicos, en el campo o instalaciones fijas y en los trenes; así como la verificación del correcto funcionamiento de los equipos en situaciones reales de operación.

Hay que hacer la observación que las pruebas se realizan dentro del calendario establecido por las autoridades correspondientes (como por ejemplo: calendario del programa tentativo de la línea B, expuesto en concepto de instalación).

Cabe mencionar que durante la colocación de las antenas yagi (directivas), las cuales serán colocadas en algunas de las estaciones del tramo superficial y elevado para realizar la cobertura de acuerdo al estudio realizado en el capítulo V, se deberá llevar a cabo una campaña de mediciones de tal manera que se puedan instalar en los lugares adecuados, procurando considerar todos los obstáculos como son los edificios, puentes vehiculares, puentes peatonales, para que al momento de transmitir no se tengan interferencias y sobre todo no se tenga un bajo nivel de recepción.

Durante esa campaña de mediciones se simula la transmisión de las antenas con las frecuencias asignadas por la SCT y a través de los radios portátiles (ajustados a la misma frecuencia) se verifica el nivel de recepción.

Una vez que todas las instalaciones del sistema han aprobado en forma satisfactoria y adecuada las pruebas mencionadas anteriormente, se inicia un periodo con duración de un mes denominado Marcha en Vacío, que permite comprobar la operación de los equipos, así como efectuar los ajustes necesarios antes de ponerlas en servicio al público.

Es importante recalcar que la Línea B no podrá ser puesta en servicio, mientras existan fallas sistemáticas o fallas generales en el sistema, que puedan poner en riesgo la seguridad de los usuarios.

CAPÍTULO 7

EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1. Conceptos Básicos

Los costos para la implantación de un Sistema de Radiotelefonía de Trenes en el metro de la Ciudad de México, comprende básicamente el estudio, fabricación, suministro, instalación, pruebas, capacitación y puesta en servicio; agrupándose en dos grandes rublos, que son el suministro y las prestaciones:

7.1.1. Suministros.

Suministros - Comprende el material y equipo, así como las piezas de consumo, las herramientas específicas y las refacciones necesarias para la instalación y óptimo funcionamiento del sistema. Además se debe garantizar la compatibilidad del equipo extranjero y los de fabricación nacional, utilizando dispositivos de acoplamiento si es necesario

7.1.2. Prestaciones.

Prestaciones.- Comprende el proyecto, montaje y puesta en servicio del Sistema tomando en cuenta los esquemas, planos de fabricación y de ejecución, las pruebas en fábrica y el sitio de instalación que asegurarán que el producto cumpla con las normas y las especificaciones requeridas garantizando el correcto funcionamiento y la seguridad necesaria del sistema de Radiotelefonía de Trenes, así como la instalación adecuada de los materiales, la capacitación especializada y la asistencia técnica durante los trabajos en la obra; además de asegurar la puesta a punto de los equipos en la fecha solicitada para su inauguración e iniciar a transportar a los usuarios que utilizarán el Sistema de Transporte Colectivo Metro a su destino.

7.2. Análisis de Costos.

Al realizar el estudio económico, es recomendable hacer la evaluación del proyecto con otro Sistema similar para fines de comparación (Tabla VII.1)

**TABLA VII.1
COSTOS DE EQUIPOS REQUERIDOS DE
RADIOTELEFONIA DE TRENES**

CONCEPTO	UNIDAD	LINEA 8		LINEA B	
		CANTIDAD	IMPORTE	CANTIDAD	IMPORTE
ARMARIO EQUIPO EN FCC	EQUIPO	1	\$ 1,287,865.00	1	\$ 1,287,865.00
PLATINA EN PCC	EQUIPO	1	\$ 145,888.00	1	\$ 145,888.00
CABLE DE ENLACE ARMARIO/PLATINA PCC	LOTE	1	\$ 15,548.00	1	\$ 15,548.00
CABLE ALIMENTACIÓN EN PCC	LOTE	1	\$ 15,548.00	1	\$ 15,548.00
ARMARIO RADIO EN LÍNEA ARL	EQUIPO	7	\$ 4,549,488.00	7	\$ 4,549,488.00
CABLE RADIANTE EN TÚNEL C/ACCESORIOS	KM	15.25	\$ 10,262,704.00	6.20	\$ 4,172,378.00
CABLE DE ALIMENTACIÓN EN LÍNEA	LOTE	1	\$ 73,769.00	1	\$ 73,769.00
ANTENAS YAGI	PIEZA	9	\$ 57,068.00	9	\$ 57,068.00
SPLITTER 2 VÍAS - 1 ENTRADA	PIEZA	21	\$ 191,211.00	9	\$ 43,376.00
EQUIPO DE CONMUTACIÓN DE CANALES	EQUIPO	12	\$ 833,438.00	12	\$ 833,438.00
PLATINA EN PML	EQUIPO	2	\$ 154,384.00	2	\$ 154,384.00
CABLE DE ENLACE ARMARIO AR/PML	LOTE	1	\$ 22,565.00	1	\$ 22,565.00
EQUIPO DE TREN RADIO Y ACS	EQUIPO	56	\$ 7,663,645.00	60	\$ 8,211,048.00
AMPLIFICADORES UHF	EQUIPO	3	\$ 319,049.00	3	\$ 319,049.00
REFACCIONES	LOTE	1	\$ 832,370.00	1	\$ 667,979.00
BANCO DE PRUEBAS Y HERRAMIENTAS	LOTE	1	\$ 2,153,500.00	1	\$ 2,153,500.00
DOCUMENTACIÓN	LOTE	1	\$ 584,000.00	1	\$ 584,000.00
INSTALACIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	LOTE	1	\$ 1,830,175.00	1	\$ 1,460,000.00
ASISTENCIA TÉCNICA Y GARANTÍA	LOTE	1	\$ 1,344,600.00	1	\$ 1,344,600.00
CAPACITACIÓN	LOTE	1	\$ 2,134,220.00	1	\$ 2,134,220.00
TOTAL			\$ 34,471,035.00		\$ 28,245,711.00

Así se realiza la tabla VII.I referente a la comparación de costos, referida a precios de agosto de 1996:

Una vez determinados los distintos factores que intervienen en un sistema de Radiotelefonía de Trenes, se analiza si es viable económicamente la implementación de este en un sistema de Transporte Colectivo Metro en la Ciudad de México.

Comparando la tabla anterior se observa que el sistema propuesto requiere de una inversión proporcional en lo referente al material y equipo de vanguardia que se utilizaría con sus respectivos adelantos tecnológicos, además de que utilizar cable radiante en zonas subterráneas incrementa el costo considerablemente en cualquier propuesta que utilice este medio para transmitir las señales de comunicación.

Sin embargo, el costo de la instalación disminuye debido a que los materiales y el equipo está diseñado para ensamblarse directamente en el sitio de los trabajos, lo que ocasiona un manejo de suministros en forma completa y por lo tanto su facilidad durante el montaje.

Asimismo, la documentación es muy similar en costo al sistema anterior, debido básicamente a que es tecnología nueva y requiere de información actualizada y acorde a los mejoramientos realizados al sistema que ya se conoce e implementados en base a los requerimientos de la empresa.

En lo referente a la capacitación, refacciones (generalmente el 3% del costo total de los suministros) y la asistencia técnica el costo es similar ya que la inversión en estos parámetros no varía demasiado si se adquiere un sistema cualquiera.

7.3. Supervisión.

Se determina considerando un arancel anual del 5% del costo de construcción, y se destina a la contratación de un grupo de consultoría especializado en la obra electromecánica que se encarga de supervisar la ejecución de los trabajos en el sitio de instalación de acuerdo a los requerimientos de la dependencia.

Además asegura que las instalaciones que el contratista realiza sea con materiales de primera calidad, equipo adecuado, personal calificado y seguridad y respeto a la población que se verá afectada momentáneamente por la obra; apegándose a las especificaciones y normas tanto de proyecto como de construcción vigentes.

$$\begin{aligned} \text{Costo de supervisión} &= \text{Costo de la obra} \times \text{Arancel (5\%)} \\ &= (\$ 28'246,000 \text{ M.N.}) \times (5\%) \\ &= \$ 1'412,300 \text{ M.N.} \end{aligned}$$

7.4. Mantenimiento.

El objetivo principal del mantenimiento es el de mantener las características mecánicas y eléctricas en buen estado, así se asegura que el equipo no falle en ningún momento, sobre todo en situaciones críticas del enlace de los factores naturales que interfieran en la transmisión de información.

El mantenimiento que se debe dar a el equipo debe ser periódico, preventivo y correctivo llevando un control por medio de reportes y bitácoras de los ajustes y composuras que se realicen a los materiales o la equipo en conjunto.

El mantenimiento se clasifica en :

- Periódico.
- Preventivo.
- Correctivo.

7.4.1 Mantenimiento periódico.

Se realiza en un determinado lapso de tiempo con una frecuencia determinada y cuya función primordial es el de asegurar y garantizar el correcto funcionamiento de sus componentes en forma individual y de su integridad como sistema a fin de mantener su operación en forma continua y adecuada sin que ningún factor que pudiera motivar, en su caso, una anomalía en su funcionamiento.

7.4.2. Mantenimiento preventivo.

Debe tenerse un registro para anotar las inspecciones visuales al sistema en operación, realizar reparaciones ligeras, elaborando un programa de futuras intervenciones consistentes en mediciones y pruebas que hagan factible prever una intervención de un mantenimiento correctivo.

7.4.3. Mantenimiento correctivo.

Debe ser capaz de realizar la reparación de una falla eventual de manera adecuada y rápida para minimizar la interrupción del tráfico de los trenes en una Línea en operación, en una instalación fija en las vías de la estación, o bien, en algún armario de las terminales, estaciones o el Puesto Central de Control PCC.

7.5. Capacitación.

El contar con cuadros de personal con una sólida formación ingenieril dedicados a la operación, explotación y mantenimiento del sistema de comunicaciones, asegura en gran parte el éxito y eficacia de un sistema. Lo anterior es en base a que la eficacia esta dada por la calidad de la planeación y la investigación previa, así como por la observación contante de los parámetros que afectan a un sistema de radiotelefonía por personas calificadas en asegurar y garantizar el buen funcionamiento de las comunicaciones que se realizan en las líneas de metro.

Es muy importante que ingenieros y técnicos perfeccionen sus conocimientos, a fin de que sean designados como colaboradores en este proyecto específico

Dentro de la operación de sistemas de comunicación existen actividades especializadas que requieren personal muy competente y bien preparado, que se logra a base de capacitación constante.

La selección de personal debe hacerse con suficiente oportunidad, previniendo la cantidad de personas, nivel de preparación y áreas de estudio. Es recomendable que esa capacitación sea continua y que parte de ella se realice en el lugar donde se instalara el sistema.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el estudio realizado al sistema de comunicación del **Sistema Colectivo Metro de la Línea B** se ha podido constatar la vital importancia de éste. La mayoría de los problemas que disminuyen la vida útil de un sistema de Comunicación y de sus periféricos que lo conforman (antenas, transmisores, receptores y consolas de control), pueden ser previstos si se ejerce un mantenimiento preventivo y correctivo, continuo y adecuado que coadyuven a una confiabilidad y un buen desempeño de la red de Telecomunicaciones.

El Sistema de Radiotelefonía de Trenes a implantar en el Metro de la Ciudad de México, es confiable, seguro y de vital importancia para satisfacer los requerimientos de comunicación a lo largo de la Línea, ayudando a mantener el máximo de eficiencia en sus parámetros operativos, tales como : número de trenes en operación, velocidad comercial, intervalos, tiempos de recorrido, etc.

Para tal fin se hizo necesario calcular las zonas de tracción, el número de Subestaciones de Rectificación, calculo de cobertura en las zonas de tracción, etc., para mantener la operación funcional de las comunicaciones en la Línea, pero sin poner en riesgo la seguridad de las instalaciones ni del usuario y en estricto apego a la normatividad existente.

La implementación de un Sistema de Radiotelefonía de Trenes, además de ofrecer el beneficio económico de sus costos de construcción, satisfaciendo adecuadamente los requerimientos de comunicación de la Línea de transporte de alta capacidad, ayuda a un beneficio adicional, que es el de ofrecer nuevas experiencias, tanto a nivel proyecto, como de construcción y de operación a todo aquel personal que se aplique a su inplantación y/o mantenimiento.

Sin embargo se hace necesario tomar en cuenta algunas recomendaciones aplicables a cada etapa (proyecto, construcción, mantenimiento, operación, etc.), a fin de mejorar resultados y evitar fallas que repercutan considerablemente en el desarrollo de alguna de las etapas mencionadas, dichas recomendaciones se enuncian a continuación.

- Tomar en cuenta las especificaciones del proveedor el equipo, del proyectista y las normas vigentes para tal efecto.

- Tomar todas las precauciones posibles para evitar problemas futuros que puedan afectar a las instalaciones o transporte del usuario o al propio sistema, recomendándose para tal fin un programa de capacitación al personal que este aplicado a la atención de estos equipos.

En resumen, se observa que para lograr una máxima eficiencia tanto en el sistema de comunicaciones, como en la línea de transporte de usuarios, es necesario que se proceda a efectuar una correcta planeación, tanto de las actividades de proyecto y construcción, como de las actividades de operación y mantenimiento.

Es importante señalar que el objetivo fue alcanzado ya que se planteó la realización de un documento de referencia que contenga los elementos básicos que conforman la red de Radiotelefonía de Trenes en el Metropolitano Línea B del Metro, que actualmente se encuentra en construcción; además, podrá ser de gran utilidad si en algún momento dado el Organismo del Sistema de Transporte Colectivo, requiere renovar las Líneas que operan con el Sistema tradicional como es la Telefonía de Alta Frecuencia (T.H.F.), utilice este trabajo como herramienta dentro de la etapa de estudio, para obtener en forma satisfactoria la Instalación, Pruebas y Puesta en Servicio de un Sistema de Radiotelefonía de Trenes.

ANEXO I

1. General.

Esta especificación cubre la construcción física y las propiedades del retardante de fuego, humo bajo, cable coaxial libre de halógeno del tipo (LCX) NH 42D-LCX (FR)M y accesorios para radios de comunicación.

2. Cable Coaxial Leaky: NH 42D - LCX (FR) - M

Dimensiones y Construcciones

Las construcciones y dimensiones serán como se muestra en la tabla A1 y dibujo anexo EH4766075.

Tipo	Construcciones	Dimensiones
Conductor Interno	Tubo de Aluminio	Diámetro externo 17 mm
Aislamiento	Tubo de Polietileno y Polietileno espiral	Diámetro externo 42 mm
Conductor Externo	Cinta de aluminio corrugado para fugas de agua cinta a prueba de fuego laminada en su interior es una cinta de aluminio que es revestida o recubierta con una película plástica	Grosor de la cinta de aluminio: Aproximadamente 0.2 mm
Alambre Conductor	Alambre de acero galvanizado	Número y diámetro Nominal de los hilos del cable: 7/2.6 mm
Fundas exteriores	Fuego retardante, humo bajo, libre de halógeno Color: Negro	Diámetro exterior: aprox. A = 67mm B = 57 mm C = 13 mm Ref: EH4766075
Peso del cable		Aproximadamente 1600 Kg/Km

Tabla A1. Construcción y dimensiones del NH 42D-LCX(FR)-M.

Propiedades Mecánicas y Químicas (continuación)

Las propiedades mecánicas y químicas LCX serán mostradas en la tabla A2.

Materiales	Descripciones	Propiedades
Alambre mensajero	Resistencia de tensión 183	No menor que 2570 kgf
Funda externa (fuego retardante, humo bajo, libre de halógeno.)	Elongación en rompimiento por BS 6234	No menor que 0.8 kgf/mm
	Detector de humo (NFPA 258 generación de humo de materiales sólidos 1982)	Densidad de humo óptico no será más de 150, cuando un espécimen 0.5 mm de espesor es probada en el modo de encendido.
	Índice límite de oxígeno ASTM-D-2863.	No menor de 30.
	Índice de temperatura (T1) ASTM D-2863	260 Grados Centígrados
	Cantidad de ácido halógeno IEC754- Parte 1	Menor que 0.5 %
Funda Interna (Poliétileno)	Resistencia de rompimiento BS 6234.	No menor que 1 kgf/mm
	Elongación de rompimiento 6234	No menor que 300 %

Tabla A2. Propiedades Mecánicas y Químicas NH 42D-LCX (FR)-M

3. Conectores

Construcción y propiedades eléctricas estarán de acuerdo con las tablas A3 y A4.

Materiales	Descripciones	Propiedades
Aislamiento (Poliétileno)	Elongación de rompimiento 6234	No menor de 300%
	Tensión de rompimiento por BS6234	No menor de 1Kgff/m ²
	Temperatura por Humedad y resistencia al calor	Arriba de 75 Grados Centígrados (poliétileno) Una cinta a prueba de fuego para protección a 800 grados C.
Cable	Prueba de flama vertical por BS4066 IEC332-Par3	Pasar
	Prueba de emisión de humo en un cubo de 3m LTE.	Cera certificado por el laboratorio de transporte de Londres
	Radio de curvatura mínimo de NH-42D-LCX (FR)-M	500 mm a la vez 750 mm a la vez.

Tabla A3. Propiedades Mecánicas y Químicas NH 42D-LCX (FR)-M (continuación).

Partida	Tipo	Número	Construcciones	Serie tipo Q	Notas
3.1	N-J-42LCX(NX)	1	Conectores	1	EH3760079
		2	Cementos C	1	20 g
		3	Cintas de unión	2	---
		4	Cintas adhesivas PVC	1	---
		5	Cintas de aluminio adhesivas	1	---
		6	Cepillos	1	---
		7	Cordeles juntos	10 m	---
		8	Grasa de Silicon	1	10 g

Tabla A4. Construcción de conectores N-J-42LCX (NH)

Partida	Propiedades
Resistencia de aislamiento entre el interior y exterior de conductor	No menor de 1000 M ohms/Km. con 500 VDC
Resistencia dieléctrica entre el interior y el exterior de un conductor	1000 VAC por un minuto.
Características de impedancia, valor nominal	50 ohms

Tabla 5A. Propiedades eléctricas de los conectores N-J-42LCX (NH).

Partida	Propiedades
Impedancia de entrada, valor nominal	50 ohms
Relación de voltaje - potencia	No mayor que 1.2. de 500 MHz a 1000 MHz.
Relación de potencia	2w

Tabla 6A. Propiedades eléctricas.

Partida	Descripciones y Modelos	# de parte	Construcciones	Serie tipo Q	Matriculas
01	Recortadores de suspensión CSC-112	1 2	Recortador de suspensión	1 1	E114709443 #1, L=120 mm E113720161 #12CA
02	Soporte final del brazo muerto 7/2.6R	1 2 3	Final del brazo muerto ejecutado por un aguadrera	1 1 2	E114729125 E114730229GG-26 E113720161#12C A

Tabla 7A. Construcción de circuitería.

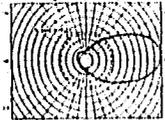
Base Station 806/960 MHz

9 dB Gain Broadband Corner Reflector 8 dB Gain Broadband Yagi

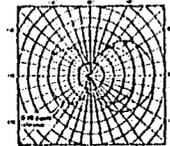
Model
ASP-960
ASP-962
SERIES



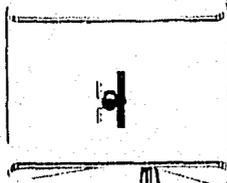
Horizontal Patterns



ASP-960



ASP-962



ASP-960

Model ASP-960

- **Point-to-Point** — high gain and highest front-to-back ratio for critical long path or low power applications
- **Dependable** — gold plated aluminum construction for long, trouble-free service
- **Broadband** — one model covers all trunking/conventional and cellular telephone frequencies
- **Versatile** — may be stacked with more corner reflectors for additional gain or with omni antennas for keyhole patterns

Model ASP-962

- **Easy to Install** — 8 dB gain directional coverage with small, lightweight yet strong construction
- **Broadband** — two models to cover 806-896 MHz (ASP-962) or 890-960 MHz ranges (ASPG962)
- **Rugged** — extensive welding of gold plated boom and elements for maximum life
- **Interference Eliminator** — 20 dB front-to-back ratio to meet FCC MDS & MAS antenna requirements

SPECIFICATIONS

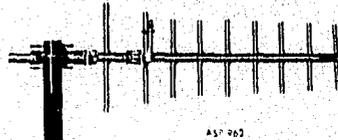
Electrical	ASP-960	ASP-962
Power	100 watts	150 watts
Gain (Forward)	9 dB minimum	8 dB (G: 10 dB minimum)
Front-to-Back Ratio	23 dB minimum	15 dB (G: 20 dB minimum)
Frequency Range	806-896 MHz	806-890 MHz (G: 890-960 MHz)
Bandwidth	90 MHz	50 MHz
VSWR	Less than 1.5:1	Less than 1.5:1
Impedance	50 ohms nominal	50 ohms nominal
Vertical Beamwidth	56 degrees	43 degrees
Horizontal Beamwidth	45 degrees	52 degrees
Termination	RG-213/U cable 3 ft (91.4 cm) with male N connector supplied	14 female; no cable supplied

Mechanical

Rated Wind Velocity	100 mph (161 km/h)	100 mph (161 km/h)
Lateral Thrust	77 lb (32 kg)	6.36 lb (2.9 kg)
Bending Moment	35 ft lb (4.8 kg-m)	12A
Torque Moment	35 ft lb (4.8 kg-m)	6.32 ft lb (0.9 kg-m)
Equivalent Flat Plate Area	1.97 ft ² (0.18 m ²)	0.159 ft ² (0.02 m ²)
Height	14 inches (35.6 cm)	27 inches (68.8 cm)
Weight	4.4 lb (2 kg)	1.125 lb (0.5 kg)
Material	Heavy aluminum, gold white finish	Aluminum, gold inlaid finish
Mounting	Two 1/2" bolts accepting up to 1/8" inch (3.2 mm) (C.D.) mounting pipe	1/2" bolt accepting up to 1 inch (25.4 mm) (C.D.) mounting pipe

Shipping Information

Weight	5 lb (2.3 kg)	2 lb (0.9 kg)
Dimensions	15 x 14 1/2 x 8 1/2 inches (38 x 37 x 22 cm)	28 x 8 1/2 x 2 1/2 inches (72 x 21 x 6.3 cm)



ASP-962

Base Station 445/512 MHz

Broadband 10 dB Gain Yagi Antenna Economy 7.5 dB Gain Yagi Antenna

Model
ASP-760
ASPR766
SERIES

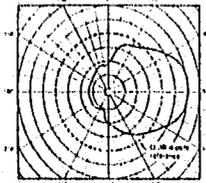


- **Extended Range** — both 10 dB and 7.5 dB gain versions for optimum signal in point-to-point applications
- **Broadband** — wide coverage of selected frequency ranges provides no tuning installations
- **Rugged** — extensive welding of gold iridized boom and elements for maximum life
- **Interference Eliminator** — 15 dB minimum front-to-back ratio meets FCC control station requirements
- **Versatile** — use for point-to-point, selected area coverage, reduction of noise and offending signals, and combining with omni antennas for special keyhole patterns

SPECIFICATIONS

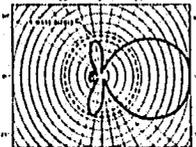
Electrical	ASP-760	ASPR766
Power (watts)	250	100
Gain (dB)	10	7.5
Front-to-Back Ratio (min. dB)	15	15
Frequency Range (MHz)	445-470	445-470
(ASP prefix)	—	470-488
(ASPR prefix)	—	488-512
(ASPC prefix)	494-512	—
Bandwidth (MHz)	20	20
VSWR	Less than 1.5:1	—
Impedance	50 ohms nominal	—
E-plane Beamwidth	46°	50°
H-plane Beamwidth	60°	60°
Lightning Protection	Direct Ground	—
Termination	RG-213/U	UHF female
	24 inch (61 cm) length with 11 male conn.	—
Feed Method	Gamma matched driven element	
Mechanical		
Rated Wind Velocity	212 mph (341 km/h)	270 mph (435 km/h)
Internal Weight	16.4 lb	7.6 lb
Inertial Moment	7.4 (kg)	3.5 (kg)
	26.5 ft-lb	8.4 ft-lb
Equivalent Flat Plate Area	3.7 (kg-m)	1.2 (kg-m)
Boom Length	0.33 ft (10.07 m)	0.02 ft (0.02 m)
Weight	45 inches (1170 cm)	30 inches (76.2 cm)
Elements	5.7 lb (2.6 kg)	1.75 lb (0.8 kg)
Elements	Aluminum welded to boom	—
Finish	Gold Inlaid treated	—
Mounting	Vertical or horizontal U bolts for up to 2 1/4 inch (60.3 mm) O.D.*	U bolts for up to 2 1/4 inch (57.2 mm) O.D.*

Horizontal Field Pattern,
Vertically Polarized



ASP-760

Vertical Radiation Pattern



ASPR766



ASP-760

122



ASPR766

Shipping Information

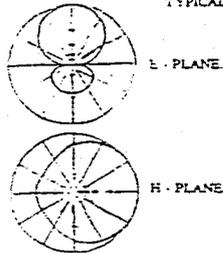
Weight	8 lb (3.6 kg)	4 lb (1.8 kg)
Dimensions	14 x 4 1/4 x 48 inches (35.5 x 10.8 x 122 cm)	3 1/2 x 3 x 36 1/2 inches (8.9 x 7.6 x 93 cm)

*See catalog sections for mounting hardware, cables, connectors and other materials required for complete installation.

R 70-3

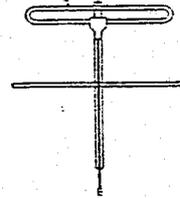
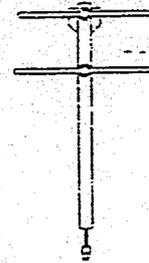
2 ELEMENT YAGI ANTENNAE.

RADIATION PATTERNS.



ELECTRICAL SPECIFICATION.

Frequency range.	48 - 500 MHz
Input Impedance.	50 ohms
Bandwidth.	± 8 % of Centre Frequency.
VSWR.	< 1.5:1
Front to Back ratio.	13 dB
Maximum input Power.	150 Watts.
Polarisation.	Vertical & Horizontal
Gain, dBd.	3 dBd.
3 dB Beamwidth.	E Plane 77° H Plane 144°



The R 70-3 Series Antennae are of a rugged and reliable construction for communication networks use at both VHF & UHF frequencies. The one piece folded dipole incorporates a d.c. short to minimise static interference.

The Balun assembly is totally encapsulated in epoxy resin, thus preventing moisture ingress. The Balun assembly has been tested to BS5490:IP67.

These antennae give a gain of 3 dB over a half wave dipole with front to back ratio typically 13 dB.

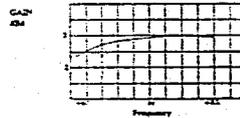
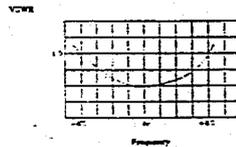
These Antennae are supplied with 3m of RG213 terminated with an 'N' type socket.

- * Frequency range.
68 - 500 MHz.
- * Wide band operation.
- * D.C. Grounded.
- * Rugged & reliable construction.
- * Completely sealed to prevent moisture ingress.

MECHANICAL SPECIFICATION.

Connection.	3 m Length of RG 213 with 'N' type socket. (7.5 when available upon request.)
Elements.	V507 19.7 mm dia. x 1.6 mm wall Aluminium Alloy Grade 6061T6 to BS 1471/1/1 L207 12.7 mm dia. x 1.6 mm wall Aluminium Alloy Grade 6061T6 to BS 1471/1/1/1
Support Boats	31.7mm dia. x 1.2 mm wall Aluminium Alloy Grade 6061T6 to BS 1471/1/1/1
Fasteners.	Stainless Steel Grade A2-70 to BS6135
Saddle clamps.	Domex Zinc Alloy.
Insulator.	Ever-Elec Encapsulated.
Lightning protection	Direct Connected
Weight.	V507 3.3 kg L207 1.3 kg
Length.	V507 1.3 m L207 0.6 m.
Wind loading @ 45 m/s	V507 180 N L207 50 N

TYPICAL PERFORMANCE.



GLOSARIO

APARATOS DE VÍA.- Accesorios que permiten el traslado del material rodante de una vía a otra. Poseen una vía recta y una vía desviada, dependiendo de la colocación de esta última, se nombran a la derecha o a la izquierda.

BALASTO.- Material graduado, producto de la trituration y clasificación de la piedra, que sirve para transmitir a la estructura de apoyo las cargas concentradas que recibe de los durmientes, ofrece determinada resistencia a los determinados desplazamientos de la vía, asegura el drenaje y la evacuación de las aguas de lluvia o filtradas, constituye un amortiguador de vibraciones y permite una rectificación rápida de la nivelación y el trazo.

BARRA GUÍA.- Perfil metálico, cuya función es servir de guía al material rodante y como conductor de la energía eléctrica de tracción.

CADENAMIENTO.- Valor determinado por distancias obtenidas en campo sobre los puntos preestablecidos.

CIRCUITO DE VÍA.- (CDV), conjunto de dispositivos eléctricos que regula automáticamente el tráfico de trenes en las Líneas del Metro, por medio de secciones formadas de rieles aislados entre sí.

EJE DE VÍA.- Línea virtual que sirve de referencia para ubicar paralela y simétricamente todos los elementos que conforman la vía.

FOSAS DE VISITA.- Espacio abierto bajo las vías, que permite efectuar la revisión y mantenimiento de los carros del Metro.

GÁLIBO.- Dimensión mínima de la sección transversal al eje de la vía, que debe estar libre de obstáculos para permitir el paso de los trenes.

HOMOLOGACIÓN.- Aprobación o autorización de materiales, productos o equipos, para su utilización en las instalaciones del Metro.

INTERESTACIÓN.- Distancia entre dos estaciones consecutivas.

INTERVALO.- Lapso de tiempo que debe existir entre el paso o salida de los trenes.

JEFE DE ESTACIÓN.- Persona encargada de la operación y control de una estación de las Líneas del Metro.

JEFE DE REGULADORES.- Programa las salidas y números de trenes, vigila y modera el control de todos los tableros de control óptico y del centro de comunicaciones.

LÍNEA (SUPERFICIAL, SUBTERRÁNEA Y ELEVADA).- Conjunto formado por las vías y pistas (sobre las cuales circulan los trenes del sistema Metro), los accesorios de vía, los dispositivos de operación y control de los trenes, su estructura de apoyo, las estaciones y demás instalaciones auxiliares.

LOCAL TÉCNICO.- Local cerrado y cubierto, localizado en las estaciones, previamente acondicionado, donde se concentran los equipos de control del Metro.

LORRY.- Vagoneta pequeña utilizada para transportar materiales necesarios para la construcción o reparación de una vía, etc.

METRO.- Contracción convencional de Metropolitano, con el que se designa el Sistema de Transporte Colectivo del tren Metropolitano.

MURO MILÁN.- Muro de contención de concreto armado, en la parte final de un cajón o túnel para delimitar el área.

OBRA CIVIL.- Conjunto de actividades de construcción de una edificación o instalación dentro del campo de la ingeniería civil que se ejecutan sobre, en o bajo el nivel del terreno superficial, sujeto a lo indicado en el proyecto y a las especificaciones o normas que rigen esa construcción.

OBRA ELECTROMECÁNICA. - Conjunto de trabajos de construcción o preparación encaminados a la instalación de equipos y sistemas electromecánicos.

PUESTO CENTRAL DE CONTROL (P.P.C.). - Local donde se tiene un conjunto de elementos e instalaciones que centralizan la información de equipos y los medios de control y mando.

PUESTO DE RECTIFICACIÓN (P.R.). - Se denominan también subestaciones de rectificación, cuya función es la transformación de la energía de suministro que llega en corriente alterna, a 750 volts de corriente continua y la alimentación de las vías.

PUESTO DE MANIOBRA. - Lugar donde se lleva a cabo el control de circulación de trenes en colas, nave de depósito y talleres.

TABLESTACA. - Estructura formada por tablonces de madera, por perfiles metálicos especiales o por piezas de concreto reforzado o preesforzado, que se hincan en el terreno para formar paredes de atagulas o de contención de tierra en trabajos de cimentación o de otra índole, o bien, como defensa contra corrientes de agua.

TRAMO. - Porción de una barra o construcción comprendida entre dos puntos determinados.

TROCHA. - Distancia entre paños interiores de hongo de riel de una vía, medida a 10 mm. por debajo del nivel de rodamiento.

VELOCIDAD COMERCIAL. - Velocidad media a la que circula el tren, considerando en ésta los tiempos de permanencia en las estaciones.

VÍAS DE ENLACE. - Vía que permite el enlace o comunicación entre dos Líneas de la red del Metro.

VÍAS PRINCIPALES. - Se denomina vía 1, a una de las vías que integra una Línea del Metro; la otra vía se designa vía 2. La designación de la numeración está dada en el proyecto de la Línea a construir.

BIBLIOGRAFÍA

- T.T. Introducción a los Sistemas de Telecomunicaciones**
A.T. P. H. Smale
E.D. Trillas
- T.T. Electronic Communications Systems**
A.T. Wayne Tomasy
E.D. Pretice Hall
- T.T. Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones**
A.T. Roger L. Freeman
E.D. Limusa
- T.T. Optimized Frecuncy Plannig for Nodal Points in a Digital Radio-Relay Network**
A.T. Heinz Carl
E.D. Telefon AB LM Ericsson
- T.T. Fundamentos de Propagación de Microondas**
A.T. Nobora Yamine
E.D. Publicado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- T.T. Manual Operacional y Funcional, Metro de México, Línea No. 8**
A.T. Halberthal
E.D. Sociedad Halberthal Electronique S.A.
- T.T. Manual del Radioaficionado Moderno**
A.T. Serie Mundo Electrónico
E.D. Alfaomega

T.T. Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos
A.T. Nestor Gonzales Sainz
E.D. Mc. Graw Hill

T.T. Principios de Comunicaciones
A.T. R. E. Ziemer y W.H. Tranter
E.D. Trillas

T.T. Sistemas de Comunicación Móvil
A.T. Domingo Lara, David Muñoz y Salvador Rosas
E.D. Alfaomega

T.T. Manual de Especificaciones Técnicas
E.D. COVITUR