

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**RED PARA LECTURA DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA
CIUDAD CAPITAL. (APLICADA A LOS CONSUMIDORES EN EL RANGO
1,600-4,500KW).**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA POR**

**JOSÉ ANIBAL SILVA DE LOS ANGELES
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**

INGENIERO ELECTRÓNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1999.



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece
la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala,
presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**Red para lectura del consumo de energía eléctrica de la ciudad capital.
(Aplicada a los consumidores en el rango 1,600-4,500KW).**

Tema me fuera asignado por la Dirección de la
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
con fecha 13 de enero de 1998.

No. Ref. EIME.002.98

José Anibal Silva de los Angeles

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL I:	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II:	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL III:	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL IV:	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL V:	Br. Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA:	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR:	Ing. Edwin Alberto Solares Martínez
EXAMINADOR:	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR:	Ing. Luis Arturo González López
SECRETARIA:	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

Guatemala 3 de Mayo de 1999

Ingeniero Julio Solares
Coordinador del área de Electrónica
De la Escuela Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Julio Solares:

Por medio de la presente, me permito informar que habiendo asesorado al estudiante: José Anibal Silva de los Angeles en el trabajo de tesis titulado: RED PARA LECTURA DEL CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA DE LA CIUDAD CAPITAL. (APLICADA A LOS CONSUMIDORES EN EL RANGO 1,600-4,500KW) y llenando esta los objetivos trazados, extiendo la aprobación de la misma.

Por lo tanto, el autor de tesis y yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Sin otro particular, me es grato suscribirme, atentamente



Ing. Enrique Ruiz



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 3 junio de 1999

Señor Director
Ing. Roberto Urdiales Contreras
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

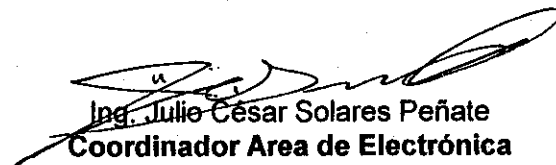
Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado: **RED PARA LECTURA DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA DE LA CIUDAD CAPITAL. (APLICADA A LOS CONSUMIDORES EN EL RANGO 1,600 – 4,500kw)**; desarrollado por el estudiante **José Anibal Silva de los Angeles**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Julio César Solares Peñate
Coordinador Area de Electrónica

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis del estudiante José Aníbal Silva de los Angeles, titulado: Red para lectura del consumo de energía eléctrica de la Ciudad Capital. (Aplicada a los consumidores en el rango 1,600 - 4,500kw), procede a la autorización del mismo.

Ing. Roberto Urdiales Contreras

Director

Guatemala, 8 de junio de 1,999.



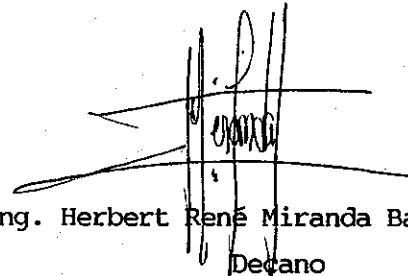
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



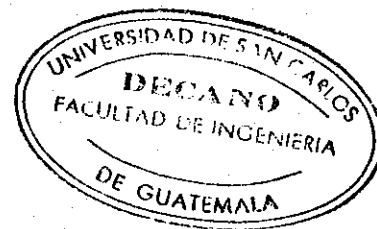
FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: Red para lectura del consumo de energía eléctrica de la Ciudad Capital. (Aplicada a los consumidores en el rango 1,600 - 4,500 kw), del estudiante José Aníbal Silva de los Angeles , procede a la autorización para la impresión de la misma .

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios
Decano

Guatemala, septiembre de 1,999.



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	VI
GLOSARIO	VII
INTRODUCCIÓN	IX
1. GENERALIDADES DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS	1
1.1 Propagación	1
1.2 La atmósfera terrestre y fenómenos en la propagación	3
1.3 Propagación en VHF y UHF	5
1.4 Organismos internacionales	6
2. GENERALIDADES SOBRE RADIO COMUNICACIÓN	9
2.1 Líneas de transmisión	9
2.2 Antenas	12
2.3 Radio transmisor	16
2.4 Radio receptor	18
2.5 Radio modem	18
2.6 Capacidad del canal de comunicación	19
3. CARACTERÍSTICAS DE UNA RED	20
3.1 Definición y arquitectura de una red	20
3.2 Protocolo AX.25	23
3.3 Norma RS-232C	25

4.	FUNCIONAMIENTO DE LA RED	27
4.1	Sistema de software para la red	30
4.2	Funcionamiento del contador de energía eléctrica	30
5.	DISEÑO DE LOS EQUIPOS PARA LA RED	34
5.1	Aspectos generales para el diseño	34
5.2	Rango de frecuencia para la operación de la red	38
5.3	Análisis topográfico de la ciudad capital de Guatemala	40
5.4	Cálculos de los enlaces	52
6.	ANÁLISIS DE COSTOS DE LA RED	65
6.1	Análisis de flujo efectivo	71
	CONCLUSIONES	75
	RECOMENDACIONES	76
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No	Título	Pág.
1	Estructura de la atmósfera terrestre	4
2	Antena YAGI de 9 y 10 elementos	15
3	Antenas YAGI comerciales	15
4	Muestra de una sección de una torre	16
5	Capas que componen una red	21
6	Estructura de la trama de información en AX.25	23
7	Estructura de la red de medición energía eléctrica	28
8	Funcionamiento de la red	29
9	Pérdidas por espacio libre	36
10	Pérdidas de energía por sombra de una colina	37
11	Formularios del SIT	39
12	Volcán de Agua en el mapa de AMATITLÁN	40
13	Mapa de la CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA	41
14	Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – INDETA	43
15	Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – VIGUA	44
16	Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – GINSA	45
17	Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – COLGATE	46
18	Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – HORNOS DE CAL SA	47
19	Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – MOLINOS MODERNOS SA	48
20	Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – CERVECERIA CA	49
21	Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – MADERAS DE CA	50
22	Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – ESTACIÓN BASE	51

23	Fotos de INDETA	57
24	Fotos de VIGUA	58
25	Fotos de GINSA y COLGATE	59
26	Fotos de HORNOS DE CAL	60
27	Fotos de MOLINOS MODERNOS	61
28	Fotos de CERVECERIA CA	62
29	Fotos de MADERAS DE CA	63
30	Fotos de ESTACIÓN BASE	64
31	Esquema del funcionamiento del Tlink	66
32	Medidor de energía y sus conexiones con computadoras	68
33	Comportamiento del pago de interés y capital	74

TABLAS

No	Título	Pág.
I	Nomenclatura de las bandas de frecuencia y de las longitudes de onda empleadas en radio comunicación	2
II	Valores característicos de cables coaxiales RG/U	11
III	Niveles de potencia de la señal portadora	35
IV	Perdidas debidas a las condiciones del área de operación	36
V	Usuarios y la base para la red	42
VI	Especificaciones de la repetidora	54
VII	Especificaciones de las estaciones sin problema de obstáculo	54
VIII	Especificaciones de las estaciones con problema de obstáculo	54
IX	Resumen de los cálculos de los enlaces	55
X	Costos de los equipos de la estación repetidora	56
XI	Costo de la estación base	57
XII	Costos de los equipos a instalar al usuario sin problema de obstáculo	58
XIII	Costos de los equipos del usuario con problema de obstáculo	58
XIV	Resumen de costos de los equipos a instalar	58
XV	Costos de operación	59
XVI	Costo de dos empleados para la lectura del consumo	59
XVII	Cálculo del interés del préstamo y cobro mensual al usuario	60
XVIII	Análisis de flujo efectivo	63

LISTA DE SÍMBOLOS

	Símbolo	Descripción
	λ	Longitud de onda
	Ω	Ohm unidad de medida resistencia eléctrica

GLOSARIO

	Descripción
AM	Amplitud modulada
Ancho de banda	Es la diferencia entre la frecuencia más alta y más baja disponibles en un espectro de frecuencias.
AX.25	Nombre de la norma para comunicación por radio de la CCIR
Baudio	Velocidad de transporte de bits
CCIR	Comité consultivo internacional de radio frecuencias
CCIT	Comité consultivo internacional de telecomunicaciones
F	Frecuencia de una señal eléctrica
FM	Frecuencia modulada
FSK	Modulación por cambio de frecuencia
Hercios	Unidad de medida de la frecuencia
KHz	1000 Hz
Km/s	Unidad de medida de la velocidad kilometro por segundo
Módem	Dispositivo capaz de modular y demodular señales
Modulación	Cambio de alguna característica de una señal eléctrica

SHF	Super alta frecuencia
UHF	Ultra alta frecuencia
UIT	Unión internacional de telecomunicaciones
VHF	Muy alta frecuencia
Zo	Impedancia característica

INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata sobre la lectura del consumo de energía eléctrica de los usuarios INDETA, CERVECERÍA C.A., GINSA, HORNOS DE CAL, VIGUA, MADERAS DE C.A., COLGATE, MOLINOS MODERNOS ubicados en la capital de Guatemala.

Debido a que las una red alámbrica para unir al servidor con los usuarios implica un costo en infraestructura muy alto, además de llenar requisitos y permisos de la municipalidad. Una red por ondas electromagnéticas adolece de los problemas anteriores, porque tiene poco gasto en infraestructura y operación teniendo como medio de transporte el aire, los requisitos para la operación son dos frecuencias de trabajo con sus respectivos anchos de banda que se obtiene en la superintendencia de telecomunicaciones de Guatemala, la instalación de una repetidora en el Volcán de Agua, la instalación de los equipos necesarios para los usuarios y la instalación en la estación base donde se localiza el servidor.

En los primeros tres capítulos se proponen bases necesarias para el diseño de la red de radio. En el capítulo cuatro se muestra el funcionamiento de la red; en el capítulo cinco se presentan los perfiles de los enlaces y análisis completo de las trayectorias, utilizando todo lo anterior para cálculo de potencia y ganancia de antenas. En el capítulo seis se realizan estimación de costos de instalación y operación de la red.

1. GENERALIDADES DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

1.1 Propagación

Las ondas electromagnéticas no necesitan de un medio material para desplazarse; atraviesan materiales aislantes, el aire, el vacío, así como el espacio exterior a la atmósfera llamado espacio intersideral. La velocidad a la que viajan estas ondas es la misma que la de la luz en el espacio libre corresponde a 300,000 Km/s; en otros medios, esta velocidad esta afectada por la constante dieléctrica del material que atraviese.

Toda onda electromagnética tiene dos campos: eléctricos y el magnético. Estos son campos variables en el tiempo (Collin, 1985.341). Entre las características de las ondas electromagnéticas:

La longitud de onda esta en función de la velocidad de propagación en el vacío y de su frecuencia viene expresada por la formula $\lambda=300,000/f$, donde λ es la longitud de onda expresada en metros y f es la frecuencia expresada en hercios. Vea tabla I.

La polarización es una característica de las ondas electromagnéticas es su polarización, que esta determinada por las líneas de fuerza del campo eléctrico. Se dice que una onda está polarizada verticalmente cuando las líneas tienen dirección vertical y cuando son perpendiculares a ella tiene polarización horizontal; en varios casos y particularmente con las ondas VHF, UHF y SHF suceden que la polarización no sigue siempre el mismo plano. Pueden variar su sentido cuando a lo largo de su desplazamiento se producen reflexiones.

Tabla I. Nomenclatura de las bandas de frecuencia y de las longitudes de ondas empleadas en radio comunicación

Numero de la banda	Gama de frecuencias (excluido el limite inferior pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviatura
4	3-30 KHz	Ondas milimétricas	VLF
5	30-300 KHz	Ondas kilométricas	LF
6	300-3,000 KHz	Ondas hectométricas	MF
7	3-30 MHz	Ondas decamétricas	HF
8	30-300 MHz	Ondas métricas	VHF
9	300-3,000 MHz	Ondas decimétricas	UHF
10	3-30 GHz	Ondas centimétricas	SHF
11	30-300 GHz	Ondas milimétricas	CHF
12	300-3,000 GHz	Ondas decimilimétricas	

Fuente: Manual del radio aficionado, página 35.

La intensidad en el espacio libre, a medida que una onda electromagnética se aleja de la antena que la radia, sufre una progresiva disminución en su intensidad. Es inversamente proporcional a la distancia. En la propagación terrestre y a través de la atmósfera hay una serie de condiciones que disminuyen la intensidad recibida en un punto distante.

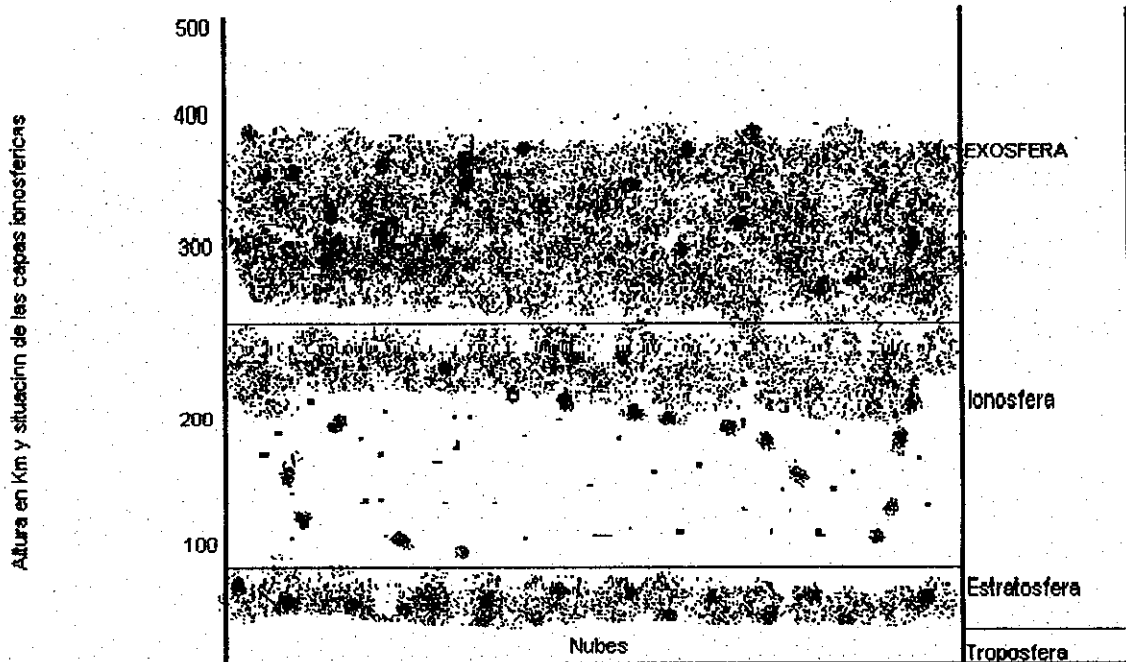
La intensidad de la onda electromagnética de radio se mide por la diferencia de potencial que excite entre dos puntos situados en la dirección del campo eléctrico y separados por un metro; la unidad de medida es el voltio/metro, pero dado que es una unidad muy grande y normalmente se utiliza el mV/metro y el μ V/metro.

1.2 La atmósfera terrestre y fenómenos en la propagación

La atmósfera terrestre está dividida en cuatro capas principales; la que está en contacto con la corteza terrestre y llega a alcanzar 18Km de espesor sobre el ecuador es la tropósfera. Le sigue la estratósfera que se extiende hasta el 80 Km de altura, luego a continuación la ionosfera.

Estas capas se subdividen en regiones relativamente limitadas y delgadas que pueden ionizarse y producir la reflexión o refracción de las ondas electromagnéticas. La última capa esta a 380Km y se denomina exosfera. Vea figura 1.

Figura 1. Estructura de la atmósfera terrestre



Fuente: Manual del radio aficionado, página 41.

En la propagación de las ondas electromagnéticas existen una serie de fenómenos, comunes a todas las otras radiaciones electromagnéticas, como la luz. Entre estos fenómenos tenemos: reflexión, refracción y difracción.

La reflexión es cuando una onda choca contra una superficie y es devuelta. Normalmente, en parte se produce una reflexión; en el caso de que se trate de una superficie conductora se refleja casi toda la energía que llegue a ella, disminuyendo su poder reflexión a medida que sea más aislante. La reflexión de las ondas de radio cumple las mismas leyes que en óptica y en el caso de un espejo plano el ángulo incidente es igual al de reflexión.

La refracción es el fenómeno que desvía la dirección de propagación de las ondas de radio cuando éstas pasan de un medio a otro medio. La velocidad de propagación es diferente. En la atmósfera se da esta circunstancia por varias causas, tales como: temperatura, humedad, etc., que producen una diferente conductividad en distintas capas.

La difracción es el fenómeno en el cual el comportamiento de las ondas de radio tiene mucha semejanza a las ondas luminosas. Todo rayo de luz que encuentra un obstáculo en su trayectoria produce sombra y penumbra; una onda de radio que encuentre un obstáculo deja al otro lado una zona de sombra o un área en la cual no se recibe la onda y una parte entre la sombra y la zona iluminada en donde la intensidad de campo es muy pequeña en comparación con el área de rayo directo.

1.3 Propagación en VHF y UHF

La tropósfera es la parte de la atmósfera que está en contacto con la Tierra y tiene un espesor aproximado de 10Km (Collin 1985.350), a través de ella se realizan las comunicaciones de HF de corto alcance así como las de VHF y superiores.

La densidad de la troposfera en condiciones normales disminuye proporcionalmente a la altura provocando una curvación de las ondas emitidas con un ángulo de radiación pequeño.

El alcance de una onda de radio que se propague por la tropósfera siempre que el terreno sea despejado entre los puntos del transmisor y receptor esta dado por:

$$D = 4.1 * (\sqrt{H1} + \sqrt{H2})$$

Donde D = Distancia expresada en metros, H1 y H2 son las alturas en que se encuentran las antenas sobre el nivel del mar expresadas en metros.

La intensidad de una onda que se propaga por la tropósfera varia de acuerdo con las características del tiempo meteorológico, turbulencias en el aire, humedad, temperatura, etc.

Para este sistema de propagación la polarización de las ondas se mantiene a lo largo del circuito, lo que obliga a tener en los dos terminales la misma polarización de la antena.

1.4 Organismos internacionales

El organismo internacional más importante es la UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES abreviada U.I.T., es una organización intergubernamental que cuenta con más de 140 países miembros. Y su sede se encuentra en Ginebra desde 1948.

Entre los objetivos de la U.I.T. están: mantener y ampliar la cooperación internacional para el mejoramiento y el empleo racional de toda clase de telecomunicaciones, favorecer el desarrollo de los medios técnicos y su más eficaz explotación, para aumentar el rendimiento de los servicios de las telecomunicaciones, acrecentar su empleo y generalizar su utilización pública, armonizar los esfuerzos de las naciones para la consecución de estos fines.

La estructura de la U.I.T. está formada por los organismos siguientes: Conferencia de Plenipotenciarios, Conferencias Administrativas, Consejo Administrativo y Organismos Permanentes.

La Conferencia de Plenipotenciarios, es el organismo supremo: establece los principios generales de la política de la UIT. Revisa el convenio, elige a los 36 miembros del Consejo de Administración, al Secretario General, al Vicesecretario General y a los cinco miembros de la IFRB. Está integrada por delegaciones que representan a los integrantes de la unión. Se reúne normalmente cada cinco años.

Las Conferencias Administrativas: se convocan normalmente para estudiar cuestiones especiales de telecomunicaciones, son de dos clases, mundiales y regionales.

El Consejo Administrativo está constituido por 36 miembros de la unión. Celebra una reunión anual y es el encargado de adoptar las medidas necesarias para facilitar la aplicación, por parte de los miembros de la unión, de las disposiciones de la conferencia de los reglamentos administrativos.

La Secretaría General es responsable ante el Consejo de Administración de todos los aspectos administrativos y financieros de la actividad de la unión y coordina las actividades de los organismos permanentes. Está encargado de la publicación de los reglamentos administrativos y de otras obras de la UIT, y de la ejecución de los programas de cooperación técnica.

El Comité Consultivo Internacional de Radio Comunicaciones (CCIR) y el Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico (CCITT) son los encargados de: estudiar y formular recomendaciones acerca de las cuestiones técnicas y de explotación relativa a la radio comunicaciones (CCIR), estudiar y formular recomendaciones acerca de las cuestiones técnicas, de explotación y tarificación relativas a la telegrafía y la telefonía (CCITT).

2. PRINCIPIOS DE RADIO COMUNICACIÓN

2.1 Líneas de transmisión

Es un medio por el cual se transportan ondas electromagnéticas de un lugar a otro. Existen varios tipos de líneas de transmisión, pero la más importante para el uso en las bandas de frecuencia de VHF y UHF es la línea coaxial.

Entre los aspectos físicos de la línea coaxial está su construcción, que consiste en un conductor ubicado en el centro de la circunferencia que forma el otro conductor separados por un dieléctrico. Es fácil de instalar. El conductor exterior es envuelto en una capa de plástico para su protección. El conductor central está formado por varios hilos de trenzados entre sí para darle mayor flexibilidad; entre el conductor interno y el externo va un dieléctrico que debe cumplir con las características de inalterabilidad, resistencia y buena constante dieléctrica.

El polietileno es el material más común utilizado, el cual permanece flexible en un rango de temperaturas de -40°C y 80°C . Entre las características eléctricas de la línea de transmisión están: la impedancia y el factor de velocidad.

Impedancia: está determinada por los materiales que constituyen a la línea como diámetro y disposición de los conductores así como el dieléctrico que los separa. El valor de la impedancia característica Z_0 se halla en función de la autoinductancia y de la capacitancia de la misma. Se expresa por la fórmula:

$$Z_0 = \sqrt{L/C}$$

En el caso de líneas coaxiales se han normalizado en dos grandes grupos, según sea su impedancia característica: de 50Ω y de 70Ω . La fórmula para calcular la impedancia característica de la línea coaxial con dieléctrico k es:

$$Z_0 = (138 \cdot \log(D/d)) / \sqrt{k}$$

donde: D es el diámetro interno del conductor externo, d es el diámetro del conductor interno, k es la constante dieléctrica del material

Factor de velocidad: es la relación entre la velocidad con que una onda electromagnética viaja por una línea de transmisión y la velocidad con que se propagaría en el caso de una línea teórica cuyo dieléctrico es uno. Este factor siempre es mayor de uno, ya que la constante dieléctrica siempre es mayor que uno. Cuanto menor sea el factor de velocidad más tardará en recorrer la línea.

Actualmente, en el mercado existen cables coaxiales llamados flexibles que llevan la denominación RG/U seguida por un número para su identificación. También existen líneas cuyo dieléctrico es un gas inerte; en ellas el conductor central se mantiene equidistante al conductor exterior mediante cuentas de material aislante puestas a intervalos a lo largo del cable. Ver tabla II la cual se trata de una tabla que proporciona el fabricante sobre cables coaxiales RG/U.

Tabla II. Valores característicos de cables coaxiales RG/U

Cable	Impedancia	Factor velocidad	Atenuación dBW/ 30 metros
RG5/U	52.5	0.659	2.9
RG5B/U	50	0.659	2.4
RG6A/U	75	0.659	2.9
RG8A/U	50	0.659	2
RG9/U	51	0.659	2
RG9B/U	50	0.659	2.1
RG10A/U	50	0.659	2
RG11A/U	75	0.660	2.3
RG12A/U	75	0.659	2.3
RG13A/U	75	0.659	2.3
RG14A/U	50	0.659	1.4
RG16/U	52	0.670	1.2
RG17A/U	50	0.659	0.8
RG18A/U	50	0.659	0.8
RG19A/U	50	0.659	0.68
RG20A/U	50	0.659	0.68
RG21/U	50	0.659	13
RG29/U	53.5	0.659	4.4
RG34A/U	75	0.659	1.3
RG34B/U	75	0.660	1.4
RG35A/U	75	0.659	0.85
RG54A/U	58	0.659	3.1
RG55/U	53.5	0.659	4.8
RG55A/U	50	0.659	4.8
RG58/U	53.5	0.659	4.65

Fuente: Manual del radio aficionado, página 55.

2.2 Antenas

La antena es un dispositivo que convierte de una onda guiada a una onda radiada o sea sirve como transductor entre una línea de transmisión y el espacio libre (Collin, 1985.302). Consiste en uno o varios conductores a una cierta altura del suelo. Algunos parámetros básicos de las antenas son: patrón de radiación, directividad y resistencia de radiación.

El patrón de radiación es la distribución relativa de potencia radiada en función de la dirección en el espacio.

La directividad y ganancia es la variación de la intensidad con la dirección en el espacio es la directividad de una antena. La ganancia de una antena es la relación entre la potencia entregada a la antena y la que tendríamos que entregar al radiador isotrópico (es una antena imaginaria que radiase igual energía exactamente en todas las direcciones; este existe solo teóricamente) para obtener la misma intensidad de campo en un punto común a los dos lóbulos. La ganancia de la antena se expresa en dBW.

La resistencia de radiación, es la resistencia equivalente la cual debería disipar la misma potencia como la radiación de la antena cuando una corriente igual entra en las terminales. Entre los tipos de antenas de mas interés para el uso de la red de medición a distancia está las antenas onidireccionales y las antenas direccionales.

El tamaño de las antenas onidireccionales (antena monopolo) es un cuarto de longitud de onda. Su resistencia de radiación es, aproximadamente, 37Ω . Pero al aumentar el número de conductores se puede aumentar la impedancia.

Las antenas direccionales más utilizadas en las bandas de VHF y UHF son las antenas con elementos parásitos o antenas YAGI (esta antena fue inventada en 1926 por el profesor Hidetsugu YAGI de la Universidad de Tokio). A partir de una antena dipolo de media onda se logra que radien o reciban las ondas electromagnéticas en un haz estrecho. Situando un elemento de media longitud de onda a una distancia cuarto de onda de un dipolo excitado la onda radiada por el dipolo llega a este elemento desfasada en un tiempo igual al cuarto de periodo de la onda produciendo una corriente inducida. Esta corriente inducida tiene un sentido tal que el campo producido se opone al inductor produciéndose un desfase de un semiperiodo. De nuevo, este campo, al volver al dipolo, está desfasada un cuarto de periodo sumándose los desfases se ve que las ondas que vuelven en fase con la onda que circula por él sumándose.

La antena YAGI más simple es la formada por el dipolo y un elemento pasivo. Cuando este tiene la longitud 5% más que el elemento dipolo actúa como reflector disminuyendo el lóbulo de radiación trasero para reforzar el delantero y obtener una ganancia en esta dirección. Si al contrario disminuye el 5% actúa como director teniendo el mismo lóbulo. Para calcular los elementos se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\text{Dípolo} = 143/f(\text{MHz}) \quad \text{Reflector} = 148/f(\text{MHz}) \quad \text{Director} = 138/f(\text{MHz})$$

La máxima ganancia de la antena se obtiene al separar al elemento pasivo 0.15 longitudes de onda del dipolo. Si se agrega un elemento más se tiene una antena de tres elementos compuesta por; un reflector, dipolo y director. Las longitudes de los elementos para separaciones de 0.15 longitudes de onda entre ellos se calcula:

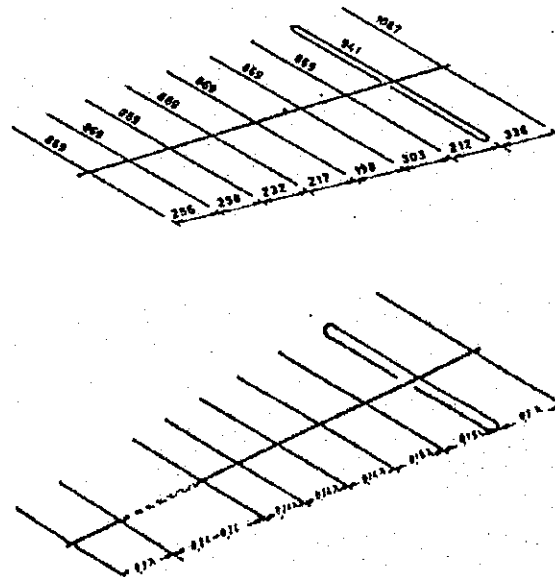
$$\text{Dipolo} = 143/f(\text{MHz}) \quad \text{Reflector} = 150/f(\text{MHz}) \quad \text{Director} = 138/f(\text{MHz})$$

Esta antena tendrá ganancia de 7.5 dBW e impedancia de 10 ohmios. Reduciendo la longitud del director y poniendo los elementos a una separación de 0.25 y 0.25 longitudes de onda se logra ganancia de 8.5 dBW e impedancia, aproximada, de 35 ohmios.

Las antenas YAGI pueden formarse de varios elementos y su ganancia se relaciona con el número y posición de estos en la antena; por lo que, si se necesita una antena de gran ganancia será necesario que contenga varios elementos. La ganancia de estas antenas está dentro de 9 y 10 dBW. En la figura 2 se muestra una antena YAGI de 9 y 10 elementos que tiene impedancia de 75 ohmios. A la antena de tres elementos se le agregan dos directores más y utilizando un dipolo plegado. Estas antenas logran ganancias de 12 dBW y 18 dBW para 10 a 20 elementos. El ángulo de abertura de los lóbulos de radiación horizontal y vertical es de 65 a 75 grados respectivamente.

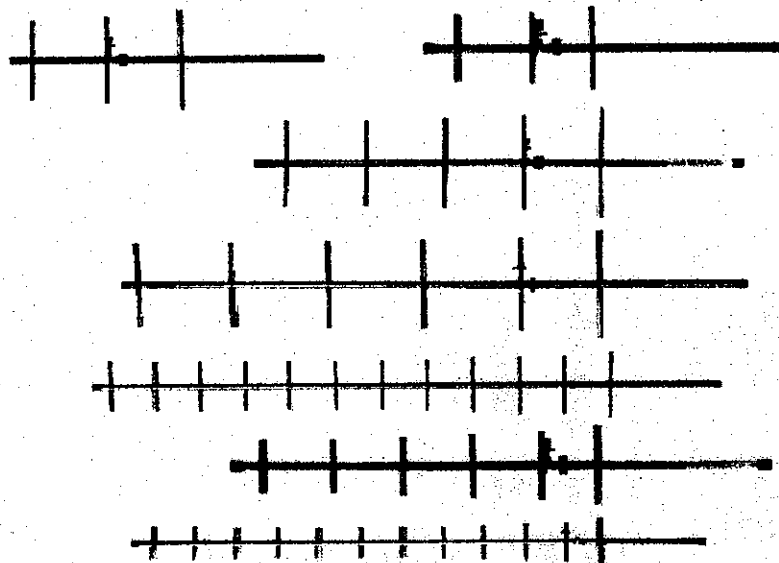
En la figura 3 se muestran las antenas YAGI comerciales. Para la aplicación práctica de las antenas se les necesita montar en torres las cuales le sirven de soporte físico. En la figura 4 se muestra la figura de una torre.

Figura 2. Antena YAGI de 9 y 10 elementos



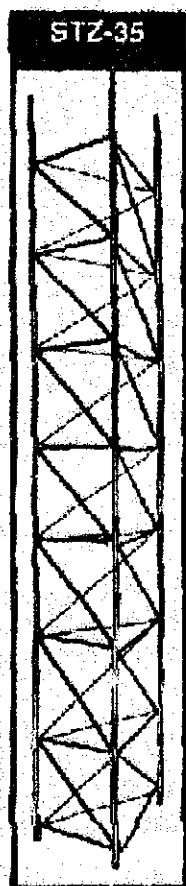
Fuente: Antennas and radiowave propagation, página 302.

Figura 3. Antenas YAGI comerciales



Fuente: Catálogo general Alitel 1997, página 134.

Figura 4. Muestra de una sección de una torre



Fuente: Catalogo general Alitel 1997, página 135.

2.3 Radio transmisor

El dispositivo electrónico transmisor tiene la capacidad de transferir información de un origen a un destino a través de un medio el cual puede ser un par de alambres trenzados, cable coaxial o el espacio libre.

El transmisor de radio utiliza el espacio libre como medio de transmisión y las ondas de radio (ondas electromagnéticas) como instrumentos para la comunicación. En los transmisores de VHF y UHF se utiliza la modulación en FM la información se introduce en la señal de portadora modulando su frecuencia. Los canales en VHF están normalizados cada 25KHz, ya que cada canal ocupa ± 12 KHz de la frecuencia central.

Para la transferencia de información en ondas de radio, es necesario un modular una señal portadora con la señal de información. La señal portadora es una onda electromagnética de frecuencia alta compara con la señal moduladora la cual es una onda electromagnética pero de baja frecuencia. Modulación se refiere al cambio de las características de la señal portadora, estas características pueden ser frecuencia, fase o amplitud. Cuando varía la amplitud se denomina amplitud modulada o AM, y si es la frecuencia, se denomina FM. La característica más importantes de un transmisor son el ancho de banda y la potencia de salida.

El ancho de banda se refiere al conjunto de frecuencias que al momento de transmitir es ocupado, su unidad de medida es el hertz. Potencia de salida se refiere a la energía que posee la onda de radio a la salida del transmisor su unidad de medida es el vatio.

El transmisor tiene la función de recibir una señal de información (o señal moduladora) y entregar una señal portadora modula para alimentar la antena y así transmitirla al espacio libre.

2.4 Radio receptor

El receptor de radio es un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de recibir una onda de radio de alta frecuencia por medio de una antena y a través de un proceso de demodulación obtener la señal moduladora original utilizada en el transmisor. Los parámetros más importantes de un receptor son: sensibilidad, ancho de banda y modo de modulación.

2.5 Radio módem

Un módem consta de un modulador y un demodulador utilizando técnicas digitales para su operación como FSK, PSK, QPSK y otras. La técnica digital de modulación FSK consiste en que la señal moduladora, en este caso; una señal de datos digital de forma cuadrada varíe la frecuencia de la señal portadora en dos valores, el PSK consiste en variar la fase señal y la QAM en variar la amplitud de la señal moduladora. Para las técnicas digitales de modulación la señal moduladora siempre es una señal de datos con forma cuadrada.

El módem es utilizado para comunicar dos computadoras a través de una línea telefónica donde el ancho de banda es de 3000 Hz, logrando velocidades de transmisión de 1200 a 9600 baudios. El baudío es el número de cambios por segundo. El radio módem no utiliza un canal telefónico para la comunicación sino utiliza el espacio libre para la transmisión de la información. El módem es conectado a través de una interface al radio.

2.6 Capacidad del canal de comunicación

La capacidad de un canal de comunicación se refiere a la velocidad máxima de transmisión de bits a través de dicho canal. En 1924 H. Nyquist demostró que si una señal arbitraria se hace pasar a través de un filtro paso bajo, con un ancho de banda B , la señal filtrada puede reconstruirse por completo mediante la obtención de $2 * B$ muestras por segundo.

Si la señal consta de n niveles discretos, el teorema de Nyquist establece que la velocidad máxima de datos es igual $2 * B * \log_2(n)$ bits/segundo. Pero Nyquist considero un canal libre de ruido por lo que en 1948 Claude Shannon modifico el teorema de Nyquist considerando un canal con ruido obteniendo $B * \log_2(1+S/N)$ donde S es la potencia de la señal y N la potencia del ruido.

3. CARACTERÍSTICAS DE UNA RED

3.1 Definición y arquitectura de una red

Una red es la interconexión de dispositivos los cuales deben comunicarse a través de un par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, ondas electromagnéticas o cualquier otro medio.

Las redes están organizadas en una serie de capas o niveles, con el objeto de reducir la complejidad de su diseño. El propósito de la capa es ofrecer ciertos servicios a las capas superiores para la comunicación se establecen reglas y convenciones; a este conjunto de reglas y convenciones utilizadas en una conversación se denominan como protocolo.

Al conjunto de capas y protocolos se le denomina arquitectura de la red. El modelo de referencia de estructuras de redes es el propuesto por la Organización Internacional de Normas (OSI).

El modelo propuesto por la OSI (Tanenbaum, 1991.16) consta de siete capas las cuales pueden observarse en la figura 5 y son explicadas a continuación:

Figura 5. Capas que componen una red

Aplicación
Presentación
Sesión
Transporte
Red
Enlace
Física

Fuente: Tanenbaum, Andrew S. **Redes de ordenadores**, página 87.

Capa física: se ocupa de la transmisión de bits a lo largo de un canal de comunicación. Al momento de diseñarse esta capa se procura que si se envía un bit con valor de 1, del otro lado en el receptor se reciba un bit de valor 1 y no como un 0. En esta capa se definen las características eléctricas y físicas de la transmisión.

Entre las características eléctricas está el valor en voltios que represente un bit de valor 1 o un 0, el tiempo de duración de un bit. Entre las características físicas están cuántas puntas terminales tiene el conector de la red, cual es el uso de cada uno de ellos.

Capa de enlace: la tarea principal de esta capa es la de transformar un medio de transmisión común y corriente en una línea sin errores de transmisión para la capa de red. Le dice al transmisor como debe trocear los datos para obtener tramas de información y transmita en forma secuencial y procese tramas de asistimiento.

Capa de red: su función principal es como encaminar los paquetes del origen al destino a través de la red. Las rutas puede basarse en tablas estadísticas que estén cableados en la red. Debe controlar también el congestionamiento al haber varios paquetes en la red para evitarlo.

Capa de transporte: su tarea primordial es la de aceptar datos de la capa de sesión, dividirlos si es necesario en unidades más pequeñas pasarlos a la capa de red y asegurarse que todos lleguen correctamente al otro extremo.

Capa de sesión: permite que usuarios de diferentes máquinas puedan establecer sesiones entre ellos, gestiona el control de diálogo, permite que la información vaya en dos direcciones al mismo tiempo, sincroniza entre el receptor y el transmisor.

Capa de presentación: se ocupa de los aspectos de sintaxis y semántica de la información que se transmite, también se encarga de la compresión de los datos para reducir el número de bits para la transmisión. Otra de sus funciones es la de criptografía, necesaria, frecuentemente, por razones de privacidad y autenticación.

Capa de aplicación: se encarga de que dos máquinas completamente distintas que puedan entablar una comunicación haciendo transparente sus diferencias de hardware.

3.2 Protocolo AX.25

Una red como tal brinda el movimiento rápido de información y una mayor fiabilidad de la misma. La red idónea para la solución del problema planteado en esta tesis es la red de radio paquetes, que consiste en la transmisión de una trama. Esta consta de varios campos, usados para el control de la transmisión y el acarreo de datos.

La asignación del ancho y función están regulados por el protocolo AX.25 (Tanenbaum, 1991.38) normalizado por La Liga Americana de Radioaficionados el cual toma como base el X.25 del CCITT.

Figura 6. Estructura de la trama de información en AX.25

BANDERA	DIRECCIÓN	CONTROL	IDENTIFICACION DE PROTOCOLO	INFORMACION	CHEQUEO DE SECUENCIA	BANDERA
---------	-----------	---------	-----------------------------------	-------------	----------------------------	---------

Fuente: Redes de ordenadores. Tanenbaum, Andrew S, página 95.

En la capa de enlace de transmisión del radio paquete los datos son enviados en pequeños bloques llamados tramas. Cada trama esta hecha de algunos pequeños grupos llamados campos. (Vea Figura 6). Estos pequeños campos son explicados a continuación:

Bandera de longitud de un octeto. Este campo es usado para delimitar la trama, va en el principio y el final de la trama y tiene como valor el 7E_h que en binario es 01111110. Esta misma secuencia de bits no es permitida dentro de la trama para evitar cualquier confusión.

Dirección de longitud de 14 a 70 octetos, se emplea para identificar a uno de los terminales. Control: De longitud de un octeto, el campo de control es usado para la identificación del tipo de trama; el tipo de trama puede ser solicitud de llamada, llamada conectada, datos, solicitud de cancelación.

Identificación de protocolo de longitud de un octeto, especifica que género de capa de red del protocolo esta en uso.

Información: de 256 octetos o más, este campo contiene los datos del usuario, pasa sin cambios excepto para el bit cero de inserción necesario para prevenir que las banderas aparezcan accidentalmente en el campo de información.

Revisión de secuencia de trama: de longitud de dos octetos, la secuencia de la trama es calculada por el transmisor y receptor de la trama; esto es así para evitar que por algún motivo llega una trama desfasada o retrasada en tiempo al receptor este la obviará y pedirá al transmisor que vuelva a enviar la trama de acuerdo con la recomendación ISO 3390.

3.3 Norma RS-232-C

Es un ejemplo del protocolo de capa física, en el que debe especificarse detalladamente los aspectos mecánicos, eléctricos, funcional de la comunicación. Esta norma fue establecida por la Asociación de Industrias Electrónicas, organismo registrado de fábricas de electrónica y conocido como EIA RS-232-C (Tanenbaum, 1991.88).

La versión internacional está incluida en la recomendación V.24 del CCITT, parecida; pero, difiere un poco en algunos circuitos. La terminal se llama como DTE (equipo terminal de datos) y al módem se le conoce como DCE (equipo terminal de circuito de datos).

La especificación mecánica considera un conector con 25 patillas y 47.04 ± 0.13 mm de ancho. En la fila superior se numeran de 1 a 13 (de izquierda a derecha), en tanto que en la fila inferior las patillas están numeradas del 14 al 25 (también de izquierda a derecha).

La especificación eléctrica para la RS-232-C considera que para decir un 1 binario se debe tener un voltaje negativo de -3volts, y que un 0 binario se tendrá cuando el voltaje positivo sea superior a los +4volts. Es posible tener velocidades de hasta 20 kbps así como longitudes de cables de hasta 15 metros.

Cuando la computadora se enciende, la señal data terminal ready se activa. Cuando el módem se enciende se activa la señal correspondiente a la data set ready. Cuando el módem detecta una portadora sobre la línea telefónica se activa la señal de carrier detect. El request to send significa que el módem está preparado para aceptar datos. Los datos se transmiten con el transmit circuit y se reciben con receive.

Dado que el RS-232-C tiene la limitante de transmitir a muy bajas velocidades pues se han desarrollado normas como la RS-485 que tratan de eliminar este problema, al establecer comunicación balanceada.

4. FUNCIONAMIENTO DE LA RED

La estructura de red consta esencialmente de: un servidor, una repetidora y el medidor de energía del consumidor.

El servidor, en esencia, es una computadora (o una red LAN) que consta de: un radio módem, un medio de almacenamiento de datos y un programa de software. El radio módem está conectado a una antena de alta ganancia (antena YAGI) orientada a la ubicación de la repetidora estableciendo un enlace entre la central y repetidora.

A través de este enlace hay un flujo de datos en forma semiduplex (o sea el flujo de datos solo puede ser en un sentido a la vez), el protocolo utilizado en toda la red es el AX.25 el cual es controlado por el programa de software. Este programa también realiza la función de manejar la base de datos.

La repetidora consta de dos radios (RX recibe en una frecuencia f_1 , TX transmite en f_2), un arreglo de antenas YAGI. La ubicación geográfica de esta repetidora es el volcán de agua en el cual se tiene una cobertura de toda la región que se desea cubrir.

El medidor de energía del consumidor consta de un radio con una configuración de recibir y transmitir en la misma frecuencia, un módem, un elemento de interface, para y un medidor de energía. La etapa receptora (un receptor superheterodino) se encarga de recibir la onda electromagnética de alta frecuencia y de extraer la información. Luego esta información es procesada por la unidad de control, que se encarga de interpretar y ejecutar las funciones que se le requieran.

Entre estas funciones esta tomar los datos que posea el medidor de consumo de energía y formar una trama como lo manda el protocolo AX.25 para luego transmitir lo a la repetidora. El esquema de la estructura de estos elementos se muestra en la figura 7.

Figura 7. Estructura de la red de medición de energía eléctrica

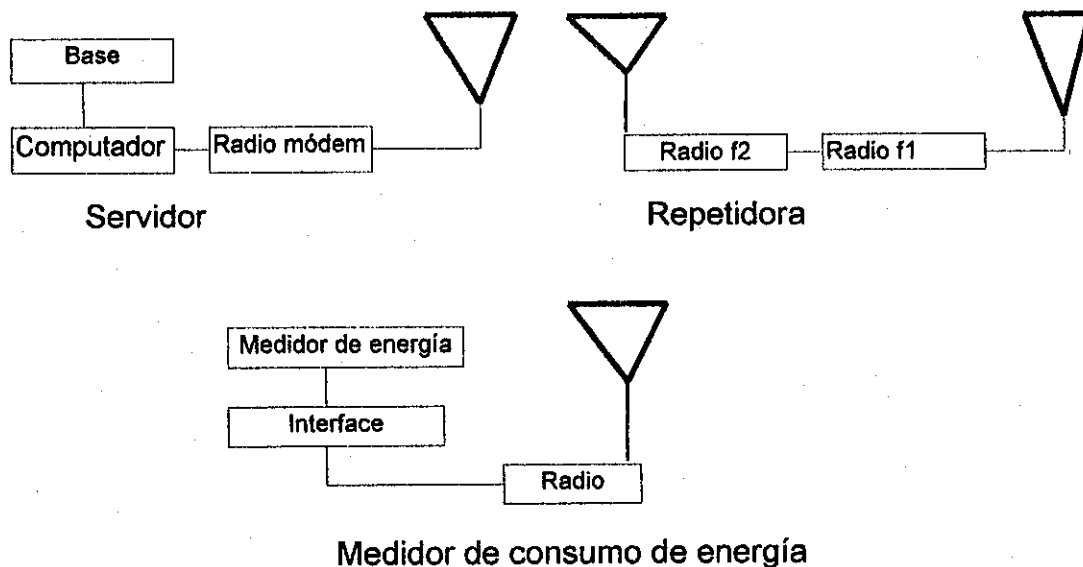
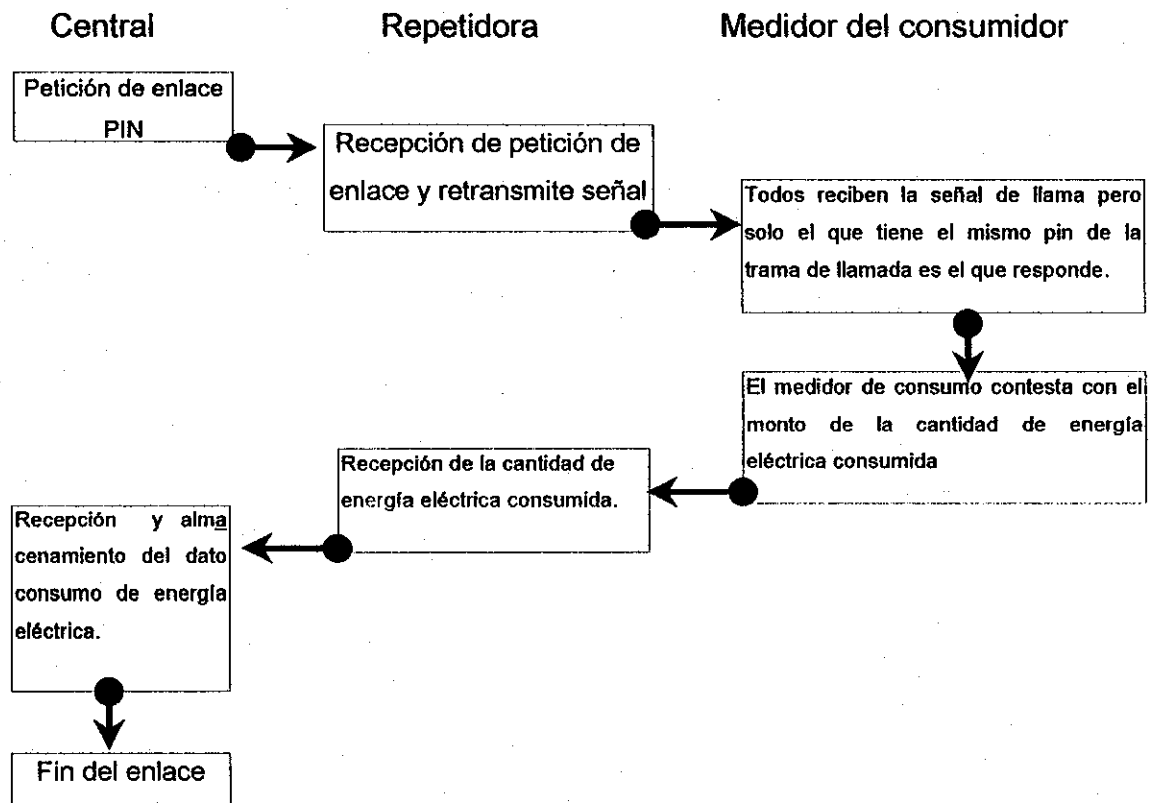


Figura 8. Funcionamiento de la red de medición a distancia de energía eléctrica



Como se muestra en la figura 8, el enlace lo inicia el servidor de red, éste se enlaza con la repetidora situada en el volcán de agua; la repetidora, al momento de la recepción de la petición de enlace, retransmite la señal (PIN es personal identification number, número de identificación personal), el que identifica a un usuario al que se le brinda servicio de energía eléctrica.

Todos los medidores reciben la llamada pero solo aquel que tenga el mismo pin que el de la llamada, responderá. El medidor del consumidor del pin adecuado entonces responderá con el dato de la cantidad de energía eléctrica consumida. La computadora recibe el dato y lo envía al servidor de la red donde será almacenado para la posterior facturación del cobro al usuario.

4.1 Descripción general del sistema de software

El hardware de ORSI o elemento físico es el Controlador Programable Multifuncional (Programable Multifunctional Controller) P.M.C. ORSI. Este realiza todas las operaciones necesarias para que los equipos de la planta, en conjunto, funcionen bien. En su memoria corre el programa que le indica la acción por realizar con cada uno de sus elementos.

El P.M.C., junto con el programa, se encarga de: la regulación y manipulación del equipo instalado y configurado, adquisición y regulación de las señales analógicas, seguimiento de las cadenas de control, el cálculo matemático de algunas funciones y operaciones, el seguimiento ordenado de la toma de decisiones preestablecidas.

4.2 Funcionamiento del contador de energía eléctrica

Este dispositivo está diseñado para ser integrado a un sistema automatizado a través de un puerto de comunicación con RS232 o RS485 bajo el protocolo modbus (Manual de instrucciones del PQM, 1990.200). El ModBus es un protocolo maestro múltiples esclavos, en el cual 255 esclavos pueden ser fácilmente juntados en un simple canal de comunicación.

El medidor es siempre un esclavo. Existen dos versiones de este protocolo: Unidad Remota Terminal (Remote Terminal Unit, binaria) y ASCII. Solamente la versión RTU es soportada por el medidor.

El monitoreo, programación y las funciones de control son posibles usando registros comandos de lectura y escritura. El hardware del RS485 transmite en dos alambres y el RS232 transmite en nueve alambres. En el enlace de dos alambres RS485 el flujo de información es en una sola dirección a la vez.

El dato nunca es transmitido y recibido al mismo tiempo, por una computadora. El RS485 es conectado en configuración cadena margarita (evitando la configuración estrella) con una terminal de red instaladas en el final del enlace.

El formato de la estructura y la velocidad de los datos de una trama de datos de una transmisión asincrónica para un medidor consiste de un bit de comienzo, ocho bits de datos, y un bit de parada. Esto produce una trama de diez bits. Esto es importante para la transmisión a través de modems de alta velocidad. El protocolo ModBus puede ser implementado a cualquier velocidad de comunicación estándar.

El medidor soporta, operar en 1200, 2400, 4800, 9600, y 19200 baudios. Una secuencia completa de demanda/respuesta consiste de los siguientes bytes (Transmitidos como tramas separadas).

Demanda del maestro para transmisión:

Dirección del esclavo	= 1 Byte
Código de la función	= 1 Byte
Datos	= Depende del código de la función
CRC	=2 Bytes

Respuesta del esclavo al maestro:

Dirección del esclavo	= 1 Byte
Código de la función	= 1 Byte
Datos	= Depende del código de la función
CRC	=2 Bytes

La dirección del esclavo es el primer byte de cualquier transmisión. Este byte representa la dirección usada para direccionar al dispositivo esclavo; es el receptor del mensaje enviado por el maestro.

A cada esclavo debe asignársele una única dirección y solamente el esclavo direccionado responderá una transmisión que empieza con su dirección. En una demanda de transmisión del maestro La dirección del esclavo representa direccionar al esclavo al cual la demanda haya sido enviada.

En una demanda de transmisión del esclavo la dirección del esclavo representa la dirección del esclavo que responde. Una transmisión del maestro con una dirección de esclavo de 0 indica llamada general. Una llamada general solamente puede ser usada para almacenar setpoints o ejecutar comandos. El código de la función es el segundo byte de toda transmisión. ModBus define códigos de función de 1 a 127. El medidor implementa algunas de estas funciones. En una demanda de transmisión del maestro el código de la función le dice al esclavo que acción ejecutar.

En una respuesta del esclavo si el código de la función enviada del esclavo es la misma que la enviada por el maestro entonces el esclavo ejecuta la función como se le fue requerida. Si el valor del código de la función enviada del esclavo es mayor a 127 entonces el esclavo no ejecuta la función como se le fue requerido y envía una respuesta de error.

Los datos son un determinado numero de bytes variables dependiendo del código de la función. Este puede ser valores actuales, setpoints, o direcciones enviadas por el maestro al esclavo o del esclavo al maestro.

CRC: estos dos bytes son para la revisión de error.

5. DISEÑO DE LOS EQUIPOS PARA LA RED

5.1 Aspectos generales para el diseño

Para el diseño de los equipos requeridos se utilizan fórmulas, gráficas y tablas sacadas del Electronics Engineers HandBook (1984.22.24). Antes de calcular es necesario definir algunos factores que están relacionados con los enlaces en VHF o UHF.

La potencia radiada efectiva (Effective Radiated Power, ERP) tiene las dimensionales dBW, es la potencia de salida de un transmisor ($10 \cdot \log(P_o/1W)$) menos las pérdidas en cualquier filtro, duplexer o circuito externo al transmisor, menos las pérdidas en la línea de transmisión, más la ganancia de la antena del transmisor.

La sensibilidad es cuando no hay señal de radio frecuencia de entrada, la salida del receptor es aleatoria en banda limitada de ruido. Cuando una señal de radio frecuencia es introducida, el ruido está quieto. La sensibilidad es una media de cantidad de este efecto. La sensibilidad es usualmente expresada en micro voltios en la entrada del receptor.

Para convertir esta señal a potencia del receptor se debe utilizar la expresión V^2/R , donde V representa el voltaje y R la resistencia de la entrada del receptor. Para obtener la sensibilidad efectiva del receptor en las terminales de la antena del receptor deben sumarse las pérdidas en la línea de transmisión entre la antena y el receptor y restarle la ganancia de la antena.

El ruido de sitio es el ruido externo, causado por la ignición de los automóviles, líneas de distribución eléctrica, interferencia de canales adyacentes, etc. son factores que limitan la sensibilidad de un receptor. En la tabla III se listan los niveles de potencia requeridos para una perfecta recuperación de la señal moduladora en FM banda estrecha. En 35Mhz el nivel esta entre 10 y 15 dBW el peor de los casos es en 150 MHz.

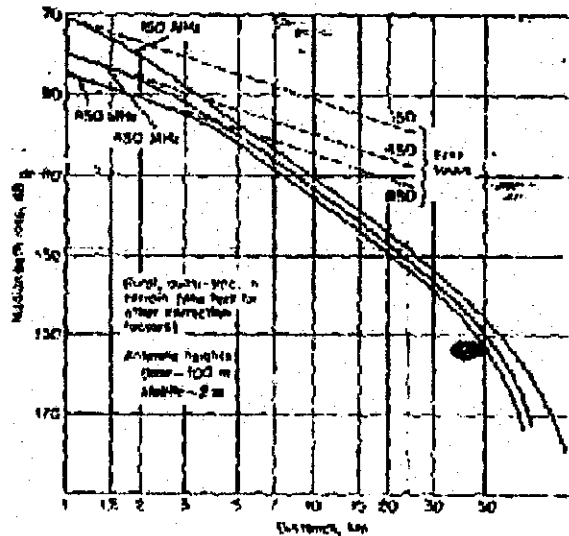
Tabla III. Niveles de potencia de la señal portadora

Situación	150MHz	450 a 850 MHz
En área urbana o industrial o de trafico vehicular pesado.	-115 dBW	-125 dBW
En área suburbana o de trafico moderado.	-125 dBW	-135 dBW
En área rural o trafico ligero.	-135 dBW	-145 dBW

Fuente: Electronics engineers handbook, página 18-56.

La pérdida de espacio libre (ver figura 9) es un factor el cual es la diferencia entre la potencia efectiva radiada y la potencia de la señal requerida. Estas pérdidas se deben a la distancia entre el receptor y el transmisor. Si hay condiciones que varíen se deben aplicar las siguientes correcciones:

Figura 9. Pérdidas por espacio libre 150MHz



Fuente: Electronics engineers handbook, página 18-56.

La altura de la antena para la altura de la estación base (h = altura de la antena en metros) si fuese diferente de 100m debe sustraerse $20 \cdot \log(h/100)$ del valor del eje y. La altura efectiva no necesariamente la altura de la torre; a) la altura encima del promedio del terreno (si esta situado encima de una colina o en este caso un volcán) o b) altura sobre un edificio.

Tabla IV. Pérdidas debidas a las condiciones del área de operación

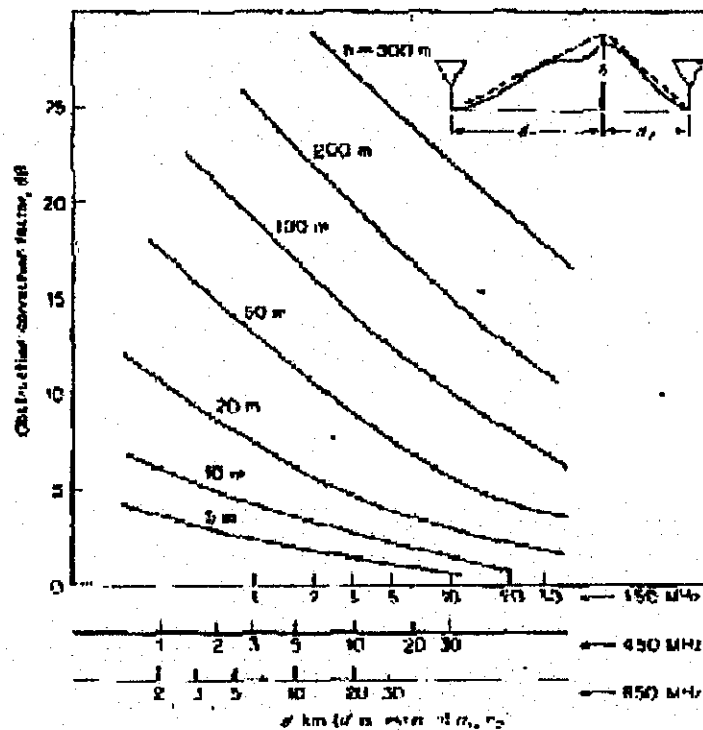
Situación	150MHz	450MHz	850MHz
Area suburbana, edificios separados.	4-8 dBW	6-10 dBW	8-12 dBW
Area urbana edificios altos, calles estrechas	23-25 dBW	25-27 dBW	27-29 dBW

Fuente: Electronics engineers handbook, página 18-57.

Para la altura de la antena móvil k sea diferente de dos metros sustraer $10 \cdot \log(k/2)$. En edificios el ambiente local agrega pérdidas a las del espacio libre. Este monto puede ser estimado usando el juicio de las condiciones siguientes en listadas en la tabla IV.

Las colinas provocan pérdidas por sombra por una colina específica puede ser conocida usando la figura 10. En esta figura se conoce d_1 , d_2 y h , la intersección de d donde $d = \min(d_1, d_2)$ y la correspondiente curva para la altura h se determina las pérdidas por sombra de la colina. Nótese que d depende de la banda de frecuencia. En ausencia de obstrucción, 5 a 7 dBW deberían ser sumados aunque el terreno fuera abierto y plano.

Figura 10. Pérdidas de energía por sombra de una colina



Fuente: Electronics engineers handbook, página 18-57.

Árboles: árboles ampliamente separados tienen un efecto despreciable en las pérdidas de espacio libre, pero árboles densamente agrupados y cerca de la antena móvil pueden aumentar las pérdidas de espacio libre en una área urbana, en la siguiente proporción:

Banda de frecuencia MHz	150	450	850
Exceso de las pérdidas de espacio libre dBW	6-12	9-18	11-22

5.2 Rango de frecuencia para la operación de la red

Para obtener las frecuencias necesarias para la operación de la red se tiene que recurrir a la SIT (Superintendencia de Telecomunicaciones) para saber qué rango de frecuencias está disponible y solicitarlo.

La SIT posee un registro de los usuarios con sus respectivas radio frecuencias, el rango de frecuencia que se encuentra libre es el límite inferior 149.9900 y el límite superior 150.0400. Para obtener el título de usufructo deben seguir los siguientes pasos:

1. Llenar formulario para referencia vea figura 11.
2. Pago Q7,000.00 para gastos de tramites.
3. Se publica en el diario de mayor circulación el rango de frecuencia pedido.
4. A los 20 días de publicación se fija fecha para la subasta.
5. El precio base varia dependiendo del rango pero en general oscila en Q40,000.00.
6. Al ganador de la subasta se le otorga el título de usufructo por 15 años, renovable.

Figura 11. Formulario del SIT

SIT-RF1

SOLICITUD DE FRECUENCIAS RADIOELÉCTRICAS PARA APLICACIONES TERRESTRES

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS

Banda de frecuencias	Dimensionales	Área geográfica de influencia (área de cobertura esencial)	Alta, intensidad de campo eléctrico o P_{med} interferente sensibilidad de campo del tipo de cobertura (dBm)
Límite inferior	<input type="checkbox"/> MHz <input type="checkbox"/> MHz <input type="checkbox"/> GHz		
Límite superior			

Parte A

Límite Constante	Altura
------------------	--------

Parte B

Límite	Altura
--------	--------

Estable punto a punto (Sí No)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES

Sistema de Tx. (Marca, Modelo)	Potencia máxima de salida (Watts)	Ancho de banda			PC**		Alimentadores		Antenas		Sensibilidad de receptores (dBm)
		<input type="checkbox"/> kHz <input type="checkbox"/> MHz <input type="checkbox"/> GHz	<input type="checkbox"/> kHz <input type="checkbox"/> MHz <input type="checkbox"/> GHz	<input type="checkbox"/> MHz <input type="checkbox"/> GHz	Tipo	Potencia (dB)	Tipo	Ganancia (dBi)	Altura (m) SNM		

** Frecuencia de referencia en la que se dan los parámetros de los equipos
 Me comprometo a pagar los cargos administrativos que incluyen las publicaciones indicadas en el art. 21 de la Ley 1712 de Telecomunicaciones, en los que figura la Superintendencia de Telecomunicaciones por dar trámite a la presente solicitud ya sea que resulte favorecido o desfavorado a efectos de dila (artículo 16 Ley General de Telecomunicaciones)

Nombre: _____ Empresa: _____
 Cédula: _____ Estación de cr.: _____
 Nacionalidad: _____ No. Pasaporte: _____
 Dirección: _____ E-Mail: _____
 Teléfono: _____ Fax: _____

Firma: _____

EXCLUSIVO SIT

Mal llenado Ocupado/otro Notificado

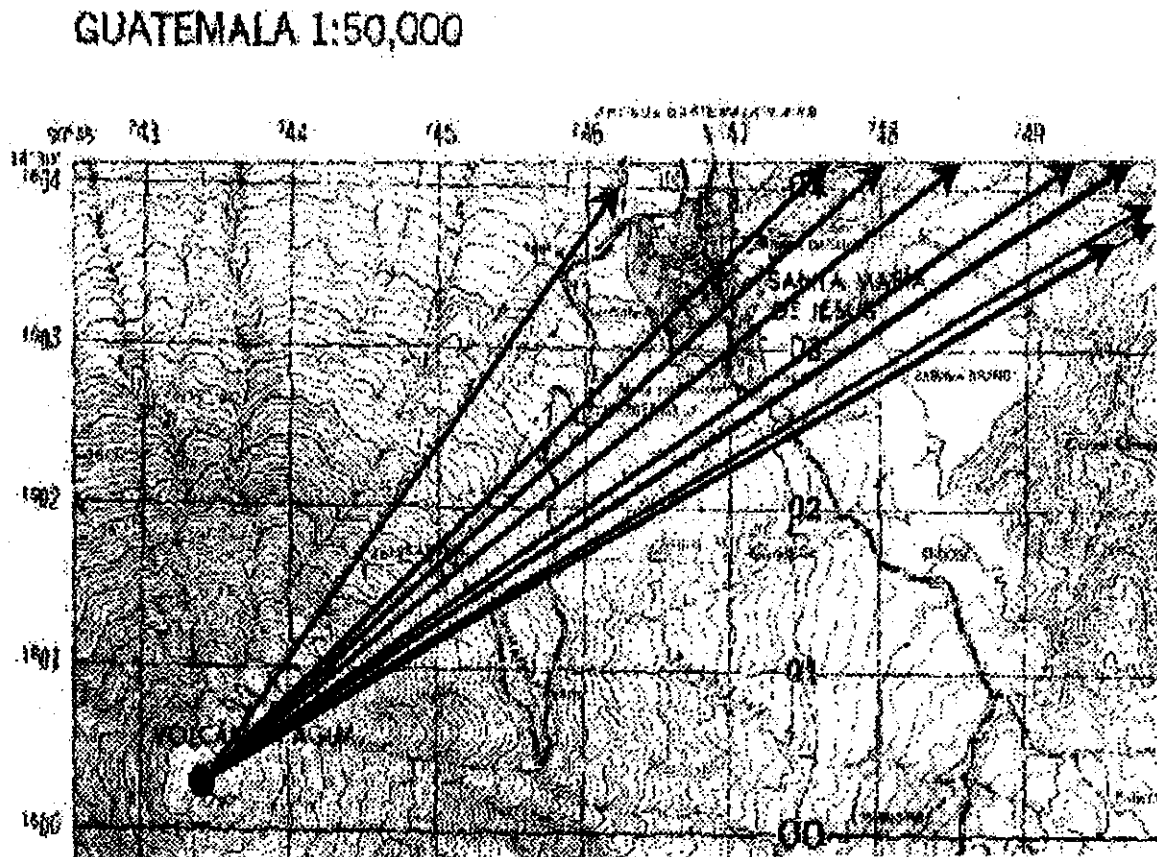
SUPERINTENDENCIA DE TELECOMUNICACIONES -SIT-

M.T.A. La modificación de valores y/o campo de aplicación en este formulario, implica la aceptación de la responsabilidad de los datos suministrados.

5.3 Análisis topográfico de la ciudad capital de Guatemala

Se debe considerar la ubicación geográfica de la repetidora. El lugar idóneo para la instalación de la misma que se encuentra en el VOLCÁN DE AGUA. Este tiene una altura respecto al nivel del mar de 3,760 metros. El VOLCÁN DE AGUA se localiza en el mapa de AMATITLÁN mostrado en la figura 12; mientras que en la figura 13; se presenta el mapa de la ciudad capital Guatemala.

Figura 12. VOLCÁN DE AGUA en el mapa de AMATITLÁN



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, hoja 2059II.

Figura 13. Mapa de la Ciudad Capital de Guatemala



Fuente: Instituto Geográfico Nacional, hoja 2059I.

El diseño de la cobertura se realiza para nueve puntos situados en la ciudad capital respecto el VOLCÁN DE AGUA, los puntos se muestran en la tabla V (Smith, 1998.25). Para trazar las trayectorias de los enlaces es necesario utilizar los mapas de la CIUDAD CAPITAL y de AMATITLÁN, de donde se extrae las elevaciones sobre el nivel del mar de los sitios.

Tabla V. Usuarios y la base para la red

Nombre del usuario	Potencia KW	Localización
INDETA	2,011	14C B 2-22 Z. 7 Mixco Col. San Ignacio
VIGUA	4,547	Av. Petapa 48-01 Zona 12
GINSA	2,725	50 calle 23-70 Zona 12
COLGATE	1,696	Av. Ferrocarril 50 calle final Zona 12
HORNOS DE CAL	4,104	15 Av. 18-01 Zona 6
MOLINOS MODERNOS S.A.	2,079	33 calle 25-30 Zona 12
CERVECERÍA CA	4,237	3 Av. Final Fca El zapote Zona 2
MADERAS DE CA	2,063	Av. Petapa 55 calle Zona 12
ESTACIÓN DEL SERVIDOR		8 Av. 29-51 Zona 8

Fuente: Empresa eléctrica de Guatemala S.A. smith barney, salomon

Marcando la ubicación en el mapa de la CIUDAD CAPITAL y el de AMATITLÁN, utilizando estos mapas para construir los perfiles de las trayectorias a cada usuario y a la estación base donde se localiza el servidor de la red.

Figura 14. Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – INDETA

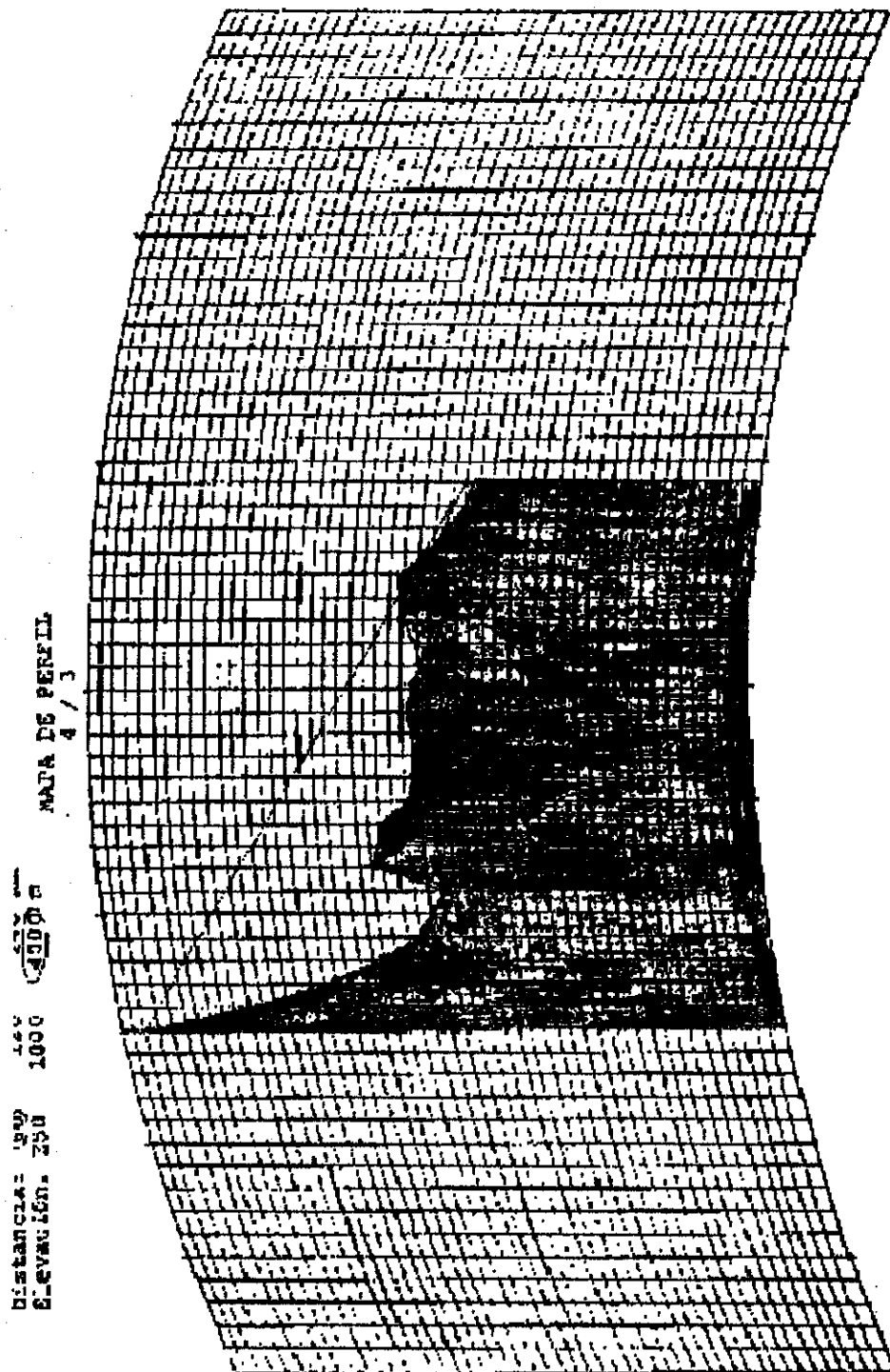


Figura 15. Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – VIGUA

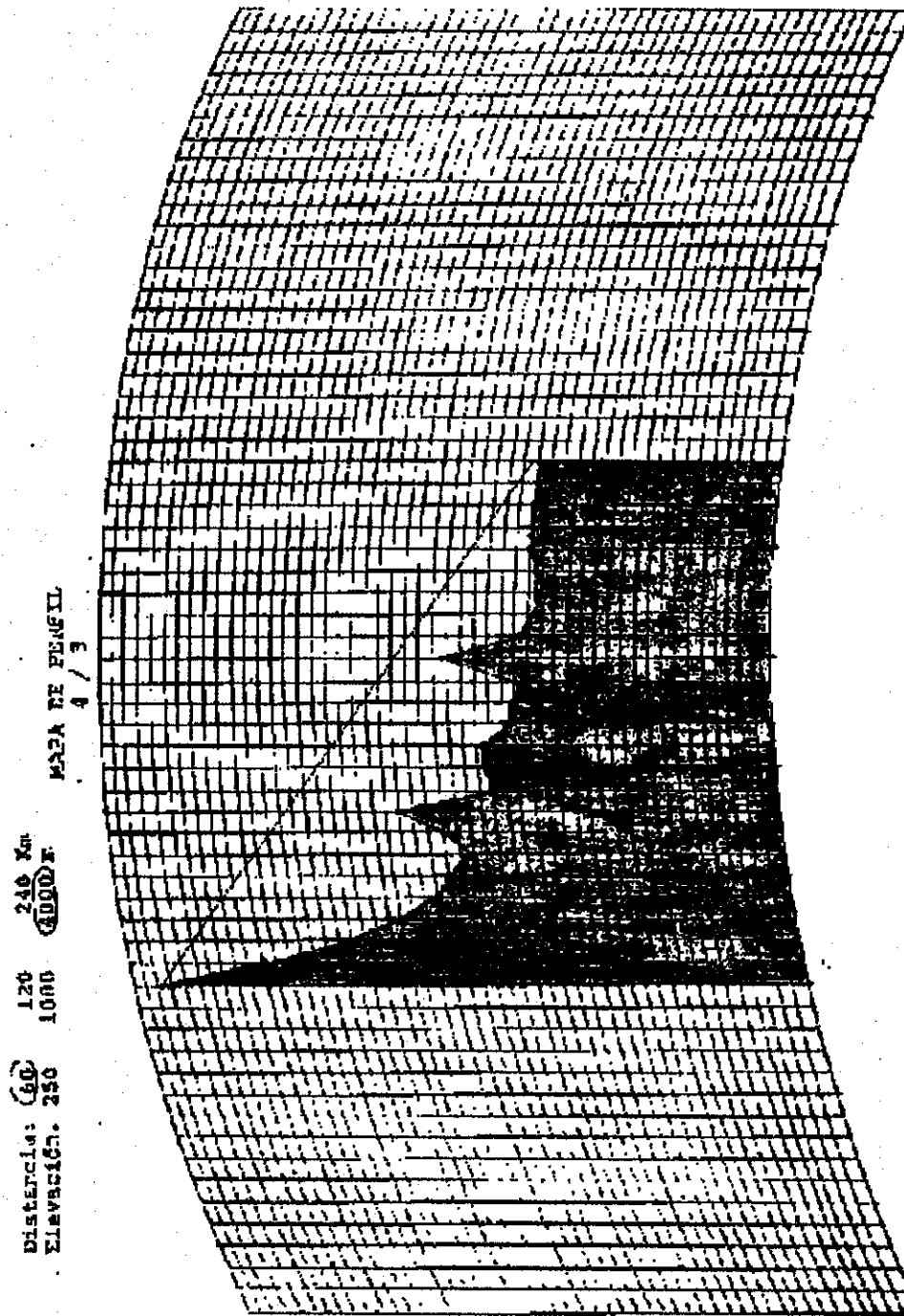


Figura 16. Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – GINSA

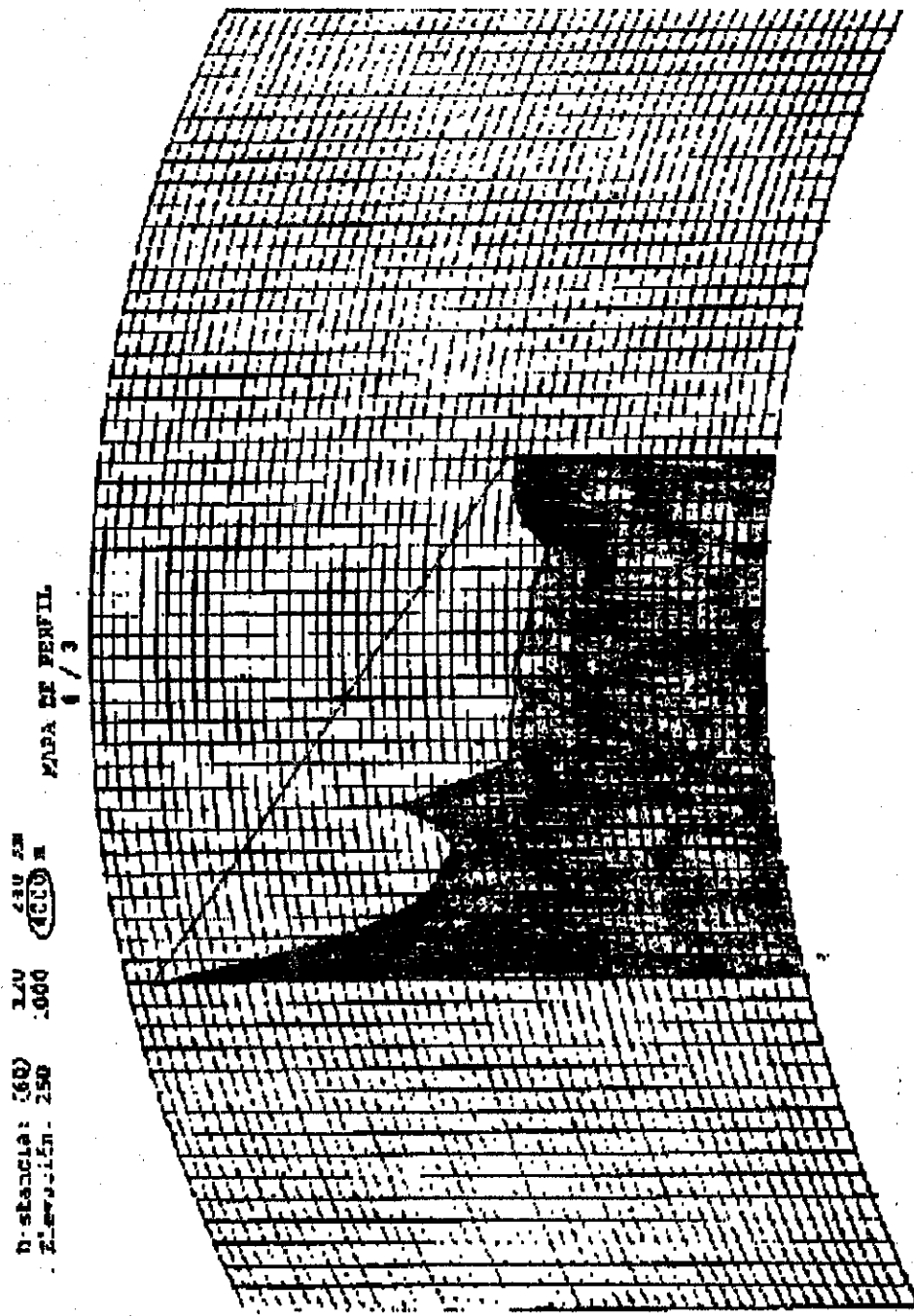


Figura 17. Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – COLGATE

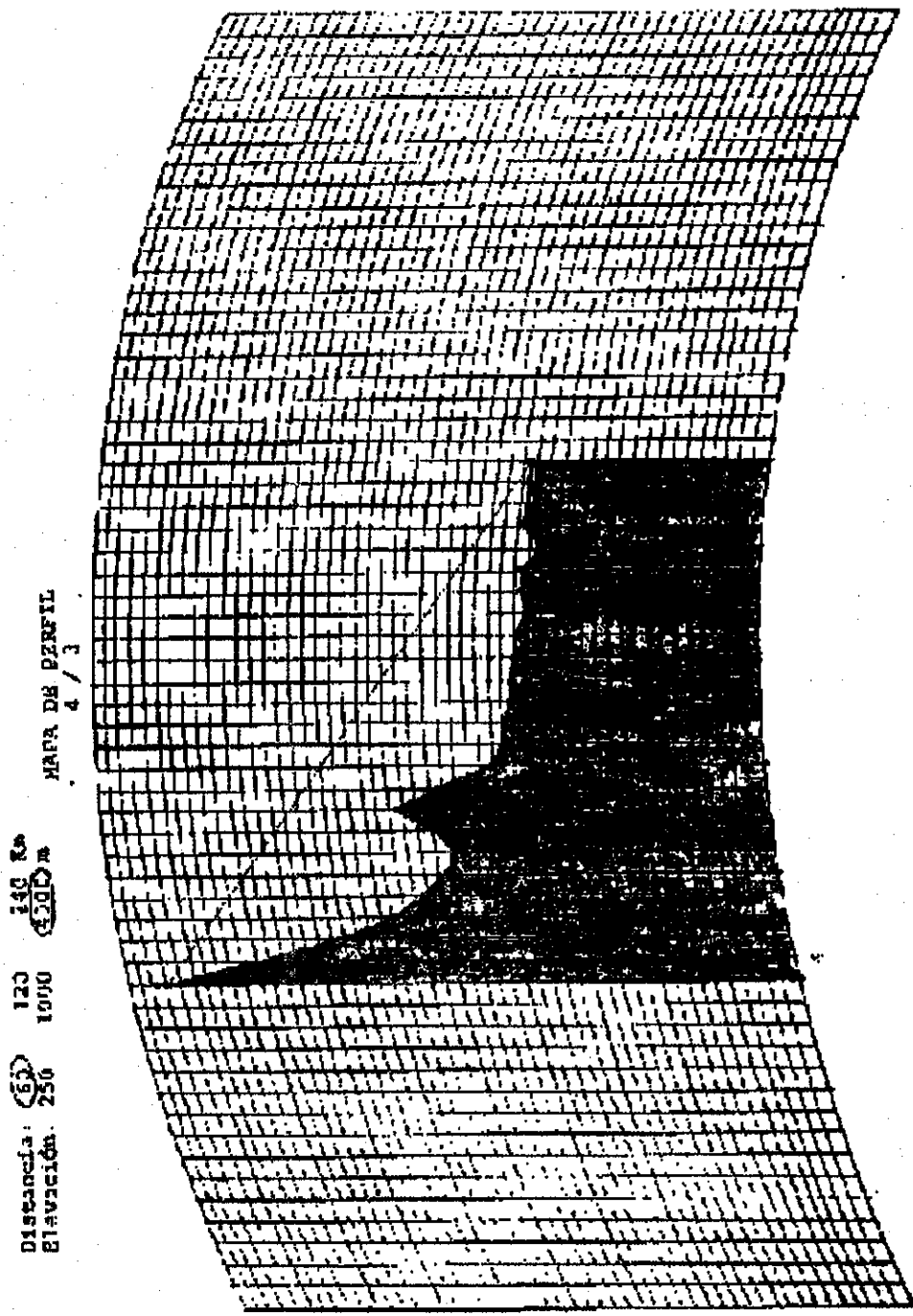


Figura 18. Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – HORNOS DE CAL S.A.

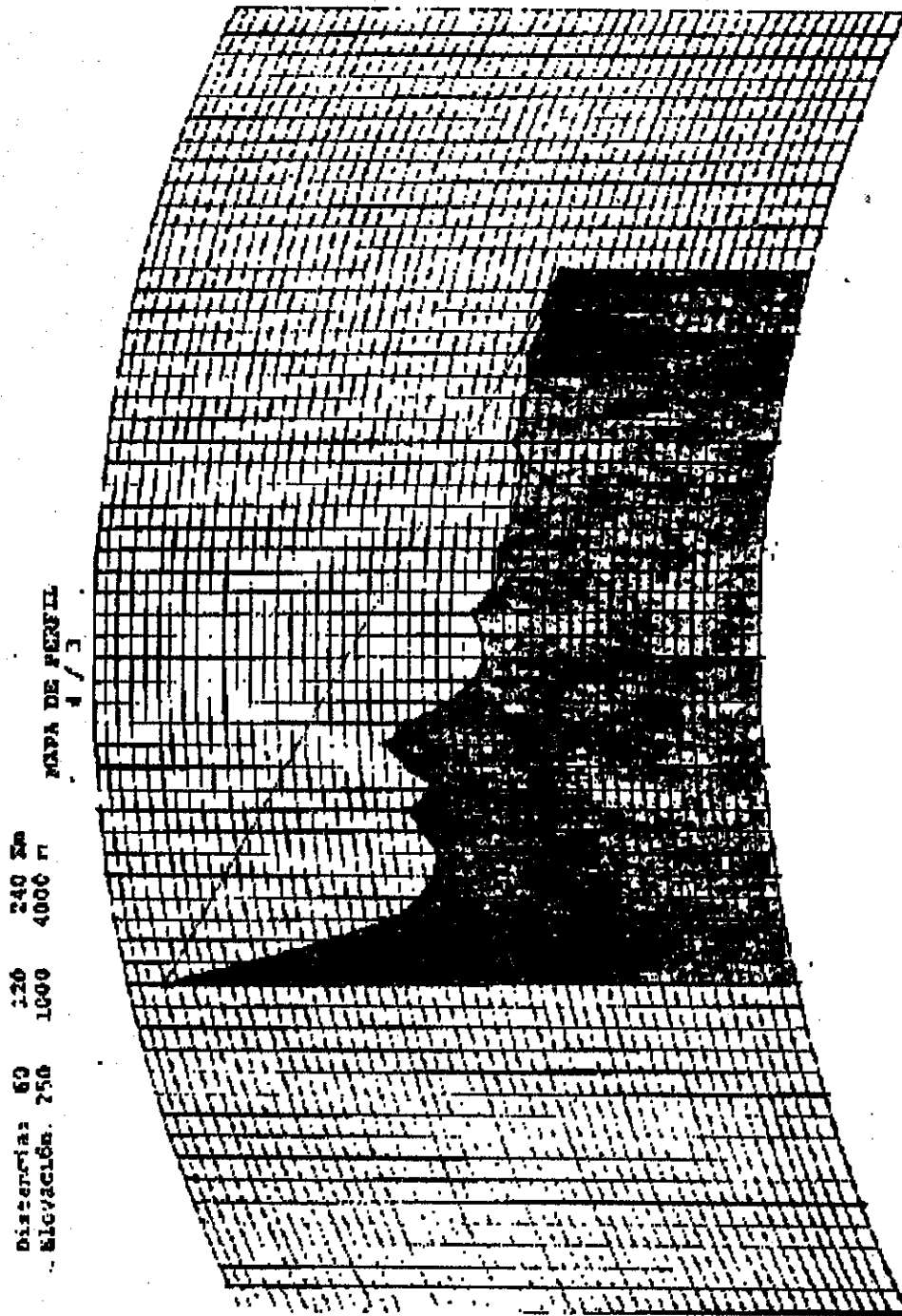


Figura 19. Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – MOLINOS MODERNOS S.A.

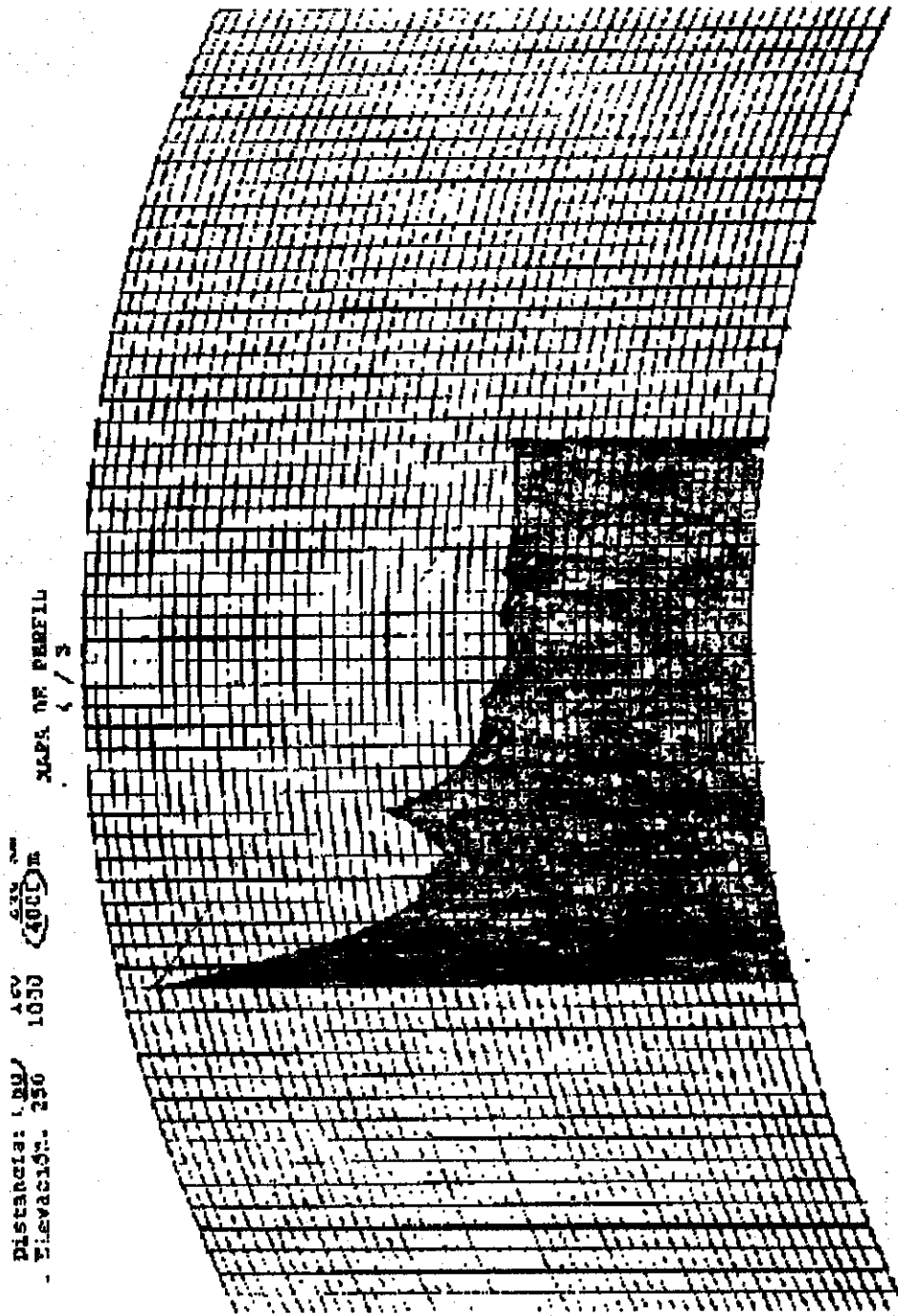


Figura 20. Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – CERVECERÍA CA

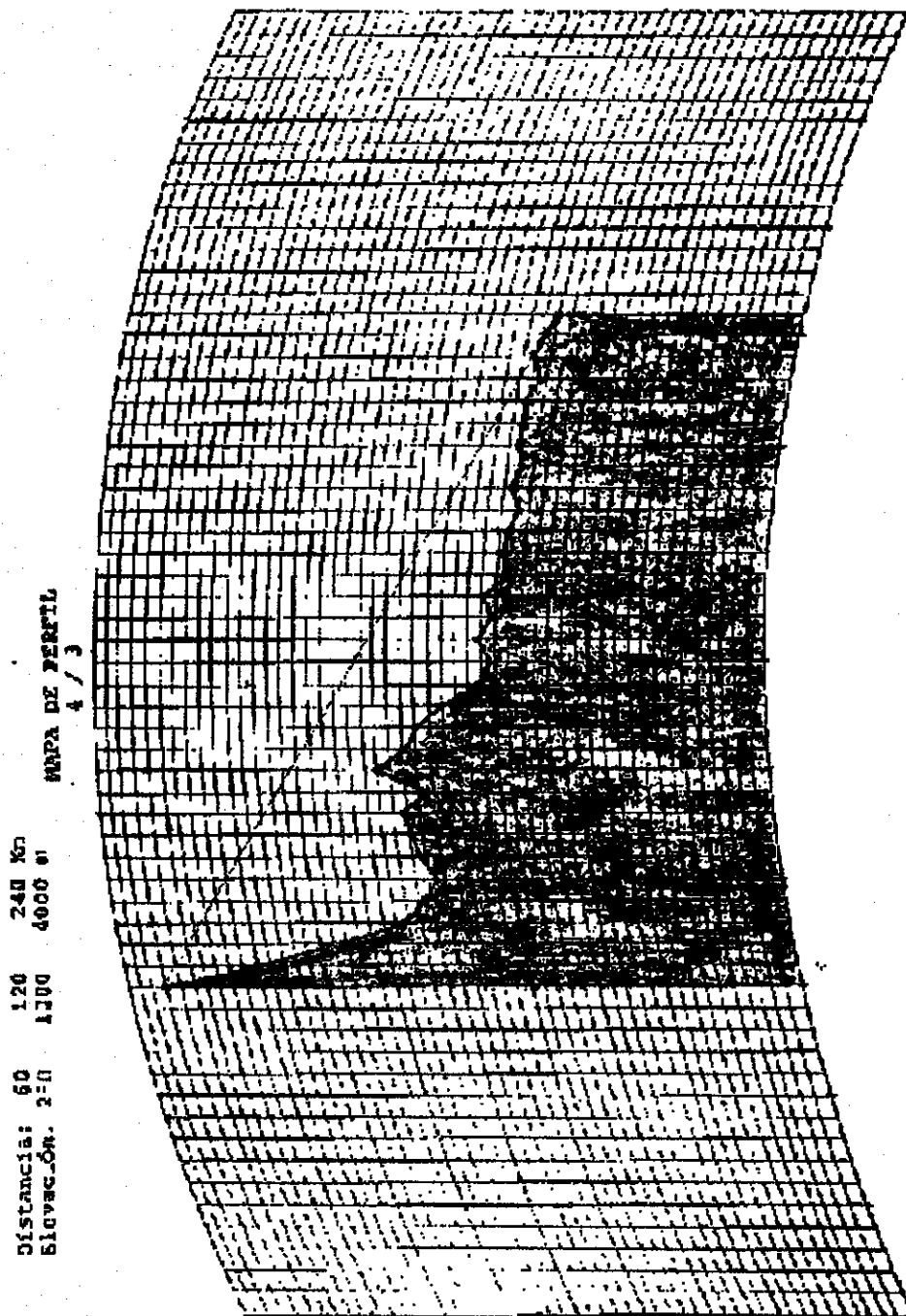


Figura 21. Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – MADERAS DE CA

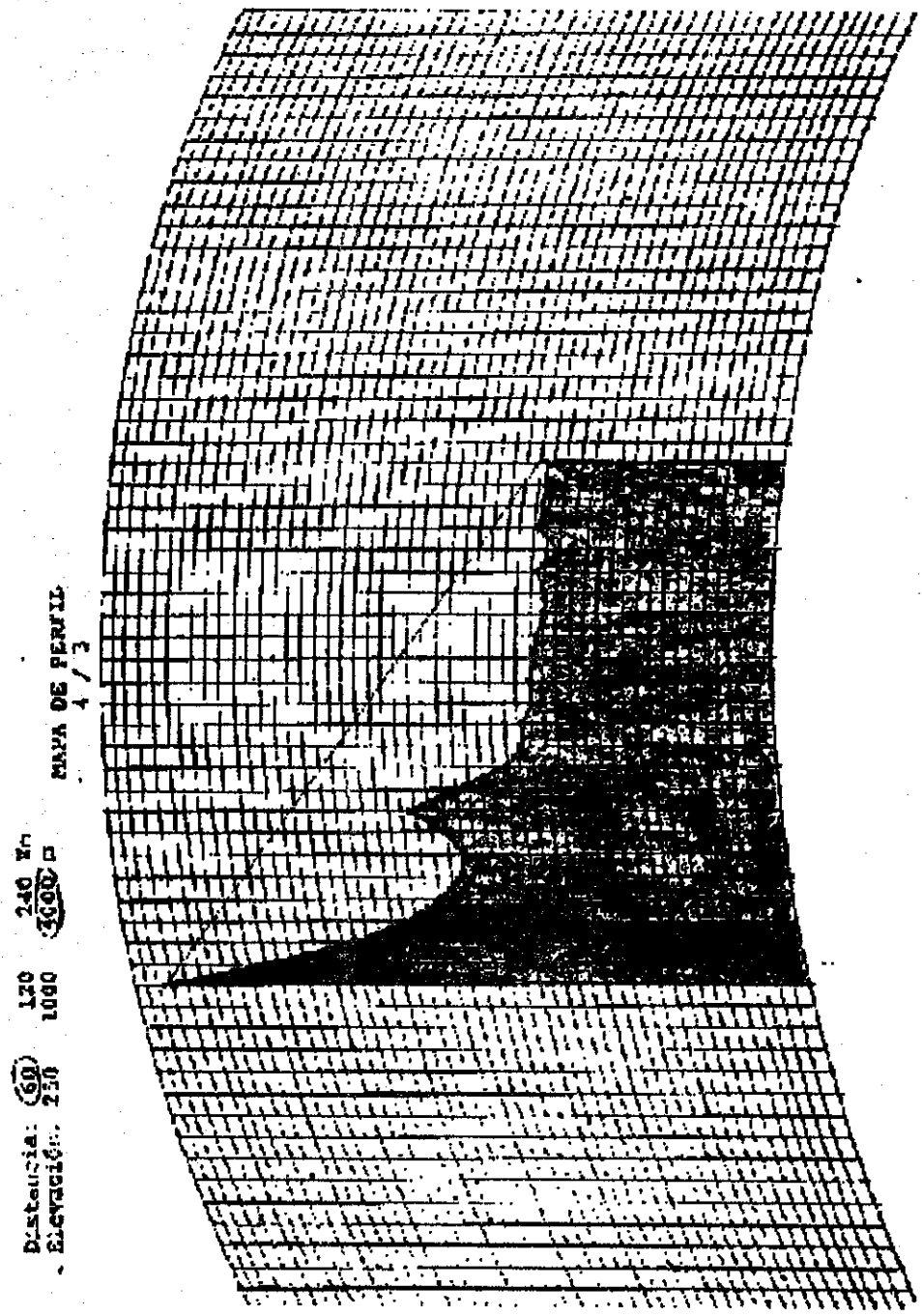
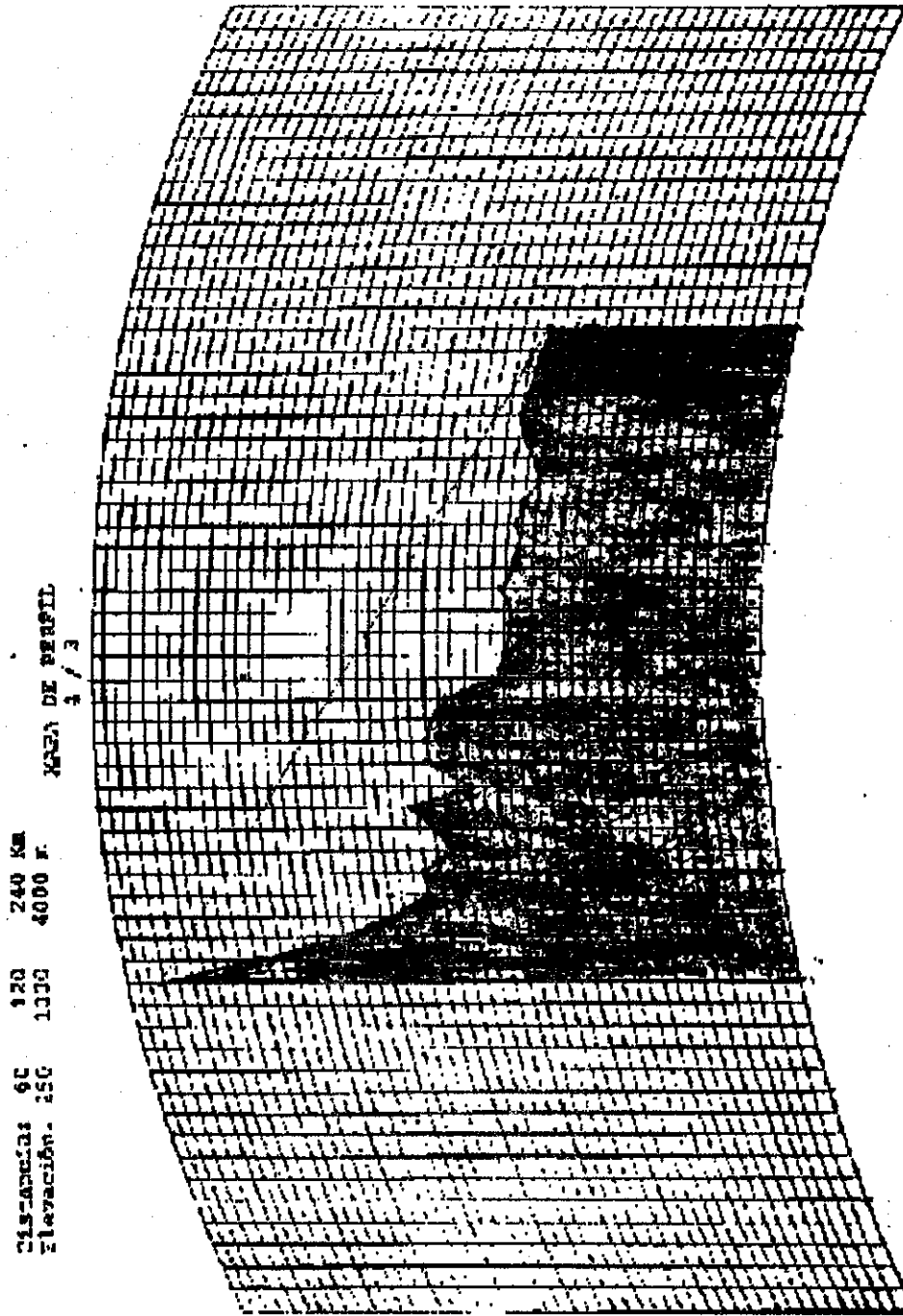


Figura 22. Perfil de enlace VOLCÁN DE AGUA – ESTACIÓN BASE



5.4 Cálculos de los enlaces

Los cálculos preliminares se basan en una frecuencia de 150 MHz con una longitud de onda de dos metros. La ecuación fundamental utiliza es la de FRIIS (Taub, 1986.629) tomando en cuenta la pérdida en los cables de alimentación entre la antena y el radio receptor o transmisor.

$$\begin{aligned} \text{Potencia recibida (dBW)} = & \text{Potencia del transmisor} \\ & + \text{Ganancia antena transmisora} \\ & + \text{Ganancia antena receptora} \\ & - \text{Pérdidas por el cable} \\ & - \text{Pérdidas por espacio libre} \end{aligned}$$

Potencia del transmisor generalmente los fabricantes la expresan en vatios pero esta debe ser cambiada a dBW para fines de cálculo. La potencia de los radios a utilizar es de 25W.

$$\text{Potencia de transmisión} = 10 * \text{Log}(25) = 14 \text{ dBW}$$

La sensibilidad de los receptores es dada por los fabricantes en micro voltios con una impedancia de entrada de 50 ohm, pero para fines de cálculo se debe expresar en dBW por lo que se convierte de la siguiente

La ganancia de la antena receptora y transmisora es de 10 dBW, antena YAGUI de 10 o 11 elementos.

El cable que se utiliza para la unión radio antena es el RG-8/U 8214 con la propiedad de impedancia de 50 ohm y atenuación de 4.2 dBW por cada 100 pies.

Pérdida en cable = Longitud del cable* Factor de pérdida

Para modificar el valor de pérdida por espacio libre de la figura 9(teórica $20 * \text{Log}(4*\text{Pi}*d/\lambda)$) se aplican los siguientes factores

Factor de corrección + 25 dBW por edificios según tabla IV

Factor de corrección +12 dBW por arboles en el trayecto

Factor de corrección $-10*\text{Log}(h/100)$ h altura estación en el volcán

Factor de corrección $-10*\text{Log}(k/2)$ k altura de los usuarios

Por las características del terreno para los enlaces se toma el nivel mínimo de potencia requerida -115 dBW según tabla III. Las especificaciones de la repetidora, estaciones sin obstáculo y con obstáculo se muestran en la tabla VI, VII y VIII. Tomando los datos de los perfiles para cada usuario y la estación base se muestra el resumen de cálculos en la tabla IX.

Tabla VI. Especificaciones de la repetidora

Altura repetidora (mts snm)	3760
Altura antena (mts sns)	45
Ganancia antena (dBW)	12
Po Tx (dBW)	14
Sensibilidad (dBW)	-143
Longitud de cable (mts)	35
Pérdida unitaria cable dBW/metro	
BELDEN 9913	0.09
Pérdidas cable Lf (dBW)	3

Tabla VII. Especificaciones de las estaciones sin problema de obstáculo

Pérdida unitaria cable dBW/metro RG- 8/X 9258	0.262
Altura antena (mts sns)	15
Ganancia antena (dBW)	10

Tabla VIII. Especificaciones de las estaciones con problema de obstáculo

Pérdida unitaria cable dBW/metro BELDEN 9913	0.089
Altura antena (mts sns)	45
Ganancia antena (dBW)	12

Tabla IX. Resumen de los cálculos de los enlaces

VOLCÁN DE AGUA a	Enlace		Obstáculo		Pérdida en cable		Teórica Lo (dBW)	Figura Lo(dBW)	Potencia Rx (dBW)
	h (mts snm)	d (Km)	h (mts snm)	dmin (Km)	Longitud (mts)	Lf			
INDETA	1700	24	2010	4	35	3	104	130	-116
VIGUA	1450	24	0	0	35	9	104	130	-100
GINSA	1400	24	0	0	35	9	103	130	-100
COLGATE	1400	24	0	0	35	9	103	130	-100
HORNOS DE CAL	1470	33	1500	1	35	3	106	140	-117
MOLINOS MODERNOS	1480	25	0	0	35	9	104	130	-100
CERVECERIA CA	1450	31	1530	2	35	3	106	140	-122
MADERAS DE CA	1400	24	0	0	35	9	104	130	-100
ESTACIÓN BASE	1480	30	0	0	35	9	106	140	-110

En las estaciones donde hay obstáculo INDETA, HORNOS DE CAL y CERVECERÍA CA, se utiliza cable de mejor calidad, antenas de mayor ganancia y torres de mayor altura se logra estar en un 5% del valor ideal para la recepción de la señal. Los radios usados tanto en la repetidora como en las estaciones son de marca MOTOROLA M 120.

Como una corroboración de los niveles de potencia necesaria para un buen funcionamiento de los enlaces se visita cada uno de los puntos en los cuales se encuentran los usuarios y la estación base.

Los perfiles realizados sobre la base de los mapas de CIUDAD DE GUATEMALA y AMATITLÁN muestran que tres estaciones presentan problemas por obstáculo por lo que se utilizan torres más altas y cable con el mínimo de pérdida por atenuación.

En la visita realizada a cada usuario se tomaron las siguientes fotos de los sitios en dirección del volcán de agua de figura 23 a la figura 31, lo cual confirma los perfiles de las trayectorias.

El enlace a INDETA presenta obstáculo y además esta en medio de una zona urbana que no presenta construcciones grandes. El enlace a VIGUA no presenta ningún obstáculo, los arboles que se observan en las fotos son fácilmente salvados con la torre especificada, en el lugar ya existe una torre que podría ser usada.

El enlace a COLGATE y GINSA no presenta ningún obstáculo como se observa en las fotos. El enlace a HORNOS DE CAL se encuentra obstáculo y esta ubicado en una zona urbana. El enlace a MOLINOS MODERNOS no presenta ningún obstáculo existe línea vista. El enlace a CERVECERÍA CA es amplia una área y empieza enfrente del periférico pero la parte industrial se encuentra en al parte baja de la construcción por lo que presenta obstáculo.

El enlace a MADERAS DE CA no presenta ningún obstáculo y tiene línea vista. El enlace a la ESTACIÓN BASE no presenta ningún obstáculo pero por estar en un área urbana con posibilidad de construcción de edificios se recomienda colocar una torre de 45 metros. Estas fotografías son tomadas desde una altura de 1.70m por lo que no brindan una panorámica ideal de los sitios de los enlaces.

Figura 23. Fotos de INDETA

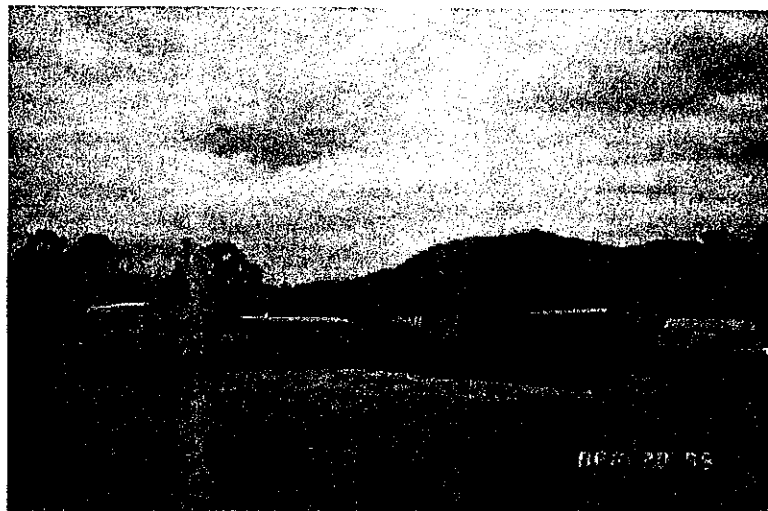


Figura 24. Fotos de VIGUA

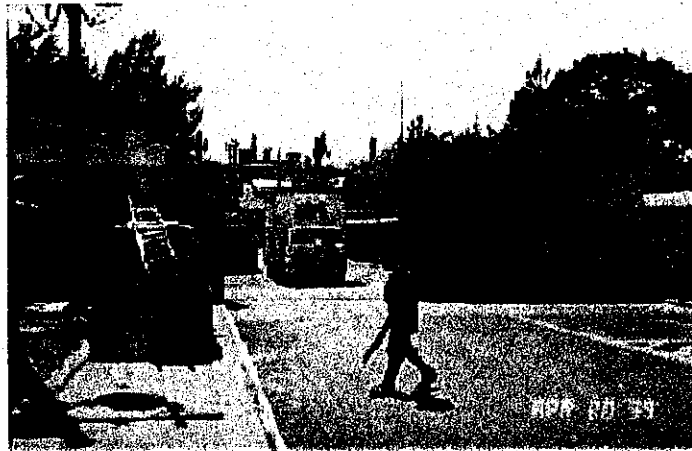


Figura 25. Fotos de GINSA y COLGATE

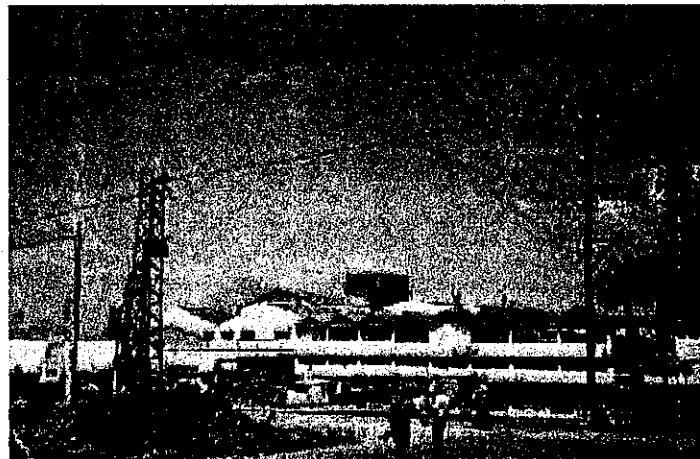
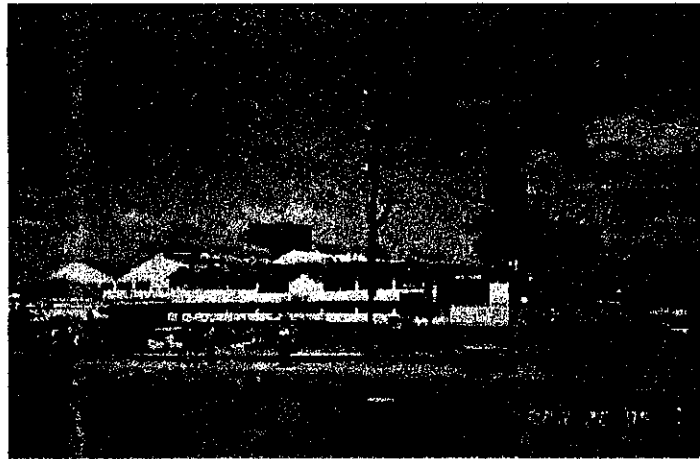
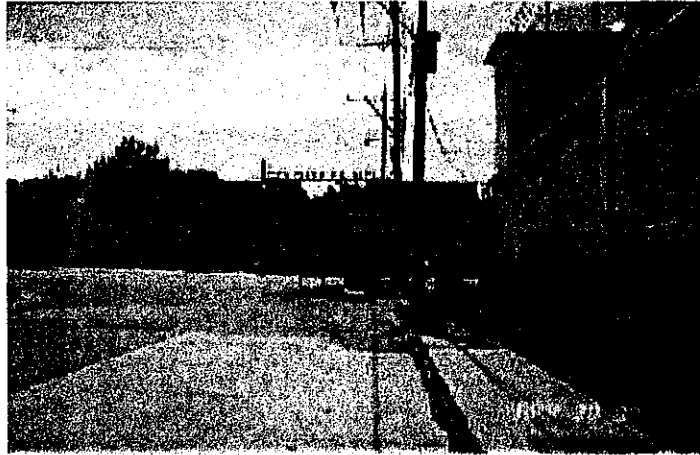


Figura 26. Fotos de HORNOS DE CAL



Figura 27. Fotos de MOLINOS MODERNOS

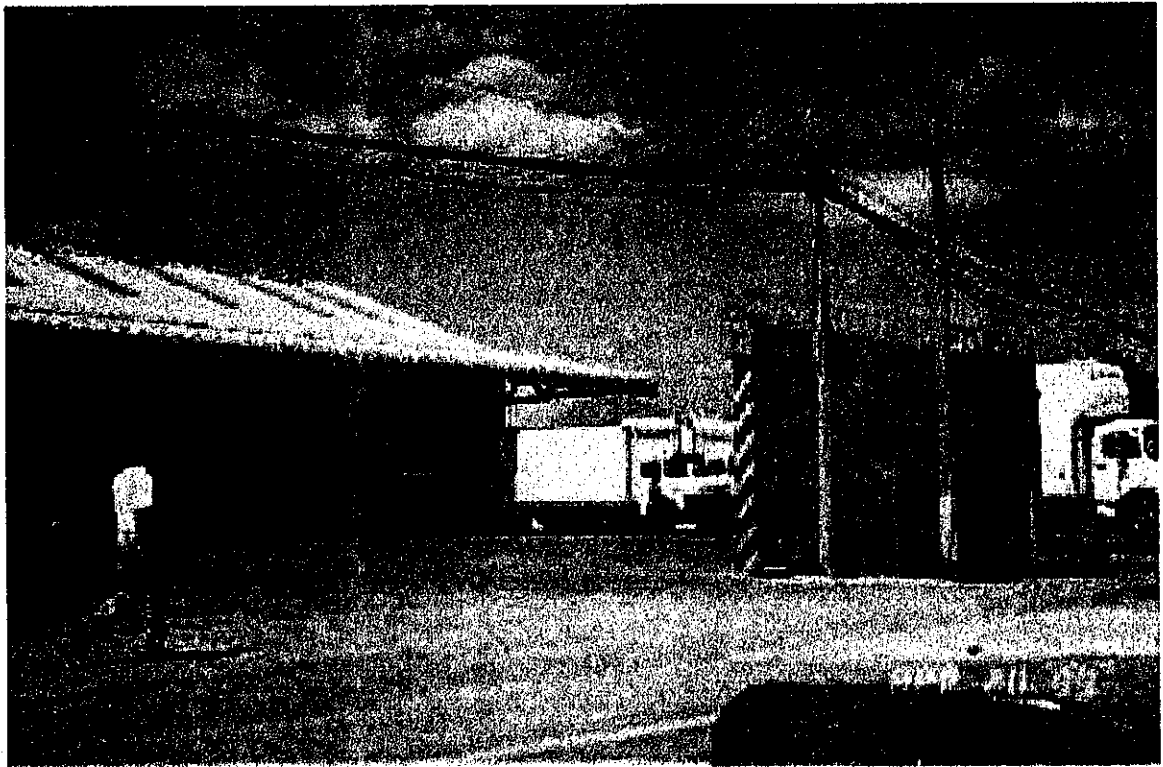


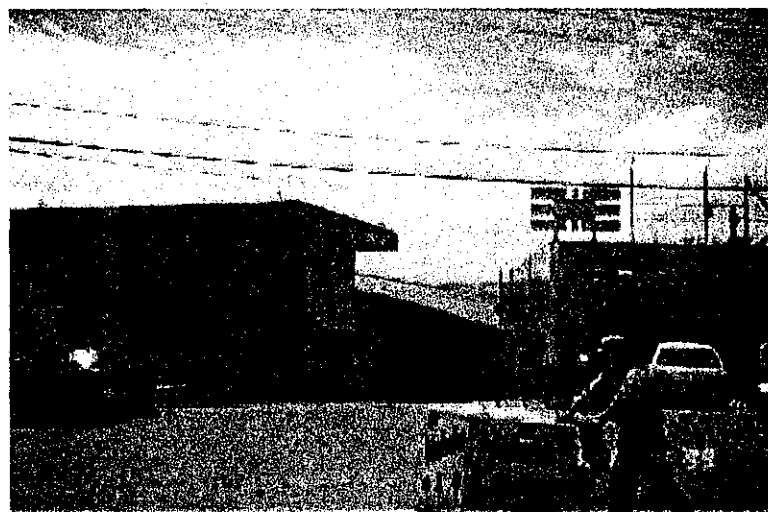
Figura 28. Fotos de CERVECERÍA CA



Figura 29. Fotos de MADERAS DE CA



Figura 30. Fotos de ESTACIÓN BASE



6. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA RED

En el análisis presente se considera el costo de la repetidora, servidor de datos y el costo del equipo a instalar en las residencias y una estimación del costo de operación lo cual representa la inversión en el proyecto. La estación repetidora ubicada en el volcán de agua consta de un equipo de radios, antenas, torres.

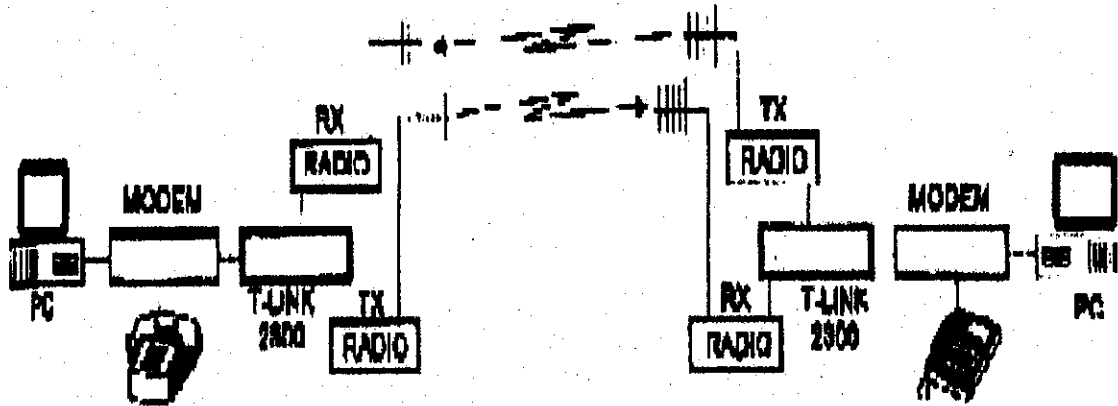
En la tabla X se encuentra los valores de los costos de cada equipo los cuales son tomados del catalogo general de Alitel (1997). El precio del radio M120 es de \$510, para la torre se emplea el modelo STZ-35 del catalogo general 1997, el cual tiene un precio de \$79 por sección las cuales son de 3 metros de alto, 20.7 Kgs. El cable empleado para la alimentación Belden 9913 con un precio de \$2.85 por metro.

Tabla X. Costos de los equipos de la estación repetidora

Equipo	Costos
Terreno y caseta	\$25,000.00
Dos radios	\$1,020.00
Cable	\$128.25
Alimentación auxiliar	\$3,343.00
Fuente de poder	\$100.00
Antenas y torre	\$1,985.00
Total	\$31,576.25

Además, la repetidora debe contar con equipo de alimentación de energía eléctrica que esta formado por un alternador, generador de energía eléctrica, celdas solares y un banco de baterías con cargador con un costo de \$3,343.00.

Figura 31. Esquema del funcionamiento del Tlink



Fuente: Catálogo general de Alitel, página 83.

Tabla XI. Costo de la estación base

Equipo	Costo
Computadora con módem	\$1,500.00
Tlink	\$400.00
Radio M120	\$510.00
Cable	\$47.07
UPS	\$150.00
Fuente de poder	\$100.00
Antenas y Torre	\$1,785.00
Total costo del equipo	\$4,492.07

El servidor ubicado en la estación base esta compuesto por un radio M120, TLink, una antena, cable y torre. El costo de la estación base se muestra en la tabla XI. La computadora debe contar con fuente de respaldo UPS. El TLink sirve de interface entre el módem y el radio ver figura 31.

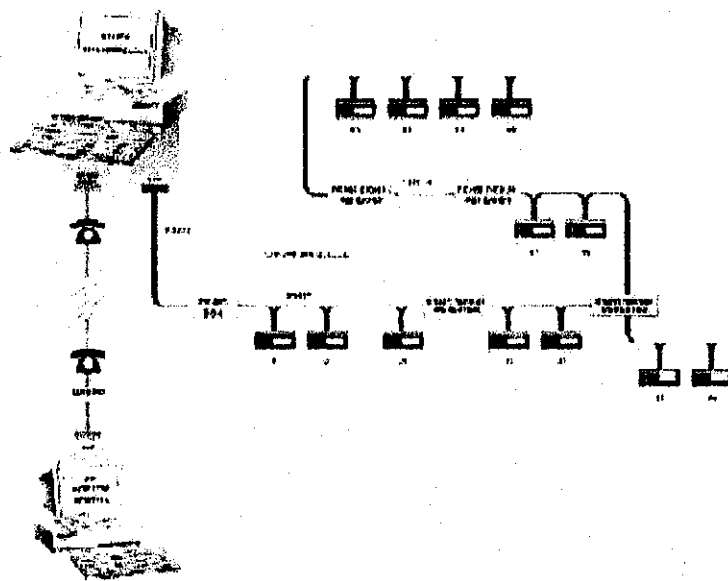
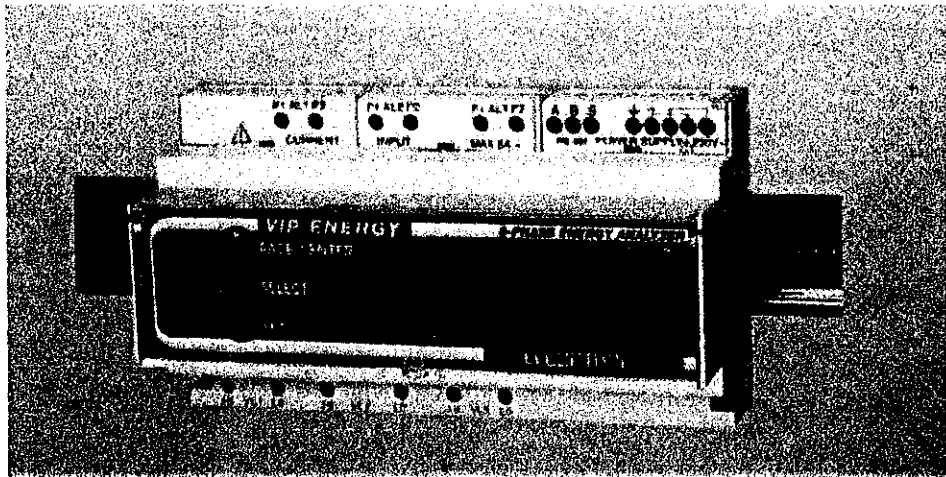
El equipo que va instalado al usuario consta de radio, cable, torre, módem, equipo de medición de energía el cual consta de un contador digital y accesorios. En el diseño de los enlaces salieron dos tipos de usuarios uno de ellos con problema de obstáculo y otro sin él en la tabla XII se muestran los costos de los usuarios sin problema y en la tabla XIII los que tienen problema.

El resumen de los costos del proyecto se muestra en la tabla XIV. Para obtener el rango de frecuencia necesario para la operación se considera un costo de \$14,000.00. En la figura 32 se muestra al medidor y sus conexiones más comunes para su uso.

Tabla XII. Costos de los equipos a instalar al usuario sin problema de obstáculo

Equipo	Costo
Medidor de energía con accesorios	\$3,500.00
Tlink	\$400.00
Radio M120	\$510.00
Cable	\$47.07
Fuente de poder	\$100.00
Antenas y Torre	\$495.00
Total costo del equipo	\$5,052.07

Figura 32. Medidor de energía y sus conexiones con computadoras



Fuente: Cortesía de SIECA

Tabla XIII. Costos de los equipos del usuario con problema de obstáculo

Equipo	Costo
Medidor de energía con accesorios	\$3,500.00
Tlink	\$400.00
Radio M120	\$510.00
Cable	\$128.25
Fuente de poder	\$100.00
Antenas y Torre	\$1,385.00
Total costo del equipo	\$6,023.25

Tabla XIV. Resumen de costos de los equipos a instalar

Frecuencias para la operación	\$13,428.57
Repetidora	\$31,576.25
Estación base	\$4,492.07
Usuarios sin problemas	\$25,260.34
Usuarios con problemas	\$18,069.75
Vehículo para operación	\$4,000.00
Gastos de instalación	\$9,682.70
Total costo instalación y equipos	\$96,826.98

El costo de operación anual esta compuesto por personal de operación y mantenimiento. En este sistema es solamente necesario una persona para trabajar en la estación base con un vehículo chequeando el funcionamiento en el campo. Por lo anterior ver tabla XV.

Tabla XV. Costos de operación

Sueldo mensual	\$300.00
Numero de pagos	14
Pago al empleado anual	\$4,200.00
Un empleado	\$4,200.00

Para el análisis de flujo de efectivo se considera como ganancia el dinero que se ahorra la empresa al no necesitar a las dos personas que toman la lectura actualmente el monto de este ahorro anula es de \$8,400.00 se muestra en la XVI.

Tabla XVI. Costo de dos empleados para la lectura del consumo

Sueldo mensual	\$300.00
Numero de pagos	14
Pago por empleado anual	\$4,200.00
Dos empleados	\$8,400.00

El monto de la inversión es \$96,826.98, si este dinero es obtenido por un préstamo bancario a una tasa de interés del 19.21% anual durante un tiempo de 10 años, el monto del interés en los 10 años es \$127,961.09. Estos cálculos se muestran en la tabla XVII, el pago que debe hacer la empresa eléctrica anualmente es de \$22,478.81. Este pago se le traslada al usuario directamente por lo que cada usuario debe pagar anualmente la cantidad de \$2,809.85.

Tabla XVII. Cálculo del interés del préstamo y cobro mensual al usuario

Tasas de interés del préstamo	19.21%
Tiempo (años)	10
Total costo instalación y equipos	\$96,826.98
Cobro todos los usuarios	(\$22,478.81)
Cobro anual al usuario	(\$2,809.85)
Total de intereses a pagar	(\$127,961.09)
Total capital mas intereses	(\$224,788.07)

6.1 Análisis de flujo efectivo

Se usa para medir el desempeño económico de una empresa, un analista debe predecir diversas fuentes e inversiones monetarias a través de la duración de un proyecto (Ulrich,409). El resultado se convierte en un índice numérico del valor del proyecto para un inversionista. Hay que considerar el comportamiento económico de la depreciación y otras asignaciones. Se hacen las siguientes suposiciones:

1. El proyecto se termina en un año con inversión anual de \$96,826.98.
2. Depreciación en línea recta con valor fragmentario 0.
3. El pago del impuesto se calcula de la siguiente forma $(\text{Ganancia}) \cdot 0.25$
4. El pago que tiene que hacerse al banco lo consideramos como gasto de operación

Un proyecto es económicamente atractivo, si se consideran los parámetros: tasa de retorno I, y DCFRR. Si el DCFRR para un proyecto de manufactura fuera menor que el interés disponible del ahorrador, las empresas financieras no tomarían el riesgo. Se deben calcular ¿los flujos de efectivo anuales y acumulativos para un proyecto estimado para 10 años?, ¿cuál es la tasa de retorno descontados los impuestos? ¿cuál es la tasa de retorno del flujo de efectivo descontado (DCFRR)?

Para la solución de todas las preguntas se representan las gráficas de los flujos acumulados de la tabla XVIII, obsérvese que hay dos curvas.

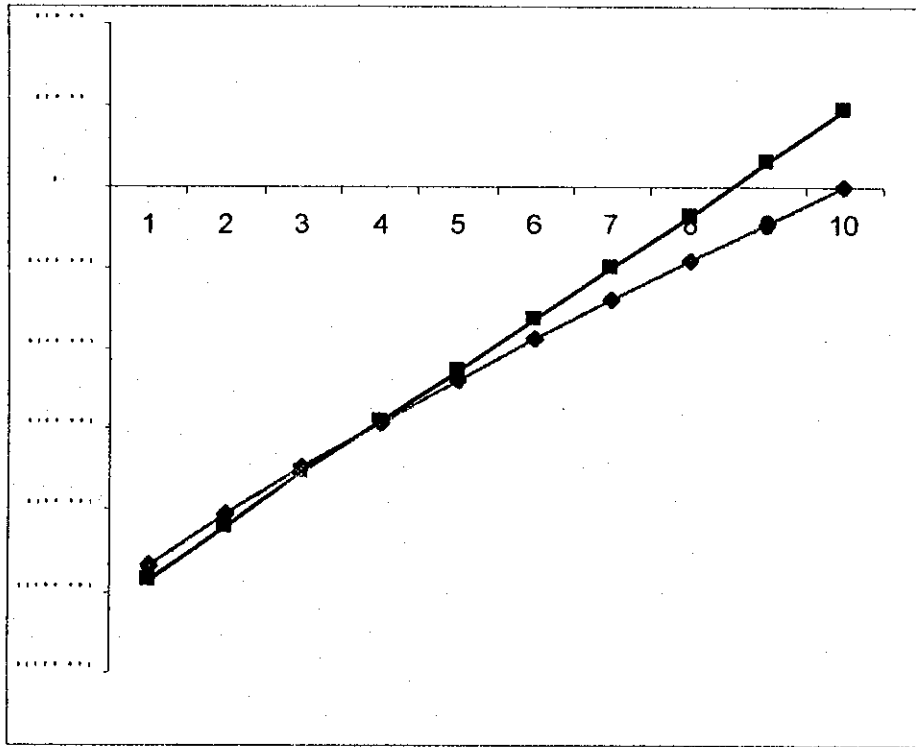
1. Para el proyecto el PBP es el punto donde el flujo de efectivo sin descuento aumenta al nivel de capital de trabajo negativo (9 años, como se indica la figura 33 de la tabla XVIII)
2. DCFRR es 3.68%
3. Tasa de retorno descontados los impuestos se calcula a partir de los valores de hoja de balance para un año característico

$$I = (Annp + Abd) / Ctc * 100 = 23.25\%$$

Tabla XVIII. Análisis de flujo efectivo

Terminación del año	Inversión de capital anual Ai	Ingreso por ventas As	Gastos tot. menos depre Ate-Abd	Ingreso de efectivo Aci	Depreciación Adb	Ganancia neta Anp
1	\$ (96.83)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2	\$ -	\$ 30.88	\$ (17.00)	\$ 13.88	\$ 9.68	\$ 4.20
3	\$ -	\$ 30.88	\$ (17.00)	\$ 13.88	\$ 9.68	\$ 4.20
4	\$ -	\$ 30.88	\$ (17.00)	\$ 13.88	\$ 9.68	\$ 4.20
5	\$ -	\$ 30.88	\$ (17.00)	\$ 13.88	\$ 9.68	\$ 4.20
6	\$ -	\$ 30.88	\$ (17.00)	\$ 13.88	\$ 9.68	\$ 4.20
7	\$ -	\$ 30.88	\$ (17.00)	\$ 13.88	\$ 9.68	\$ 4.20
8	\$ -	\$ 30.88	\$ (17.00)	\$ 13.88	\$ 9.68	\$ 4.20
9	\$ -	\$ 30.88	\$ (17.00)	\$ 13.88	\$ 9.68	\$ 4.20
10	\$ -	\$ 30.88	\$ (17.00)	\$ 13.88	\$ 9.68	\$ 4.20
		Tasa de retorno 23.25%		3.6800%		
Impuesto sobre el ingreso Ait	Ganancia neta menos impuestos Annp	Flujo de efectivo o ingreso de efectivo neto Anci=Ai+Abd+Aa+Annp	Flujo efectivo acumulado ΣAnci	Factor de descuento fd	Flujo de efectivo descontado fd*Anci	Flujo de efectivo descontado acumulado Σ(fd*Anci)
\$ -	\$ -	\$ (96.83)	\$ (96.83)	0.964506	\$ (93.39)	\$ (93.39)
\$ 1.05	\$ 3.15	\$ 12.83	\$ (83.99)	0.930272	\$ 11.94	\$ (81.45)
\$ 1.05	\$ 3.15	\$ 12.83	\$ (71.16)	0.897253	\$ 11.51	\$ (69.94)
\$ 1.05	\$ 3.15	\$ 12.83	\$ (58.33)	0.865406	\$ 11.11	\$ (58.83)
\$ 1.05	\$ 3.15	\$ 12.83	\$ (45.50)	0.83469	\$ 10.71	\$ (48.12)
\$ 1.05	\$ 3.15	\$ 12.83	\$ (32.66)	0.805063	\$ 10.33	\$ (37.79)
\$ 1.05	\$ 3.15	\$ 12.83	\$ (19.83)	0.776489	\$ 9.96	\$ (27.83)
\$ 1.05	\$ 3.15	\$ 12.83	\$ (7.00)	0.748928	\$ 9.61	\$ (18.21)
\$ 1.05	\$ 3.15	\$ 12.83	\$ 5.83	0.722346	\$ 9.27	\$ (8.95)
\$ 1.05	\$ 3.15	\$ 12.83	\$ 18.67	0.696707	\$ 8.94	\$ (0.00)

Figura 33. Comportamiento del pago de interés y capital



CONCLUSIONES

1. La banda de frecuencia seleccionada de VHF cumple los requisitos para enlazar la estación base y los usuarios de alto consumo de energía eléctrica en el rango 1,600 - 4,500 KW.
2. La medición del consumo de energía eléctrica queda libre de todo error humano voluntario o no, por lo que los valores se apegan a la verdad del consumo del usuario.
3. Cinco de los ocho usuarios de energía eléctrica no presentan ningún problema por obstáculo lo cual hace que el costo del equipo de radio sea menor que el de los tres usuarios que presentan este problema.
4. El tiempo de retardo en la toma de medida del consumo de energía eléctrica, es corto, por lo que la facturación al usuario es puramente administrativa.
5. La lectura del consumo energía eléctrica puede hacerse constantemente durante el día generando el comportamiento de toma de carga del usuario en las 24 horas.

RECOMENDACIONES

1. La información tomada del usuario de energía eléctrica podría ser complementada con: factor de potencia y demanda máxima.
2. El número de usuarios puede incrementarse siempre y cuando se encuentren en el área de la ciudad capital; pues, solamente sería hacer el estudio de trayectoria del usuario y darlo de alta en el servidor de la estación base.
3. La empresa de distribución de energía eléctrica en la ciudad capital de Guatemala debería considerar la implementación del proyecto de la red para lectura del consumo de energía eléctrica de la ciudad capital. (Aplicada a los consumidores en el rango 1,600-4,500KW). Por los diversos beneficios que se obtienen del funcionamiento de la red.
4. Conociendo con exactitud el consumo de energía eléctrica de los usuarios en el rango de 1,600-4,500KW, pueden elaborarse políticas de crecimiento en la capacidad instalada en las líneas de distribución. Con el paso del tiempo, debería ampliarse el rango de los usuarios de la red para tener un detallado patrón de comportamiento del sector industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Collin, Robert E. **Antennas and radiowave propagation**
1985. McGraw-Hill Book company, pp 341
2. Ibid, p. 303
3. Ibid, p. 350
4. Tanenbaum, Andrew S. **Redes de ordenadores**. Traducción al español por
1991. Víctor Manuel Carbajal Castañeda; segunda edición en español
revisada por Armando Maldonado Talamantes. México:
Prentice Hall Hispanoamérica, pp 16-22
5. Ibid, p. 38
6. Ibid, p. 88
7. Catálogo general Alitel
1997. Mexico, pp 153
8. Ibid, p. 83
9. Ibid, p. 152
10. Ibid, p. 135
11. **Manual de instrucciones del PQM**
1990. General Electric Multilin, pp 200
12. **Electronics Engineers handbook**. Estados Unidos
1984. McGraw-Hill company. Pp 22.24
13. Ibid, 18-57
14. Ibid, 18-74
15. Taub, Herbert y Donald L. Schillians. **Principles of communication systems**
1986. McGraw-Hill Book company. Pp 629
16. Ibid, p. 629
17. Ibid, p. 276
18. Ibid, p. 696
19. Smith Barney, Salomon Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. **Proceso de
1998. capitalización y venta de las acciones propiedad del Estado
de Guatemala**. Pp 25
20. Ulrich, Gael D. **Diseño y economía de los procesos de ingeniería
1993. química**. Traducción al español de Ing. Popocatépetl Rios Lara.
McGraw-Hill. Pp 409