



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN
SUBTERRÁNEA EN LA 7MA. AVENIDA DE LA ZONA 1 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Luis Eduardo Vela Aguilar

Asesorado por el Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez

Guatemala, febrero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN
SUBTERRÁNEA EN LA 7MA. AVENIDA DE LA ZONA 1 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS EDUARDO VELA AGUILAR

ASESORADO POR EL ING. GUSTAVO BENIGNO OROZCO GODÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERIO ELECTRICISTA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN
SUBTERRÁNEA EN LA 7MA. AVENIDA DE LA ZONA 1 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 10 de junio del 2016.



Luis Eduardo Vela Aguilar

Guatemala, 10 de enero de 2017.

Ingeniero

Gustavo Orozco

Coordinador Área de Potencia

Escuela Mecánica Eléctrica

Facultad de Ingeniería

USAC.

Ingeniero Orozco:

De acuerdo con la designación efectuada por la Dirección de Escuela, me permito informarle que he procedido a asesorar el Trabajo de Graduación titulado: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE RED ELECTRICA DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA EN LA 7MA. AVENIDA DE LA ZONA 1 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, desarrollado por el estudiante LUIS EDUARDO VELA AGUILAR, carne 2011-13882 y, encontrándolo satisfactorio en su contenido y resultados, me permito dar aprobación al mismo, remitiéndolo a esa Coordinación para el tramite pertinente, en el entendido que el Autor y este Asesor somos responsables del contenido y conclusiones del Trabajo.

Agradeciendo la atención a la presente, me es grato suscribirme, deseándole éxitos en sus labores cotidianas.

Atentamente,



Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez.

Colegiado 1,879

ASESOR

ING. GUSTAVO B. OROZCO
COLEGIADO 1879



REF. EIME 04. 2017.
Guatemala, 12 de ENERO 2017.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director
Ing. Francisco Javier González López
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED
ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA EN LA 7MA.
AVENIDA DE LA ZONA 1 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA,
del estudiante Luis Eduardo Vela Aguilar, que cumple con los
requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
DID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
Coordinador Área Potencia



S/O



REF. EIME 04. 2017.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante LUIS EDUARDO VELA AGUILAR Titulado: PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA EN LA 7MA AVENIDA DE LA ZONA 1 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA, procede a la autorización del mismo.

Ing. Francisco Javier González López

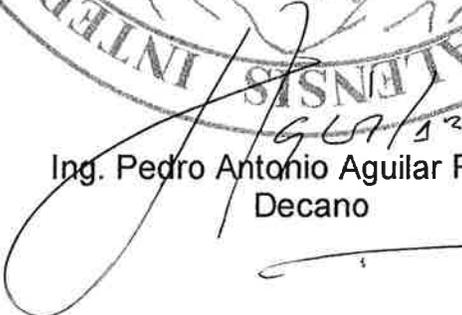


GUATEMALA, 19 DE ENERO 2017.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA EN LA 7MA. AVENIDA DE LA ZONA 1 DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Eduardo Vela Aguilar**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, febrero de 2017

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el guía de mi vida y brindarme la sabiduría para lograr alcanzar esta meta.
- Mis padres** José Vela y Odilia Aguilar de Vela. Por ser un ejemplo de superación y dedicación hacia sus hijos. Este logro es gracias a ustedes.
- Mis hermanos** José Guillermo y Flor de María. Por apoyarme incondicionalmente a lo largo de mi vida.
- Mis abuelitos** Moisés Vela (Q.E.P.D). A quien recuerdo con mucho cariño y en todo momento me brindó sus consejos y conocimientos. Domingo Aguilar (Q.E.P.D), no tuve la dicha de conocerlo pero sé que estaría feliz de este triunfo.
- Mis abuelitas** Delfina Vela y Francisca Álvarez (Q.E.P.D). Por todo su amor y cuidados durante mi infancia.
- Mis tíos** Guillermo Aguilar y Delia Oliva de Aguilar. Por brindarme su cariño incondicional y acompañarme en todos los momentos de mi vida.

Mi tía

Luvia Vela. Por su cariño y consejos a lo largo de la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me formó como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos y formación para mi vida profesional.
Mis amigos	Que han compartido conmigo y tenemos una buena amistad. En especial a José Sánchez y Brandon Mérida, a quienes agradezco por la misma que formamos y compartimos en la universidad.
Mis tíos	Por su cariño y ser ejemplo de perseverancia.
Mis primos	Por compartir los mejores momentos de nuestra vida.
Mi asesor	Por su apoyo y consejos que me brindó en este trabajo de graduación.
EEGSA	Por darme la oportunidad de desarrollarme como profesional, sobre todo por las buenas amistades que he formado y personas excepcionales que me han brindado su apoyo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ELEMENTOS DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA.....	1
1.1. Redes de distribución subterránea	1
1.1.1. Redes en anillo	1
1.1.2. Redes radiales.....	2
1.1.3. Ventajas.....	3
1.1.4. Desventajas	3
1.1.5. Simbología.....	4
1.2. Cables y ductos	6
1.2.1. Cable primario	6
1.2.2. Cable secundario.....	7
1.2.3. Bajada primaria.....	8
1.2.4. Bajada secundaria	11
1.2.5. Ducto galvanizado	13
1.3. Registros	14
1.3.1. Registros tipo H	14
1.3.2. Registro tipo pozo.....	16
1.3.3. Registro metálico suspendido.....	17

1.3.4.	Registros especiales para derivaciones en media tensión.....	18
1.3.5.	Registros exclusivos para líneas de baja tensión	20
1.4.	Transformadores	21
1.4.1.	Transformadores de distribución convencionales ...	21
1.4.2.	Transformadores tipo pedestal (<i>pad mounted</i>).....	23
1.4.3.	Transformadores tipo seco	25
1.5.	Derivaciones	26
1.5.1.	Barras de derivación en media tensión	27
1.5.2.	Derivaciones secundarias	28
1.5.2.1.	Derivaciones secundarias de paso.....	29
1.5.2.2.	Derivaciones secundarias de remate ...	30
1.6.	Acometidas	30
1.6.1.	Acometida en media tensión	31
1.6.1.1.	Medición primaria	31
1.6.2.	Acometidas en baja tensión	33
1.6.2.1.	Medición secundaria	33
1.6.2.2.	Medición auto contenida (carga trifásica menor a 69 kW).....	35
1.6.2.3.	Medición monofásica clase 200	36
1.6.2.4.	Medición monofásica clase 100	37
2.	EVALUACIÓN TÉCNICA	39
2.1.	Condiciones generales de la red	39
2.1.1.	Circuito de alimentación	39
2.1.2.	Conductor.....	41
2.1.3.	Materiales y equipos existentes	42
2.2.	Servicios existentes.....	43
2.2.1.	8ª y 9ª calle.....	45

2.2.2.	9ª y 10ª calle	47
2.2.3.	10ª-11ª calle	51
2.2.4.	11ª y 12ª calle	54
2.2.5.	12ª y 13ª calle	55
2.2.6.	13ª y 14ª calle	58
2.2.7.	14ª y 15ª calle	60
2.2.8.	15ª y 16ª calle	63
2.2.9.	16ª y 17ª calle	66
2.2.10.	17ª y 18ª calle	68
2.3.	Infraestructura para obra civil	70
3.	PROPUESTA DE RED SUBTERRÁNEA.....	71
3.1.	Configuración de la red propuesta.....	71
3.2.	Materiales y equipos.....	73
3.3.	Obra civil.....	75
3.4.	Servicios existentes	76
3.5.	Diseños y materiales de propuesta de red subterránea	76
3.5.1.	Propuesta 8ª-9ª calle	77
3.5.2.	Propuesta 9ª y 10ª calle.....	81
3.5.3.	Propuesta 10ª y 11ª calle.....	84
3.5.4.	Propuesta 11ª y 12ª Calle	86
3.5.5.	Propuesta 12ª y 13ª calle.....	89
3.5.6.	Propuesta 13ª y 14ª calle.....	93
3.5.7.	Propuesta 14ª y 15ª calle.....	95
3.5.8.	Propuesta 15ª y 16ª Calle	99
3.5.9.	Propuesta 16ª y 17ª calle.....	102
3.5.10.	Propuesta 17ª y 18ª calle.....	105
4.	EVALUACIÓN ECÓNOMICA	109

4.1.	Costos	109
4.1.1.	Costo de materiales y mano de obra.....	110
4.1.2.	Costos de acometidas	111
4.1.3.	Costo de obra civil.....	113
4.1.4.	Inversión total	114
4.1.5.	Retiro de red aérea	115
4.2.	Financiamiento	115
4.2.1.	Aportes por cuadra.....	118
4.2.2.	Detalle de aportes de materiales y equipos de propuesta	124
4.2.3.	Beneficios económicos y sociales de la propuesta	126
	CONCLUSIONES.....	129
	RECOMENDACIONES	131
	BIBLIOGRAFÍA.....	133
	APÉNDICES.....	135
	ANEXOS.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Redes en anillo	2
2.	Redes radiales	2
3.	Simbología eléctrica	5
4.	Cable primario URD	7
5.	Cable secundario	8
6.	Terminaciones para cable URD, con aislamiento para 15 kV	9
7.	Bajada primaria	10
8.	Bajada secundaria.....	12
9.	Ductos para canalización de cable.....	13
10.	Caja de registro tipo H.....	15
11.	Registro Tipo Pozo.....	16
12.	Registro metálico suspendido	17
13.	Registro para derivaciones monofásicas de 3 posiciones.....	19
14.	Registro para derivaciones trifásicas de 3 posiciones.....	19
15.	Registros exclusivos para líneas de baja tensión.....	20
16.	Transformador CSP con bajada secundaria	22
17.	Transformador trifásico tipo pedestal 300 kVA.....	24
18.	Transformador seco trifásico 500 kVA	26
19.	Barras de derivación de 3 posiciones.....	28
20.	Derivación secundaria de paso	29
21.	Derivación secundaria de remate.....	30
22.	Medición primaria de remate	32
23.	Medición secundaria en poste.....	34

24.	Medición secundaria en cuarto eléctrico.....	35
25.	Acometida autocontenida hasta 69 kW.....	36
26.	Acometida con caja socket y medición clase 200.....	37
27.	Acometida con caja socket clase 100.....	38
28.	Remate de circuitos en poste 156057.....	40
29.	Orientación de red y servicios.....	44
30.	Red actual 8ª y 9ª calle.....	47
31.	Red actual 9ª-10ª calle.....	50
32.	Red actual 10ª y 11ª calle.....	53
33.	Red Actual 11ª y 12 calle.....	55
34.	Red actual 12ª y 13ª calle.....	58
35.	Red actual 13ª y 14ª calle.....	60
36.	Red actual 14ª y 15ª calle.....	63
37.	Red actual 15-16 calle.....	65
38.	Red Actual 16ª y 17ª calle.....	67
39.	Red actual 17ª y 18ª calle.....	69
40.	Diseño 8ª y 9ª calle.....	80
41.	Diseño 9ª y 10ª calle.....	83
42.	Diseño 10ª y 11ª calle.....	85
43.	Diseño 11ª y 12ª calle.....	88
44.	Diseño 12ª y 13ª calle.....	91
45.	Diseño 13ª y 14ª calle.....	94
46.	Diseño 14ª y 15ª calle.....	97
47.	Diseño 15ª y 16ª calle.....	101
48.	Diseño 16ª y 17ª calle.....	104
49.	Diseño 17ª y 18ª calle.....	106

TABLAS

I.	Circuitos de alimentación	41
II.	Materiales existentes.....	43
III.	Servicios existentes 8ª y 9ª calle.....	46
IV.	Servicios existentes 9ª y 10ª calle.....	48
V.	Servicios existentes 10ª y 11ª calle.....	52
VI.	Servicios existentes 11ª y 12ª calle.....	54
VII.	Servicios existentes 12ª y 13ª calle.....	57
VIII.	Servicios existentes 13ª y 14ª calle.....	59
IX.	Servicios existentes 14ª y 15ª calle.....	61
X.	Servicios existentes 15ª y 16ª calle.....	64
XI.	Servicios existentes 16ª y 17ª calle.....	66
XII.	Servicios existentes 17ª y 18ª calle.....	68
XIII.	Simbología diseños.....	77
XIV.	Descripción 8ª y 9ª calle.....	79
XV.	Descripción 9ª y 10ª calle.....	82
XVI.	Descripción 10ª y 11ª calle.....	86
XVII.	Descripción 11ª y 12ª calle.....	88
XVIII.	Descripción 12ª y 13ª calle.....	92
XIX.	Descripción 13ª y 14ª calle.....	95
XX.	Descripción 14ª y 15ª calle.....	98
XXI.	Descripción 15ª y 16ª Calle.....	102
XXII.	Descripción 16ª y 17ª calle.....	105
XXIII.	Descripción 17ª y 18ª calle.....	107
XXIV.	Inversión red eléctrica subterránea.....	111
XXV.	Costo de acometidas.....	112
XXVI.	Costos de obra civil.....	113
XXVII.	Inversión necesaria.....	114

XXVIII.	Aportes 8ª y 9ª calle.....	118
XXIX.	Aportes 9ª y 10ª calle.....	119
XXX.	Aportes 10ª y 11ª calle.....	119
XXXI.	Aportes 11ª y 12ª calle.....	120
XXXII.	Aportes 12ª y 13ª calle.....	121
XXXIII.	Aportes 13ª y 14ª calle.....	121
XXXIV.	Aportes 14ª y 15ª calle.....	122
XXXV.	Aportes 15ª y 16ª calle.....	123
XXXVI.	Aportes 16ª y 17ª calle.....	123
XXXVII.	Aportes 17ª y 18ª calle.....	124
XXXVIII.	Porcentaje de aportes en general.....	125

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios. Corriente
ACSR	Cable de aluminio desnudo con alma de acero
AWG	Calibre americano de alambre
B1	Bajada primaria con correlativo
BS	Barras seccionadoras
BT	Baja tensión
cm	Centímetros
CS	Cuchillas seccionadoras
HG	Hierro galvanizado
kV	Kilovoltios (1000 Voltios)
kVA	Kilovoltios-amperios (1000 voltio-amperio)
kW	Kilovatios (1000 Vatios)
MCM	Mil circular mil. Unidad de medida según diámetro de conductores
MF	Monofásico (a)
MT	Media tensión
PMC	Panel múltiple de contadores
PVC	Polio cloruro de vinilo. Plástico
snpt	Sobre el nivel del piso terminado
TF	Trifásico (a)
URD	Cable de distribución subterránea
V	Voltios. Voltaje

GLOSARIO

Acometida	Conjunto de materiales y equipos que van desde la red de distribución hasta el usuario final, con un punto intermedio de medición.
Aislamiento	Material con nula capacidad para conducir electricidad.
Baja tensión	Línea de distribución con un voltaje menor a 600 voltios.
Barras de derivación	Equipo para derivar líneas de media tensión.
Bóveda	Espacio físico donde está ubicando un centro de transformación.
Carga	Cantidad de potencia que demanda una instalación eléctrica.
Conos de dispersión	Terminación para conexiones en cable subterráneo.
Delta abierta	Conexión de dos transformadores para proporcionar un servicio trifásico con voltaje 120/240 voltios.
Media tensión	Línea de distribución con un voltaje de 13 200 voltios.

Pad mounted

Tipo de transformador subterráneo para exterior.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se desarrolla una propuesta de implementación de red eléctrica subterránea, con la cual se busca eliminar la contaminación visual que genera la red eléctrica aérea existente a lo largo de la 7ª avenida. Dicha propuesta se realizó analizando aspectos técnicos y económicos para implementar una red de distribución subterránea con un costo optimizado, siempre guardando la confiabilidad y seguridad de la misma.

En el capítulo I se presentan los tipos de redes subterráneas, así como elementos más importantes que la conforman tanto en equipos y materiales eléctricos como en infraestructura civil. También se presentan los distintos tipos de acometidas subterráneas, con sus elementos y características necesarias.

Posterior a establecer los elementos subterráneos, se presentan en el capítulo II los servicios existentes a lo largo del área que abarca la propuesta. Dichos servicios se especifican por cada cuadra y se detalla por cada uno de estos, la carga, el nivel de tensión, y lado de orientación; ya que en función de ellos se realiza el diseño, así como materiales y equipos necesarios para el proyecto.

Los materiales, obra civil y diseño necesarios para dicho proyecto, se indican en el capítulo III, mediante un diseño y listado de materiales por cada cuadra, en los cuales se detalla la alimentación de todos los servicios existentes entre 8ª y 18 calle, sobre la 7ª avenida.

Para finalizar se presenta en el capítulo IV una evaluación de costos y financiamiento necesario para la implementación de este proyecto. En el tema de los costos se incluyen los de obra civil, acometidas y por último materiales y equipos eléctricos. Teniendo el costo total necesario, se establece la forma en que será financiada dicha inversión, ya que será necesario que esta se haga mediante aportes de instituciones estatales y privadas.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una propuesta de implementación de una Red eléctrica subterránea en la 7ª avenida de zona 1, entre 8ª y 18 calle, con base en un estudio técnico-económico que pueda garantizar una red segura y con un costo óptimo.

Específicos

1. Analizar la mejor forma de implementar red de distribución subterránea desde el punto de vista técnico.
2. Proponer los criterios necesarios para distribuir la alimentación eléctrica con acometidas, equipos y materiales para red subterránea, con base en los servicios existentes a lo largo de la avenida.
3. Realizar una propuesta por cada una de las cuadras que abarca el proyecto, especificando los elementos de red subterránea necesarios.
4. Establecer el costo total y financiamiento necesario para la implementación del proyecto.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la conservación del centro histórico ha sido un tema de suma importancia y un ejemplo de esto es el crecimiento de edificios de apartamentos a lo largo de la 7ª avenida; por lo que la implementación de una red eléctrica con distribución subterránea confiable y versátil sería un gran aporte para su conservación y recuperación.

En el presente trabajo de graduación se pretende desarrollar una propuesta para la implementación de este sistema, basada en un estudio eléctrico y económico que permita analizar su factibilidad y así poder establecer los elementos de una red subterránea necesarios para la implementación de este sistema.

Una red eléctrica subterránea es más confiable que una aérea, la frecuencia de las fallas es menor; sin embargo, hay que tomar en cuenta que cuando se presenta una falla es más complicado aislar y reparar.

En el tema económico la inversión para implementar una red subterránea es mucho más elevada respecto a una red aérea; sin embargo, se compensa con la reducción de gastos de mantenimiento, disminución de fallas por condiciones ambientales y contaminación visual y se aumenta la plusvalía en el sector.

1. ELEMENTOS DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA

A continuación, se definen conceptos generales para dar a conocer los principales elementos que conforman una red de distribución subterránea:

1.1. Redes de distribución subterránea

Las redes de distribución subterráneas son redes que están conformadas por líneas de media tensión (línea primaria) con un voltaje de 13,2 kV trifásico y 7,6 kV monofásico; y línea de baja tensión (línea secundaria) con un voltaje de 120/240V trifásico, 120/208V trifásico, y 120/240V monofásico.

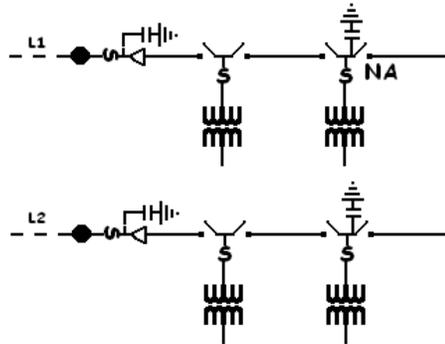
Estas líneas van en ductos para su conservación y acompañadas de equipos de protección, transformadores, conectores, aisladores, entre otros.

1.1.1. Redes en anillo

Son redes que pueden tener alimentación por dos lados distintos, de manera que si ocurre una falla al principio de la red, esta puede desconectarse y conectarse por el otro lado.

Este tipo de red es más costosa debido a los dos puntos de alimentación que es necesario dejar; sin embargo, es la más confiable y la más utilizada en redes subterráneas.

Figura 1. **Redes en anillo**

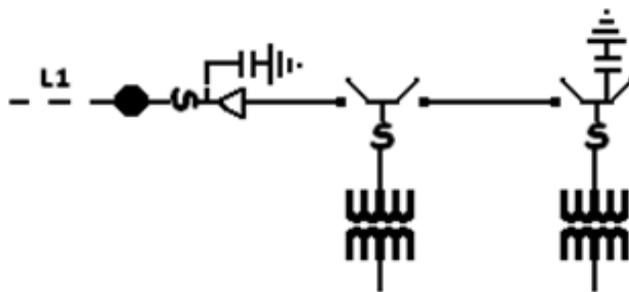


Fuente: elaboración propia.

1.1.2. **Redes radiales**

Son redes que se alimentan solamente a través de una línea, son de menor costo, tanto de construcción como de mantenimiento, sin embargo si ocurre una falla no puede alimentarse por otro punto, por lo que es menos confiable.

Figura 2. **Redes radiales**



Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Ventajas

Las redes de distribución subterráneas se han utilizado en los últimos años con mayor frecuencia, debido a la contaminación visual que se evita cuando se instalan. Tienen como consecuencia una mejor apreciación de edificios o estructuras y el aumento de la plusvalía en el sector. Otra ventaja es la protección de las personas ya que al no pasar la red por encima de las casas y paralela a edificios se evita cualquier accidente que una persona pueda tener al hacer contacto con las líneas de distribución aéreas y daños que los vehículos puedan ocasionar en los postes. También se mejora la confiabilidad del servicio, ya que se evitan las perturbaciones que pueda tener la línea por condiciones atmosféricas.

1.1.4. Desventajas

Estas se relacionan directamente con el valor económico de inversión para su construcción. El costo es elevado debido a la obra civil que debe realizarse para la canalización de la ductería por la que pasarán las redes. Los equipos y materiales también son costosos, debido a las características que deben tener los aislantes para una óptima protección y atenuación del campo eléctrico de la línea primaria y secundaria.

Adicionalmente, cuando se quiere implementar una red eléctrica subterránea donde ya existe red eléctrica aérea, edificios y calles pavimentadas; el costo se incrementa debido a que se adiciona el costo del retiro de los equipos y materiales de la red área, así como la instalación del conductor subterráneo.

El mantenimiento de las redes subterráneas también es una desventaja debido a que este se complica. Cuando ocurre una falla en la red de distribución

es mucho más difícil de encontrar, si esta ocurre en algún conductor, conexión o caja de registro que en una línea aérea. Adicionalmente cuando la falla se encuentra, si se localiza en el conductor en determinado tramo de la tubería, es necesario sacar por completo el cable y meter el nuevo cable o bien utilizar la tubería de reserva.

1.1.5. Simbología

Todos los elementos y equipos utilizados en el diseño de redes eléctricas aéreas y subterráneas, deben identificarse con un símbolo, para la facilitación de uso en planos, programas, y diseños. Algunos de los elementos que difieren de las redes aéreas, son las cajas de registros en sustitución de los postes, las bóvedas para transformadores, las barras de derivación en sustitución de derivaciones con cruceros en poste, entre otros. La conexión entre la red de distribución aérea y la red de distribución subterránea se hace mediante una bajada, la cual consiste en conductores a través de un ducto paralelo a un poste.

Los símbolos se utilizarán para el diseño de red de distribución subterránea en cada cuadra, donde habrá bajadas primarias para alimentación de transformadores tipo seco o transformadores tipo *pad mounted*, y bajadas secundarias para alimentar servicios residenciales o comerciales pequeños, con transformadores colocados sobre postes y se instalarán donde no haya espacio para colocar transformadores en bóvedas.

Básicamente, todos los elementos y equipos de un sistema de distribución subterráneo deben conectarse a la red aérea a través de las bajadas ya mencionadas, por tal motivo existe relación en la simbología de los mismos. Por lo que, en la figura 3 se muestran los símbolos de los elementos más comunes y utilizados en redes aéreas y subterráneas: cables primarios y secundarios,

ductos, cajas de registro, transformadores, fusibles, bajadas primarias, bajadas secundarias, cortacircuitos, derivaciones, tierras físicas, remates, entre otros.

Estos elementos y equipos que se utilizaran en la propuesta del diseño, se especifican con la siguiente simbología:

Figura 3. Simbología eléctrica

SIMBOLOGIA ELECTRICA

	POSTE NUEVO		INTERRUPTOR TRIFASICO TIPO RECLOSER
	POSTE EXISTENTE		BANCO DE CAPACITORES
	ANCLA SENCILLA		LINEA PRIMARIA NUEVA
	ANCLA DOBLE		LINEA PRIMARIA EXISTENTE
	ANCLA EN BANDERA DE ASTA SIMPLE		LINEA SECUNDARIA NUEVA
	ANCLA EN BANDERA DE DOBLE ASTA		LINEA SECUNDARIA EXISTENTE
	TRANSFORMADOR DE LUZ, NUEVO		APERTURA DE LINEA SECUNDARIA EN POSTE
	TRANSFORMADOR DE FUERZA, NUEVO		CABLE PARA TIRANTE ENTRE POSTES
	TRANSFORMADOR DE LUZ, EXISTENTE		REGISTRO TIPO 'H' PARA SUBTERRANEO
	TRANSFORMADOR DE FUERZA, EXISTENTE		REGISTRO ESPECIAL, PARA DERIVACION EN SUBTERRANEO
	TRANSFORMADOR PARA A.P. NUEVO		LINEA SECUNDARIA SUBTERRANEA, NUEVA
	TRANSFORMADOR PARA A.P. EXISTENTE		LINEA SECUNDARIA SUBTERRANEA EXISTENTE
	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL (PADMOUNTED) NUEVO		2 DUCTOS PARA LINEA PRIMARIA NUEVA
	TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL (PADMOUNTED) EXISTENTE		3 DUCTOS PARA LINEA PRIMARIA Y SECUNDARIA
	PARARRAYOS DE LINEA PARA 10 KV.		4 DUCTOS PARA LINEA PRIMARIA Y SECUNDARIA
	PUESTA A TIERRA		CAJA DE REGISTRO DE REMATE CO LINEA SECUNDARIA
	CORTACIRCUITOS PARA 15 KV., NUEVO		ACOMETIDA SUBTERRANEA
	CORTACIRCUITOS PARA 15 KV., EXISTENTE		LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO, 100W, 80V, 8500 LUMENES
	INTERRUPTOR DE CUCHILLAS PARA 800 AMP., NUEVO		LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO, 250W, 100V, 25000 LUMENES
	INTERRUPTOR DE CUCHILLAS PARA 800 AMP., EXISTENTE		LUMINARIA DE VAPOR DE SODIO, 400W, 100V, 42000 LUMENES
	INTERRUPTOR MONOFASICO TIPO RECLOSER		INTERRUPTOR DE AIRE TIPO KPF, NUEVO
	TRANSFORMADOR SECO, NUEVO		INTERRUPTOR DE AIRE TIPO KPF, EXISTENTE
	TRANSFORMADOR SECO, EXISTENTE		

Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 31.

1.2. Cables y ductos

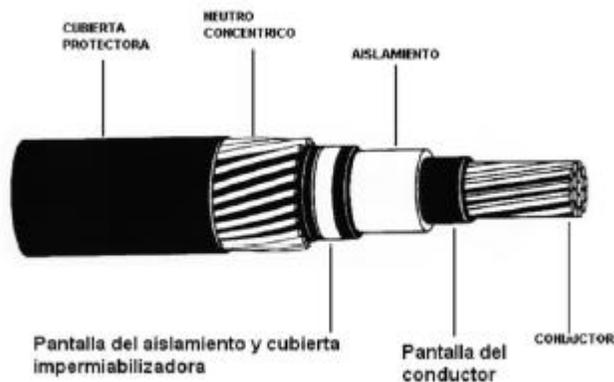
A diferencia de una red aérea, en las redes subterráneas se utilizan ductos para la conducción del cable, los cuales consisten en tubería de HG (acero galvanizado por inmersión en caliente), PVC o PVC corrugado; su diámetro depende del tipo de conductor que se colocará en ese tramo de acuerdo al nivel de voltaje de diseño de la red. El cable subterráneo debe ser capaz de soportar tensión mecánica, tener una rigidez dieléctrica adecuada y soportar la corrosión provocada por el subsuelo. A continuación se especifican los cables y canalización a utilizarse.

1.2.1. Cable primario

El cable primario también conocido como de media tensión, conduce a un voltaje de 13,2 kV trifásico y 7,6 kV monofásico. Es un cable aislado tipo URD apto por su sistema de protección construido en este para soportar las condiciones físicas y ambientales que pueden provocarse cuando se coloca debajo del suelo. Este cable es de aluminio 1/0 y 4/0 AWG URD con un aislamiento de 15 kV y se instala uno por fase.

La conexión entre equipos subterráneos y elementos aéreos, con este tipo de cable, debe realizarse detalladamente y con el cuidado de realizar las conexiones de manera correcta con el fin de evitar que se pueda producir un flameo; debido a la distorsión del campo eléctrico en el corte de la pantalla semiconductora. Para controlar esta distorsión, en el punto de corte de la pantalla semiconductora de aislamiento, se utiliza el cono de alivio o terminaciones. Su función es dispersar el campo eléctrico, evitando que las líneas equipotenciales de este se concentren en el punto de corte.

Figura 4. **Cable primario URD**



Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 66.

1.2.2. **Cable secundario**

También se le conoce como cable de baja tensión, ya que este conecta el lado secundario del transformador con la acometida del servicio; conduce a un voltaje de 120/240V, 120/208V, 277/480V y está especificado como cable de aluminio, también conocido como triplex o cuádruplex, URD con aislamiento para 600 V, en calibres número 1/0, 2/0 o 4/0 600 V en monofásico y trifásico. Cuando el servicio es subterráneo y el cliente debe de cablear hasta la bajada, el calibre del conductor quedará a criterio del cliente según la carga que conectará. Si el transformador queda en poste, pero los servicios tendrán acometida subterránea residencial y no mayor a una carga de 48 kW, se debe derivar después de la bajada secundaria con cable URD y derivaciones para servicios. Estos cables se derivan de un juego de conectores conocidos como accesorios de derivación, los

cuales van en cajas de registro y pueden salir derivaciones hasta para 6 servicios, dejando como reserva por lo menos conexión para un servicio extra.

Figura 5. **Cable secundario**



Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 65.

1.2.3. Bajada primaria

Se le llama así a la derivación que va desde las líneas aéreas de distribución hacia las líneas de distribución subterráneas, en media tensión. Esta bajada es el punto de transición entre red aérea y subterránea a un voltaje de 13.2 kV trifásico o 7,6 kV monofásico y se conforma de un conjunto de dispositivos y herrajes necesarios para llevar a cabo dicha transición. Se compone de un ducto galvanizado HG de 4 pulgadas de diámetro el cual va agarrado al poste por medio de cintas bandit de aluminio que funcionan como abrazaderas entre el poste y el tubo. Este tipo de bajada se utiliza cuando los transformadores son tipo seco y

se encuentran en bóvedas o bien son de tipo *pad mounted* para intemperie, por lo que es necesario que el tubo sea enterrado y tenga una vuelta de 90 grados.

Cabe resaltar que al pie del poste, debe de quedar una tubería de reserva la cual debe acompañar a la tubería que conducirá hasta el equipo o transformador que conecte el cable. Adicionalmente el conductor que baja por el ducto, para atenuar el campo eléctrico en la derivación debe llevar aisladores de campo eléctrico en la conexión entre red aérea y cable URD subterráneo; estas terminaciones se conocen como conos de dispersión, las cuales se muestran en la figura 6 y claramente se observa que la conexión con el cable URD es mucho más gruesa que la conexión con la red aérea con conductor desnudo de aluminio.

Figura 6. **Terminaciones para cable URD, con aislamiento para 15 kV**

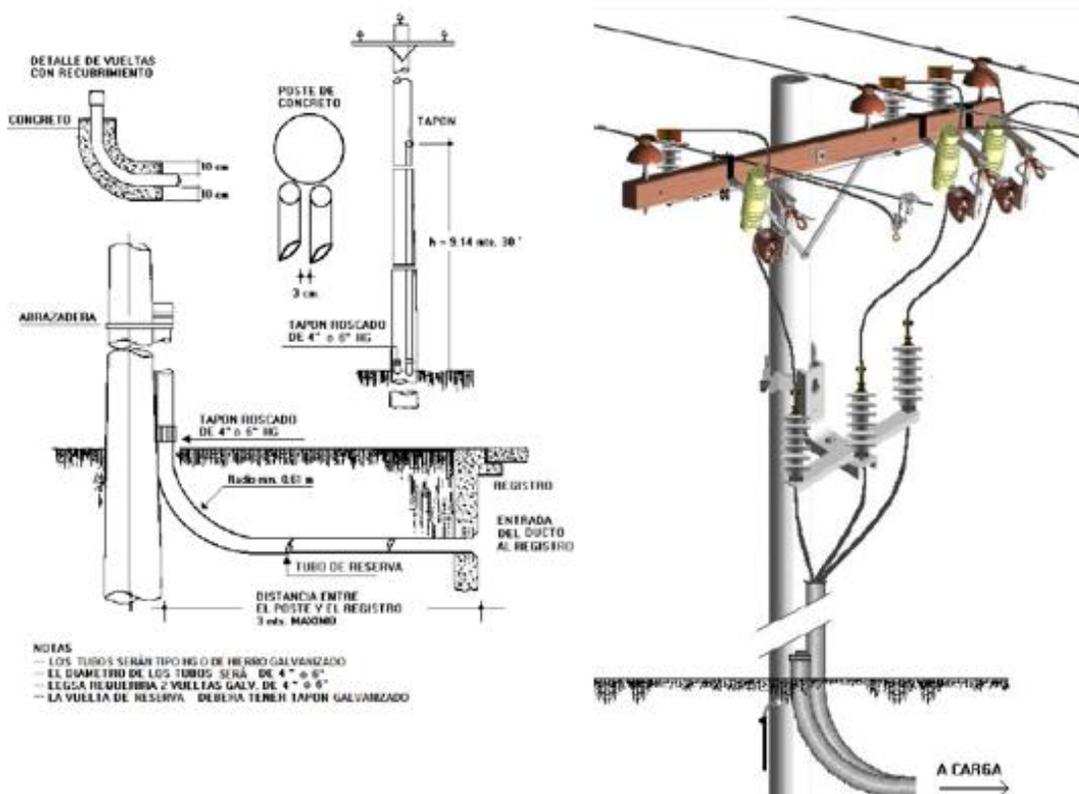


Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 64.

Para tener un respaldo a la hora de alguna falla, se recomienda la configuración de la red en anillo. Si se diseña con este tipo de red, es necesario dejar conductores de respaldo que bajen al mismo punto pero sin conectar, y a la hora de que ocurra una interrupción de energía por una falla física en los conductores de la bajada, se puedan conectar los conductores de respaldo; los

cuales llegan a equipo que tiene punto abierto. Este tipo de redes se utiliza cuando se diseñan redes subterráneas que tendrán varios transformadores a lo largo del anillo y, como se había mencionado anteriormente, se deja un punto abierto en el centro de la red. En esta transición es indispensable colocar cortacircuitos como protección a la derivación. Adicionalmente, se utiliza una espuma especial posterior a la canalización del cable que sella el ducto para que no se filtre agua en el ducto de bajada.

Figura 7. Bajada primaria



Fuente: CNEE. Resolución CNEE-61-2004. Normas particulares de empresa eléctrica de Guatemala. p 36.

1.2.4. Bajada secundaria

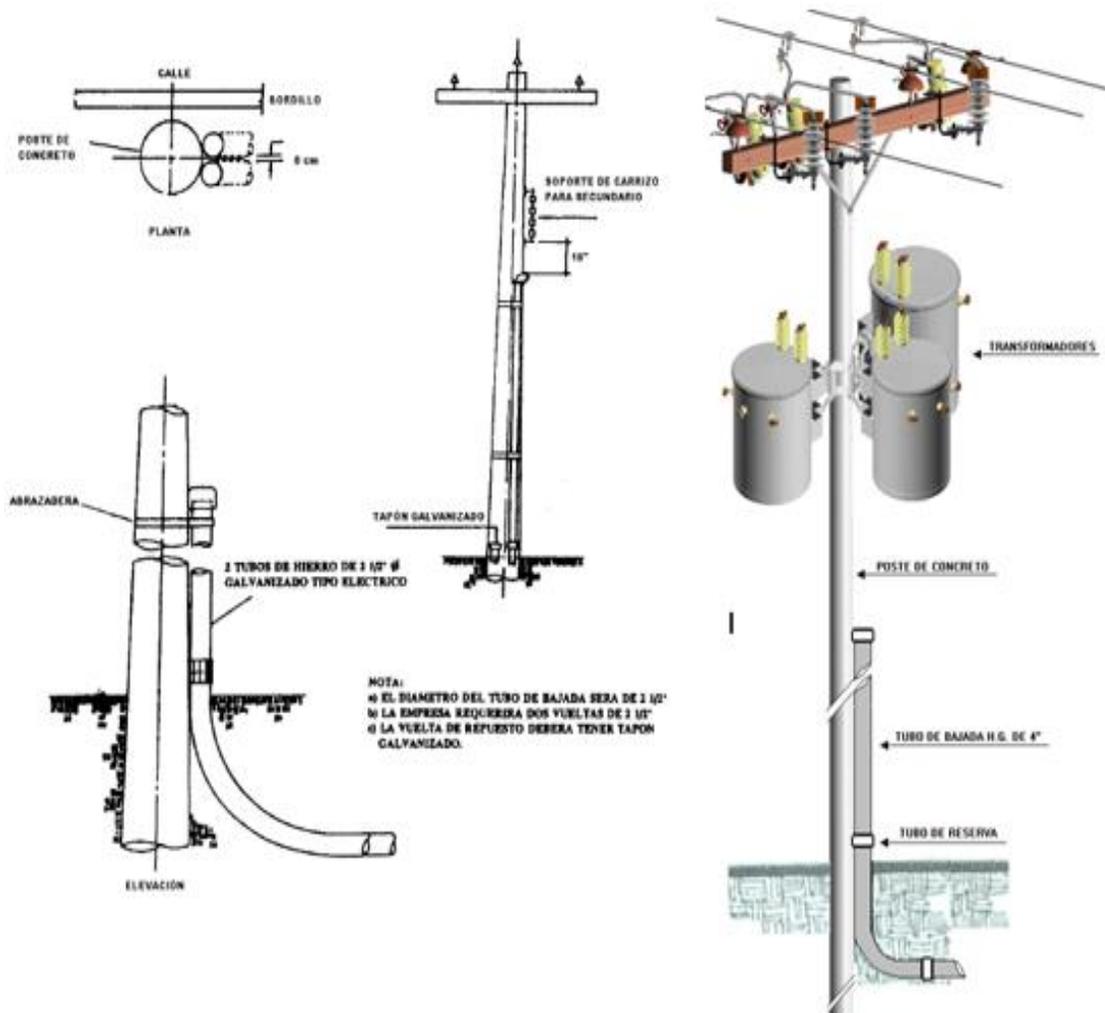
Este es el punto de transición entre la red aérea de baja tensión y la red subterránea de baja tensión y se conforma de un conjunto de dispositivos y herrajes necesarios para dicha conexión. Se utiliza para alimentar una carga o un grupo de cargas cuando los transformadores están colocados sobre el poste, por lo que del lado secundario de este se deriva la bajada secundaria a través de un ducto HG que varía su diámetro según la cantidad de conductores y pueden ser de 2 ½ o 4 pulgadas que va paralelo al poste tal como se mencionó anteriormente en la bajada primaria.

Su uso es frecuente cuando no hay espacio para colocar los transformadores en la superficie (*pad mounted*) o en bóvedas subterráneas, donde se colocan bancos de transformadores o transformador convencionales para redes subterráneas. También se utiliza cuando se proporciona un servicio mayor a 48 kW donde por la corriente que demandan estos servicios es muy peligroso que las acometidas sean aéreas, por lo que se utiliza este tipo de bajadas con medición secundaria de respaldo ya que por el amperaje que pasa por los conductores resulta muy difícil y costosa la medición directa.

Los conductores van desde el secundario del transformador con conectores tipo silla si los conductores a conectar son más de uno por fase, pasando por el tubo HG hasta llegar a las derivaciones que conectaran las cargas o bien al interruptor principal del panel de contadores. Por el contrario si se trata de una carga puntual, el conductor llegará hasta el punto de medición y posteriormente al interruptor principal de la instalación.

Se colocará una medición secundaria antes de la bajada. Este tipo de medición y acometida se colocará si la carga puntual que se desea alimentar es mayor a 70 kW; esta se detallará en la sección de acometidas.

Figura 8. Bajada secundaria



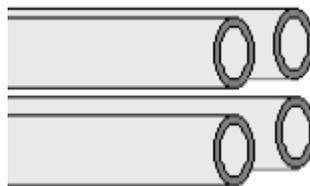
Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 35.

1.2.5. Ducto galvanizado

Se utiliza para bajadas primarias y secundarias como se había mencionado anteriormente, sin embargo se utilizan en su mayoría para la conducción de líneas de media y baja tensión. Este se coloca en una zanja entre registros subterráneos y el material del ducto puede ser PVC, PVC corrugado y tipo HG galvanizado, distribuidos de acuerdo a las condiciones normadas para la utilización de cada tipo de ducto. Las medidas varían según el nivel de tensión de diseño de la red; este ducto puede ser de 2, 2 1/2, 4 y 6 pulgadas.

La colocación de los ductos siempre debe ser en número par y en construcción paralela, ya que uno servirá para la canalización del alimentador y el otro quedará previsto de reserva para cualquier mantenimiento o contingencia. La cantidad de tubos que se colocarán entre registros, será determinada por el diseño selectivo de la red, nivel de tensión de diseño de distribución y la carga que declara el servicio. El tipo de tubo será determinado por las condiciones del ambiente, el nivel de tensión y las condiciones del terreno donde se colocará la tubería.

Figura 9. Ductos para canalización de cable



Fuente: *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 43.

1.3. Registros

Son fosas cuadradas por lo regular de un metro de largo por un metro de ancho; sin embargo, las dimensiones dependen del nivel de tensión de diseño de la red y del uso que tendrá el registro. El material con que se construye puede ser block, prefabricadas o metal; esto dependerá de la función que tendrá. Sustituyen los postes utilizados en las redes aéreas y su función es permitir las maniobras para la canalización del cable a través de la tubería y albergar los diferentes tipos de derivaciones que existen tanto en media como en baja tensión.

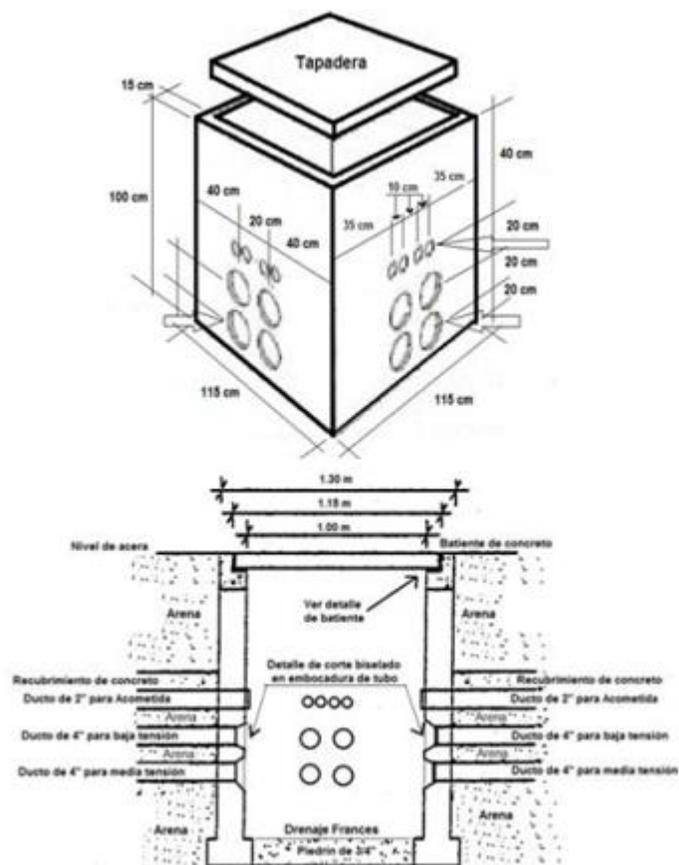
Cabe resaltar que estos registros no se utilizan para albergar equipos como transformadores ya que para estos se utilizan bóvedas de mayor dimensión. En todos los registros se debe dejar al menos una vuelta de cable, con el fin de poder maniobrar el cable de mejor manera y tener disponibilidad para cualquier contingencia que ocurra. Los registros pueden ser utilizados para paso de líneas únicamente, albergar derivación de servicios, albergar derivación de ramales y conexión de servicios tanto en baja como en media tensión.

1.3.1. Registros tipo H

Estos registros son utilizados en todos los diseños de redes subterráneas ya que por estos se canalizan las líneas de media y baja tensión. Las dimensiones de esta caja son de un metro de largo por uno de ancho por uno de profundidad y la distancia máxima de separación entre cada registro es de 50 metros. Su construcción puede ser de origen prefabricada, block, plástico resistente o concreto. La cantidad de ductos que llegan a las cajas depende de la cantidad de conductores y el nivel de tensión de diseño de la red. Un ducto conduce los conductores primarios y el otro los secundarios, quedando así un ducto de reserva para línea primaria y uno para línea secundaria.

La caja de registro debe tener una tapadera de concreto con hierro la cual puede ser de una sola sección o bien de dos secciones; es decir, con dos agarradores. Las cajas deben tener por lo menos 10 cm de profundidad de piedrín de $\frac{3}{4}$ para que en condiciones de lluvia el agua se filtre y no se quede estancada. Los registros que sean de remate de líneas secundarias deben estar debidamente aterrizados a tierra.

Figura 10. Caja de registro tipo H



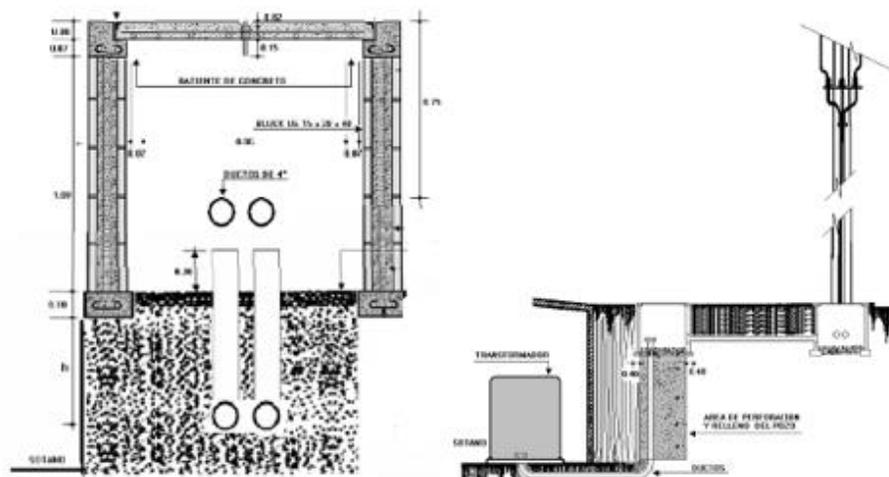
Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 40.

1.3.2. Registro tipo pozo

Se utiliza generalmente cuando los transformadores se encuentran en un nivel muy por debajo de los registros y se necesita salir de la caja con los tubos verticalmente. Esto se da en la mayoría de los casos en edificios, donde el cuarto eléctrico con el transformador de potencia, panel de contadores, mediciones secundarias, plantas generadoras de respaldo, entre otros, se encuentran en el primer o segundo sótano.

Para llegar a este registro se construye la bajada primaria que se canaliza hacia un registro tipo H, el cual debe estar a una distancia no mayor a 10 metros del poste y posteriormente se canaliza hasta llegar al registro tipo pozo, de este se sale con los tubos verticalmente hasta llegar a otra caja de registro metálica en sótano la cual recibe el cable y se canaliza hacia el centro de transformación.

Figura 11. Registro Tipo Pozo



Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 41.

1.3.3. Registro metálico suspendido

Es una fosa prefabricada de metal que se instala suspendida en el techo del sótano por el que se conducirá la tubería de 4 pulgadas de HG. Las dimensiones de este tipo de registro son de un metro por lado, por uno de ancho y la profundidad puede variar desde 50 centímetros hasta un metro; por lo regular la profundidad es de un metro. Estos se utilizan única y exclusivamente para la conducción de líneas de media tensión en sótanos de edificios y facilitan la flexibilidad del cable para efectuar las maniobras para la canalización del cable; se deben instalar por lo menos cada 60 metros y cuando la dirección de la tubería cambia en un ángulo de 90 grados. En algunos casos y como último recurso se aceptan para canalización secundaria.

Figura 12. **Registro metálico suspendido**



Fuente: elaboración propia.

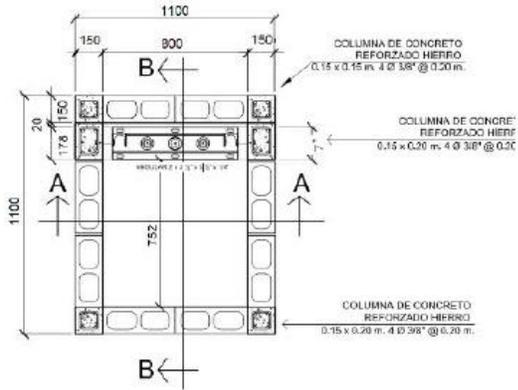
1.3.4. Registros especiales para derivaciones en media tensión

Estos registros tienen dimensiones mayores a los registros normales que conducen los cables de media y alta tensión. Se utilizan para albergar equipos especiales cuya función es la derivación de ramales trifásicos y monofásicos en media tensión. La construcción de dichos registros es muy similar a la de las cajas tipo H, sin embargo; la diferencia es que por las medidas que esta tiene, se construyen de block y cemento. En estos registros es necesaria la instalación de un hierro rectangular del ancho de la fosa, el cual debe de ser de HG y se coloca con una rotación de 30 grados respecto a su eje. Por último y no menos importante cada hierro debe tener un agujero por cada posición de la barra.

Las dimensiones de estos registros varían en el largo y ancho de estos, que van en función de la cantidad de líneas que se derivarán y cantidad de fases que se desean derivar. El ancho de los registros depende directamente del ancho de la barra de derivación, y esta varía respecto a la cantidad de posiciones que tiene para derivar, mientras que el largo de los registros puede variar dependiendo de si serán derivaciones monofásicas o trifásicas: los registros para derivaciones monofásicas solo albergarán una barra de derivación, mientras que para las derivaciones trifásicas se instalarán tres barras de derivación. Ambos tipos de registros deben tener una profundidad de 1,90 metros y es muy importante que se cumpla con dicha medida ya que para la instalación de los equipos, se requiere de mucha maniobra para canalizar el cable dentro del registro.

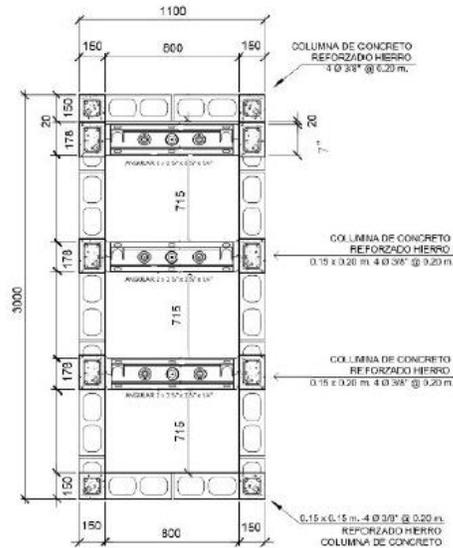
A continuación en la figura 13 y 14 se representan gráficamente y con sus respectivas dimensiones los registros para derivaciones monofásicas y trifásicas de 3 posiciones.

Figura 13. Registro para derivaciones monofásicas de 3 posiciones



Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 48.

Figura 14. Registro para derivaciones trifásicas de 3 posiciones

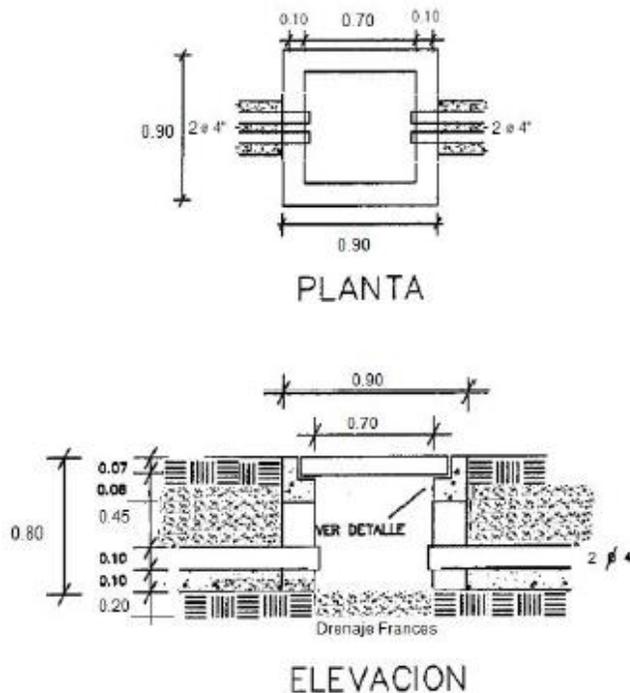


Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 48.

1.3.5. Registros exclusivos para líneas de baja tensión

Son registros utilizados única y exclusivamente para la canalización de líneas monofásicas de baja tensión 120/240 Volts. Su característica es que las dimensiones son menores que los de un registro tipo H ya que no albergan líneas de media tensión. Este tipo de registro aplica para utilizarse en los casos en los que no se pueda construir una caja tipo H normal. Para el presente trabajo se propondrá el uso de estos registros en las cuadras donde la totalidad de servicios sean monofásicos con el fin de optimizar espacio en banqueta y costos en la propuesta.

Figura 15. Registros exclusivos para líneas de baja tensión



Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 45.

1.4. Transformadores

Los transformadores de distribución convierten los voltajes de media tensión, en voltajes de baja tensión que van directamente hacia la carga final del usuario. En los sistemas subterráneos se utiliza una variedad de transformadores bastante amplia, sin embargo, los más utilizados en Guatemala son los convencionales en bóveda, *pad mounted* para intemperie, transformadores tipo seco en bóvedas, convencionales sobre postes con bajada secundaria, entre otros.

Para el diseño de la propuesta, los más utilizados podrían ser los convencionales colocados sobre postes cuando la totalidad de servicios por cuadra sean monofásicos, *pad mounted* para intemperie en las cuadras donde haya espacio para el transformador; por lo regular puede ser en las calles que tienen parque o poseen área verde, así mismo, dependerá de la topografía de la avenida y se evaluará técnicamente donde es factible la colocación de cada tipo de transformador.

1.4.1. Transformadores de distribución convencionales

Estos son los utilizados en redes aéreas, sin embargo, cuando el espacio para colocar transformadores en la superficie o en subterráneo es muy pequeño; se pueden utilizar transformadores convencionales colocados sobre poste junto con su bajada secundaria para alimentar la carga o el panel de contadores que se desee conectar, así mismo, si la totalidad de servicios en una cuadra son monofásicos, es factible este tipo de alimentación. Esta opción es la más viable, económica y rápida para la implementación de redes subterráneas donde ya existen calles y edificaciones.

Se pueden colocar en los postes en la esquina próxima a la avenida subterránea de modo que baje la red y se distribuya con línea secundaria subterránea en toda la cuadra o el sector que abarque la capacidad del transformador.

Figura 16. **Transformador CSP con bajada secundaria**



Fuente: elaboración propia.

1.4.2. Transformadores tipo pedestal (*pad mounted*)

Se conoce así a los transformadores colocados en superficie y que son de estructura cuadrada, son de construcción tipo acorazado y no poseen tornillos externos que puedan ser manipulados por personas no autorizadas, con la característica de que pueden ser trifásicos en una sola cuba, a diferencia de los convencionales que son monofásicos y se debe armar un banco para lograr el voltaje trifásico.

Estos transformadores son utilizados en urbanizaciones y ambientes donde pueden quedar expuestos en la superficie; con el fin de reducir la contaminación ambiental y por la característica de que siempre se colocan por lo regular cercanos a jardinizaciones, este equipo es siempre de color verde oscuro.

Estos equipos pueden suministrar potencia en voltaje monofásico y trifásico, por lo cual se detallará a continuación la potencia nominal y voltajes disponibles con este tipo de transformador:

- Tipo pedestal monofásico
 - 50 kVA 120/240 V

- Tipo pedestal trifásico
 - 75 kVA 120/240 V
 - 112.5 kVA 120/240 V
 - 112.5 kVA 120/208 V
 - 150 kVA 120/240 V
 - 150 kVA 120/208 V
 - 300 kVA 120/208 V

- 500 kVA 120/208 V
- 750 kVA 120/208 V
- 1000 kVA 120/208 V

Este tipo de transformador se ha ido utilizando con bastante frecuencia en los proyectos donde existe el espacio para colocarlo, como un centro comercial, ya que es bastante seguro para la protección de las personas debido a que los cables primarios de entrada y cables secundarios salen por la parte inferior del transformador y no quedan expuestos ni en riesgo de que puedan ser manipulados. Adicionalmente al colocar este tipo de transformador en intemperie se ahorra el costo y espacio físico para la construcción de la bóveda que pudiera albergar otro tipo de transformador.

Figura 17. **Transformador trifásico tipo pedestal 300 kVA**



Fuente: elaboración propia.

1.4.3. Transformadores tipo seco

Este tipo de transformadores es el más utilizado para la alimentación de edificios ya que están contruidos para su funcionamiento en lugares secos y están libres de cualquier peligro de incendio o explosión puesto que sus materiales tienden a autoextinguirse.

El transformador tipo seco debe albergarse en un cuarto eléctrico destinado únicamente para la colocación de este equipo ya que es necesario guardar libranzas alrededor del equipo de por lo menos 80 centímetros con el fin de lograr dos objetivos: el primero es la ventilación natural que debe de recorrer alrededor del mismo, ya que debe de contar con suficiente corriente de aire para disipar el calor provocado por las pérdidas; el segundo objetivo es la seguridad de las personas ya que al instalar el transformador o trabajar en él debe de existir suficiente espacio para maniobras tanto de trabajo como de paso.

En Guatemala, para este tipo de alimentación todos los transformadores son trifásicos de diferentes potencias y voltajes:

- Tipo seco trifásico
 - 150 kVA 120/208 V
 - 150 kVA 277/480 V
 - 300 kVA 120/208 V
 - 500 kVA 120/208 V
 - 750 kVA 120/208 V
 - 1000 kVA 120/208 V

Como se puede observar, la capacidad de los transformadores varía, sin embargo, el nivel de tensión que predomina es 120/208 V trifásico, esto se debe al tipo de conexión estrella-estrella que es el más recomendado y utilizado para la distribución de cargas monofásicas para lograr un buen balance de cargas en los devanados del transformador.

Figura 18. **Transformador seco trifásico 500 kVA**



Fuente: elaboración propia.

1.5. Derivaciones

Como su nombre lo dice, son derivaciones de líneas eléctricas de media y baja tensión, cuya función es dirigir las líneas hacia donde se encuentra la carga. A diferencia de las derivaciones aéreas que se construyen con cruceros de madera o metal, herrajes, aisladores, empalmes, conectores, entre otros las derivaciones subterráneas son equipos y materiales compactos aislados que se

instalan en los diferentes tipos de registros vistos en la sección anterior, dependiendo del tipo de derivación y que según diseño, se tenga que colocar.

En el caso de las derivaciones de media tensión, su función es derivar líneas monofásicas y trifásicas hacia los centros de transformación y su capacidad y cantidad dependerá del diseño de red que toma en cuenta 3 aspectos importantes: la determinación del número de fases, la cantidad de líneas que se desean derivar y la capacidad del centro de transformación que se necesita alimentar.

Las derivaciones de baja tensión dependerán únicamente de la cantidad de servicios que se deseen conectar al registro que albergará esa derivación y la línea seguirá o bien terminará en ese punto. A continuación se presentan los dos tipos de derivaciones más utilizados.

1.5.1. Barras de derivación en media tensión

Estas derivaciones son barras de aluminio con aislamiento para 15 kV cuya función es derivar las líneas de media tensión para alimentación de ramales y transformadores; se instalan en bóvedas, sótanos de edificios y registros especiales de 1,9 metros de profundidad. El largo del registro dependerá de la cantidad de fases que se desee derivar según el diseño de la red. El ancho del registro depende directamente del ancho de la barra, ya que depende de cuantas derivaciones por línea se requieran: 3, 4 y 6 posiciones. Dos posiciones siempre se utilizan para entrada y salida de la línea, mientras que las otras posiciones se utilizan para alimentar los centros de transformación o se quedan sin uso, previstas para futuro desarrollo. Cada barra deriva una línea monofásica, por lo cual para derivar un ramal trifásico se requiere la instalación de tres barras en un mismo registro.

Estas barras se instalan en angulares de hierro galvanizado por inmersión en caliente los cuales se colocan con una inclinación de 30 grados. Su ventaja es que son equipos de frente muerto, lo que garantiza aún más la seguridad de las personas cuando se implementan redes subterráneas. En Guatemala se manejan las barras de marca Elastimold, de las cuales se verá a continuación las dimensiones para una de 4 posiciones con fines ilustrativos; sin embargo, en la sección de anexos se encuentran las dimensiones para barras de 3 y 6 posiciones.

Figura 19. **Barras de derivación de 3 posiciones**



Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Derivaciones secundarias

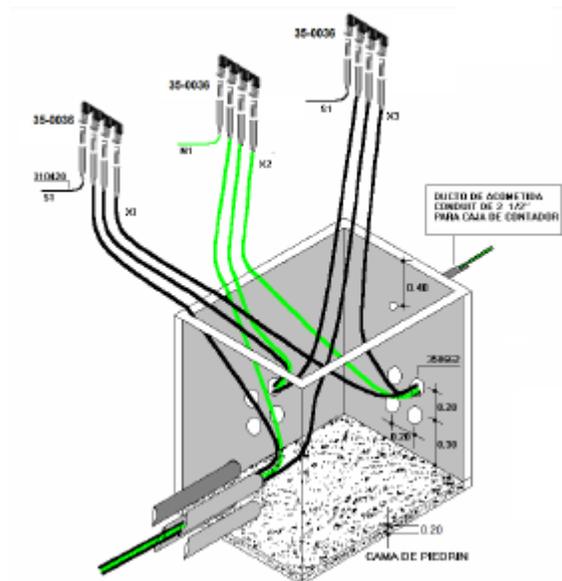
Las derivaciones secundarias o de líneas de baja tensión son dispositivos que se conocen como accesorios de derivación debido a que tienen varios espacios para conectar líneas monofásicas de 3 conductores. Su única función

es la derivación de líneas monofásicas para alimentación de servicios monofásicos en baja tensión. La cantidad de líneas que puede derivar este equipo depende del diseño de red para alimentar los servicios ya que hay derivaciones para 4, 6 y 8 servicios. Se instalan en cajas de registro tipo H o cajas especiales para secundario y hay dos tipos de derivación: de paso y de remate.

1.5.2.1. Derivaciones secundarias de paso

Estas derivaciones tienen la característica de tener por lo menos una salida y una entrada ya que aparte de derivar líneas para alimentación de servicios, deriva líneas para la conexión de otras derivaciones en diferentes cajas de registro.

Figura 20. Derivación secundaria de paso

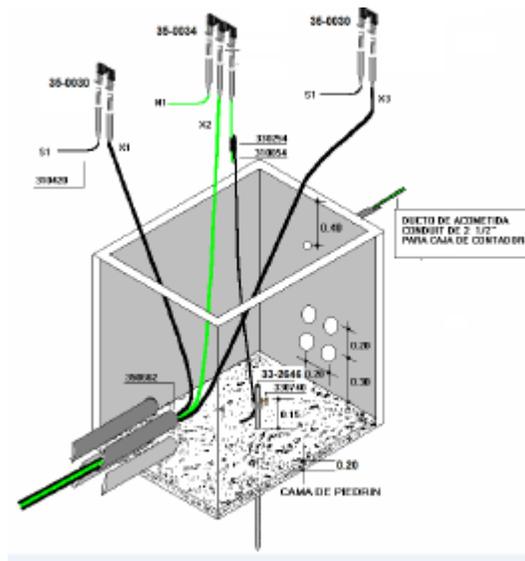


Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 44.

1.5.2.2. Derivaciones secundarias de remate

La única diferencia que existe entre las derivaciones de paso y las de remate es que las últimas se utilizan únicamente para derivar conexiones para servicios. En esta derivación de remate el neutral debe aterrizarse con una varilla de cobre enterrada en la caja de registro.

Figura 21. Derivación secundaria de remate



Fuente: EEGSA. *Criterios para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica, en media y baja tensión hasta 13.2 kV.* p 45.

1.6. Acometidas

Se le conoce así al punto de conexión entre la red de la empresa distribuidora y la instalación eléctrica interna del usuario final. Es una estructura fija en la cual se instalan equipos, materiales y accesorios necesarios para lograr una correcta conexión y medición de la energía que consumirá el interesado. En

este punto la empresa distribuidora es responsable y propietaria de las líneas hasta el equipo de medición. Posterior al equipo de medición la responsabilidad de mantener las líneas y protecciones es del usuario.

Vulgarmente todo lo que se encuentra antes del equipo de medición, se le conoce como líneas no medidas o aguas arriba. Mientras que todo el material y equipo que este después del equipo de medición se le llama líneas medidas o aguas abajo.

El tipo de acometida depende de la carga que el usuario solicite, el nivel de tensión y número de fases; por lo que a continuación se detallarán las acometidas tomando en cuenta los factores mencionados anteriormente.

1.6.1. Acometida en media tensión

Este tipo de acometidas se utiliza cuando el interesado es el propietario del equipo de transformación y el punto de interconexión entre la distribuidora y el usuario se da en un voltaje trifásico de 13,8 kV.

1.6.1.1. Medición primaria

Es un conjunto de equipos y herrajes instalados en poste con una bajada primaria necesarios para medir la energía entregada en media tensión con un voltaje trifásico de 13,8 kV. A este punto de medición se le conoce como punto de entrega ya que en este punto la distribuidora entrega la potencia al usuario y posteriormente este puede transformar al voltaje que mejor le convenga o bien a varios puntos internos de transformación.

Está conformada por tres transformadores de corriente y tres transformadores de voltaje cuya función es reducir las magnitudes de voltaje y corriente de modo que el medidor electrónico, indirectamente, pueda soportar y detectar la potencia y energía que se está consumiendo ya que para hacerlo de forma directa se necesitaría un medidor bastante robusto y costoso.

Este tipo de acometida únicamente es válida para los grandes usuarios no regulados que tengan una potencia máxima mayor a 100 kW con equipo de transformación propio o bien usuarios regulados que tengan una potencia menor a 100 kW pero que proporcionen los transformadores.

También existe otro equipo de medición que es puramente subterráneo y se instala en un cuarto eléctrico de 3X3X3 metros, sin embargo por el factor económico y de espacio físico, no se tomará en cuenta para esta propuesta.

Figura 22. **Medición primaria de remate**



Fuente: elaboración propia.

1.6.2. Acometidas en baja tensión

Son todas las acometidas que se requieren cuando el centro de transformación es propiedad de la distribuidora y el punto de medición se coloca posterior al secundario del transformador. Existen diferentes tipos de acometidas en baja tensión que se seleccionan y utilizan dependiendo de la carga que contratará el usuario con la distribuidora; las cuales se verán detalladamente a continuación:

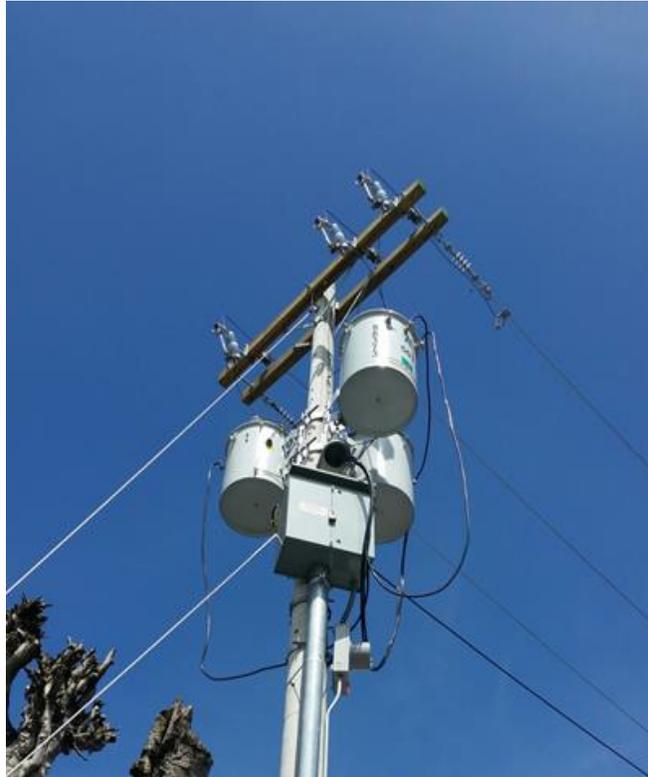
1.6.2.1. Medición secundaria

Esta medición se instala en las acometidas donde la carga a contratar por el usuario supera los 70 kW. Se compone de tres transformadores de corriente, tipo dona que por inducción transforman las magnitudes de amperaje para que el medidor pueda detectar y medir de manera indirecta la potencia y energía que consumirá el usuario. Estos equipos se instalan en una caja metálica que sirve para albergar los transformadores y canalizar el cable ya medido hasta la protección principal del servicio.

Existen dos formas de adecuar esta acometida pero dependerá de la actividad económica del usuario y del espacio físico disponible.

La primera se observa en la figura 23 y se adecua esta acometida cuando el centro de transformación es exclusivo para dicho usuario. En este caso el equipo de medición se instala en una caja tipo II en poste junto a una bajada secundaria, las líneas van desde el *bushing* secundario del transformador pasando dentro de los transformadores de corriente hacia la protección principal del usuario.

Figura 23. **Medición secundaria en poste**



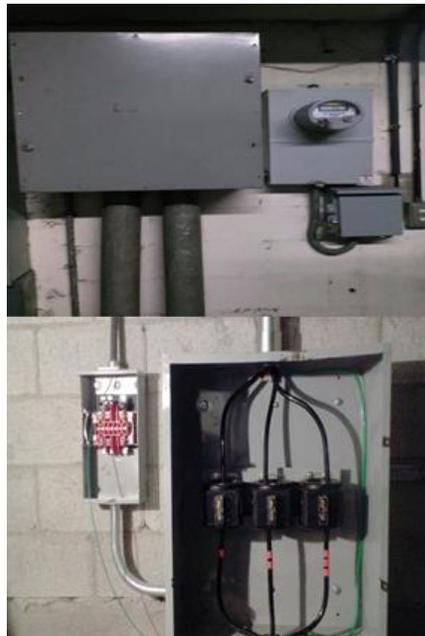
Fuente: elaboración propia.

La segunda forma de adecuar esta acometida se observa en la figura 24 y se instala cuando se encuentra dentro de un edificio que se alimenta por un centro de transformación tipo seco o tipo pedestal.

Por tratarse de un edificio de apartamentos u oficinas, un único transformador alimenta todo el edificio por medio de un panel de contadores; a este panel se le agrega una caja tipo III para adecuar la medición del usuario que contratara una potencia mayor a 70 kW; por lo regular este tipo de medición se utiliza para servicios generales del edificio.

Sin embargo, la adecuación de las donas también se da de la misma forma, la diferencia es que esta medición se adecua en un cuarto eléctrico.

Figura 24. **Medición secundaria en cuarto eléctrico**



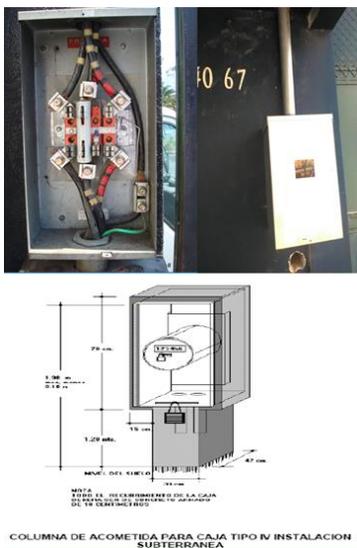
Fuente: elaboración propia.

1.6.2.2. Medición auto contenida (carga trifásica menor a 69 kW)

Este tipo de acometida se utiliza cuando la carga contratada por el usuario es para servicio trifásico y se encuentra en el rango de 11 a 69 kW. A este tipo de medición se le conoce como directa ya que el medidor es el puente directo entre las líneas de la distribuidora y las líneas del usuario.

Se instala en una columna de concreto de 40X40 centímetros. El contador se coloca en una caja polifásica y debe quedar a una altura de 1,80 metros ya que este tiene demandómetro para registrar la potencia máxima. En la figura 25 se observan las especificaciones y dimensiones de los elementos de la acometida; cuando esta es subterránea se utilizan derivaciones secundarias dependiendo de la carga o bien si es en un edificio se coloca en el panel de medidores siempre en caja polifásica.

Figura 25. **Acometida autocontenida hasta 69 kW**



Fuente: elaboración propia

1.6.2.3. **Medición monofásica clase 200**

Se utiliza para la alimentación eléctrica de usuarios con una demanda de hasta 48 kW. Independientemente de la carga, esta acometida en subterráneo se permite instalar a una altura de 1,80 metros snpt. Por lo regular este tipo de medición se instala a usuarios comerciales con una demanda mayor a 11 kW; sin

embargo, en los últimos años se ha venido utilizando en proyectos de urbanización a pesar de que técnicamente no se requiere, debido al diseño y robustez de la caja.

Figura 26. **Acometida con caja *socket* y medición clase 200**



Fuente: elaboración propia.

1.6.2.4. **Medición monofásica clase 100**

Esta acometida soporta una corriente máxima de 100 amperios y se coloca un contador de medición directa. Se utiliza en los casos donde la carga es menor a 11 kW y la tarifa del usuario será en baja tensión sin demanda, es decir, únicamente se le medirá la energía consumida. La caja *socket* debe quedar a

una altura de 2,70 m snpt en el caso de las acometidas aéreas; sin embargo, en el caso de acometida subterránea puede quedar a 1,80 m snpt al igual que las clase 200, por lo que quedaría a discreción del usuario definir la altura pero lo recomendable en redes subterráneas es instalar estos contadores a 1,80 m snpt. Para esta propuesta se utilizará este tipo de acometida en bastantes servicios, por lo cual se especifican sus dimensiones y materiales en la Figura 27.

Figura 27. **Acometida con caja socket clase 100**



Fuente: elaboración propia.

2. EVALUACIÓN TÉCNICA

En este capítulo se realizará una evaluación general de las características técnicas del circuito de distribución que alimenta los centros de transformación a lo largo de la 7ma avenida entre las calles mencionadas anteriormente. Así mismo se analizan los equipos, materiales y servicios existentes por cada cuadra.

2.1. Condiciones generales de la red

La red actual a lo largo de la 7ª avenida en el área de alcance definida está compuesta por diversos materiales y equipos eléctricos con tecnología bastante antigua y moderna, por los cambios que ha sufrido la red a lo largo de los años. Entre la 8ª calle y la 16ª calle, la red de distribución primaria es trifásica, con distintos tipos de conductor, estructuras metálicas, postes, luminarias, transformadores monofásicos, bancos de transformadores monofásicos, transformadores con configuración delta abierta, bajadas primarias, bajadas secundarias, entre otros. Por otro lado, entre la 16ª calle y 18ª calle, la red de distribución únicamente está compuesta por conductor secundario y alumbrado público. Estas condiciones de la red se verán con más detalle a continuación, haciendo énfasis en los aspectos más importantes.

2.1.1. Circuito de alimentación

La red de distribución aérea existente en el área delimitada anteriormente, se encuentra alimentada por dos circuitos principales que salen de diferentes subestaciones. Esto quiere decir que la red se encuentra alimentada y dividida por dos circuitos distintos que rematan en el poste 156057 como se observa en la figura 28.

Figura 28. Remate de circuitos en poste 156057



Fuente: elaboración propia.

Las cuchillas seccionadoras permiten la confiabilidad de alimentación de la avenida ya que si por algún motivo falla un circuito, estas se cierran permitiendo la continuidad del servicio. A continuación en la tabla 1 se detallan los datos más relevantes de los dos circuitos que alimentan la 7ª avenida. Prácticamente la red de distribución aérea se encuentra dividida en dos grandes tramos de red: uno de la 18ª a la 13ª calle y el otro de la 13ª calle a la 8ª calle. Ambos alimentadores son circuitos principales de subestaciones localizadas en la zona 1 de la ciudad de Guatemala.

Tabla I. **Circuitos de alimentación**

Circuito 24	Subestación	El Sitio
	Calle de alimentación	13ª Calle
	Poste de remate	156057
	Sentido	Norte a sur
	Calles	13ª – 18ª calle
Circuito 87	Subestación	San Juan de Dios
	Calle de alimentación	9ª calle
	Poste de remate	156057
	Sentido	Norte a sur
	Calles	8ª-13ª calle

Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Conductor

El conductor de la red de distribución a lo largo de la 7ª avenida varía entre calibre 1/0 ACSR y 336 ACSR. Según el estudio técnico que se presentará en este capítulo, la carga a lo largo de la avenida se encuentra caracterizada en dos partes: prácticamente de la 18ª a la 13ª calle los servicios existentes son casas, comercios y servicios trifásicos pequeños, por lo cual el conductor entre estas calles es calibre 1/0 y está alimentado por el circuito 24.

Por el contrario de la 13ª a la 8ª calle, se encuentran edificios con bastante carga: Hotel Maya Excelsior, Centro Vivo (antiguo Hotel Ritz), Telgua, Correos, Banco Industrial, edificio 7-10, Real del Parque, y edificio el centro, entre otros. Esto hace que la carga esté más concentrada entre estas calles, por lo cual el conductor en este tramo es calibre 336 ACSR.

Cabe mencionar que el punto de alimentación en la 13ª calle que proviene del circuito 87 junto a un tramo de la 13ª a la 12ª calle sobre la 7ª, es un conductor

tipo ecológico el cual es totalmente aislado; se instaló en su momento con el fin de proteger a los huéspedes del hotel que se mantienen en dicho lugar ya que los balcones se encuentran justo arriba del circuito de distribución. Sin embargo, con excepción del tramo con cable ecológico mencionado anteriormente, la red de distribución en este tramo de la avenida está diseñada con conductor desnudo ACSR.

2.1.3. Materiales y equipos existentes

Debido a que esta red eléctrica fue de las primeras en construirse en la ciudad, cuenta con materiales y equipos muy antiguos; tal es el caso de las estructuras de metal utilizadas anteriormente como postes de distribución en toda la zona uno. Sin embargo, han existidos cambios en la topología de la red: como postes de concreto, mediciones primarias, mediciones secundarias, bóvedas, bajadas primarias, bancos de transformadores, entre otros, que con el paso de los años han ido agregándose a la red existente.

A diferencia de la red de distribución trifásica, en la mayor parte del área de evaluación, cabe mencionar que de la 18^a calle a la 16^a calle no se cuenta con red de media tensión, únicamente hay cable triplex secundario para alimentación de acometidas monofásicas y luminarias de alumbrado público. Así mismo, se cuenta con algunas cuadras donde solo existen servicios monofásicos y en algunas otras donde se cuenta con bancos de transformadores trifásicos, sin embargo; la carga no es significativa.

En la tabla II se detallan los equipos y materiales más importantes que conforman la red de distribución aérea que actualmente alimenta la avenida y deriva hacia las calles aledañas.

Tabla II. **Materiales existentes**

Material	Descripción	Cantidad
Poste concreto	Poste de 40'	34
Poste metálico	Estructura de 40'	12
Transformadores monofásicos	Auto protegidos CSP(25, 50 y 75 kVA)	7
Banco de transformadores trifásicos	Convencionales (75, 150, 225) kVA	4
Transformadores delta abierta	Para servicios trifásicos pequeños	5
Luminarias	Sodio, 400 W tipo cobra	42
Bajadas primarias	Trifásicas, URD 1/0 15 kV	7

Fuente: elaboración propia.

2.2. **Servicios existentes**

Los servicios existentes en cada cuadra se clasifican de acuerdo a los siguientes criterios:

- Tarifa bajo la que tengan contratado el servicio de energía eléctrica
- Tipo de Acometida
- Nivel de tensión

Estos criterios serán bastante útiles para la propuesta subterránea con el fin de colocar únicamente los centros de transformación necesarios y lograr optimizar los costos tanto de obra civil como de acometidas, materiales eléctricos y mano de obra.

Para lograr un diseño ordenado y una propuesta entendible, todos los servicios que estén en un mismo lado de la cuadra se alimentarán con el mismo centro de transformación, es decir no habrá cruces de calle subterráneos para la alimentación de servicios, únicamente para conducción de cable primario. Adicionalmente se clasificarán los servicios de acuerdo al lado de la cuadra por lado este y oeste como se muestra en la siguiente figura:

Figura 29. **Orientación de red y servicios**



Fuente: elaboración propia.

2.2.1. 8ª y 9ª calle

En esta cuadra se tienen acometidas tanto en media como en baja tensión. Las dos acometidas en media tensión son para la alimentación del edificio Real del Parque y edificio El Centro, ambos con una bóveda que alberga el centro de transformación y un cuarto eléctrico con las protecciones principales y panel múltiple de contadores.

En el caso de los servicios en baja tensión, se alimentan 6 servicios monofásicos clase 100, con excepción de una acometida conectada directamente ya que son teléfonos públicos con cuota fija, por tal razón no se necesita contador para este servicio; sin embargo, se toma en cuenta para dejar un espacio previsto en los accesorios de derivación.

Para una buena distribución y caracterización de los servicios, se detalla en la tabla III los servicios en media y baja tensión así como la red existente y la localización de los servicios en la figura 30.

Como se puede observar en dicha tabla, en el lado este únicamente se alimenta el centro comercial real del parque, mientras que en el lado oeste de la cuadra se encuentran todos los servicios monofásicos y la alimentación del edificio Centro mediante una bajada primaria sobre la 9ª calle en dirección a la 8ª avenida.

Cabe resaltar que en la 9ª calle, el circuito de la 7ª avenida se alimenta por el circuito 87, por lo que en este punto se distribuye la energía hacia la 8ª calle y hacia la 10ª calle, hasta llegar unos metros posteriores a la 12ª calle donde se remata el circuito y se encuentra con el 24 proveniente de la 13ª calle.

De acuerdo a lo anterior, el circuito 87 que sale de la subestación San Juan de Dios, actualmente distribuye con conductor calibre 336 y pasa a lo largo de la 9ª calle con la función de alimentar las avenida continuando su trayectoria hacia el este. Este tipo de circuitos debe alimentar los ramales por arriba con puentes y conectores de compresión.

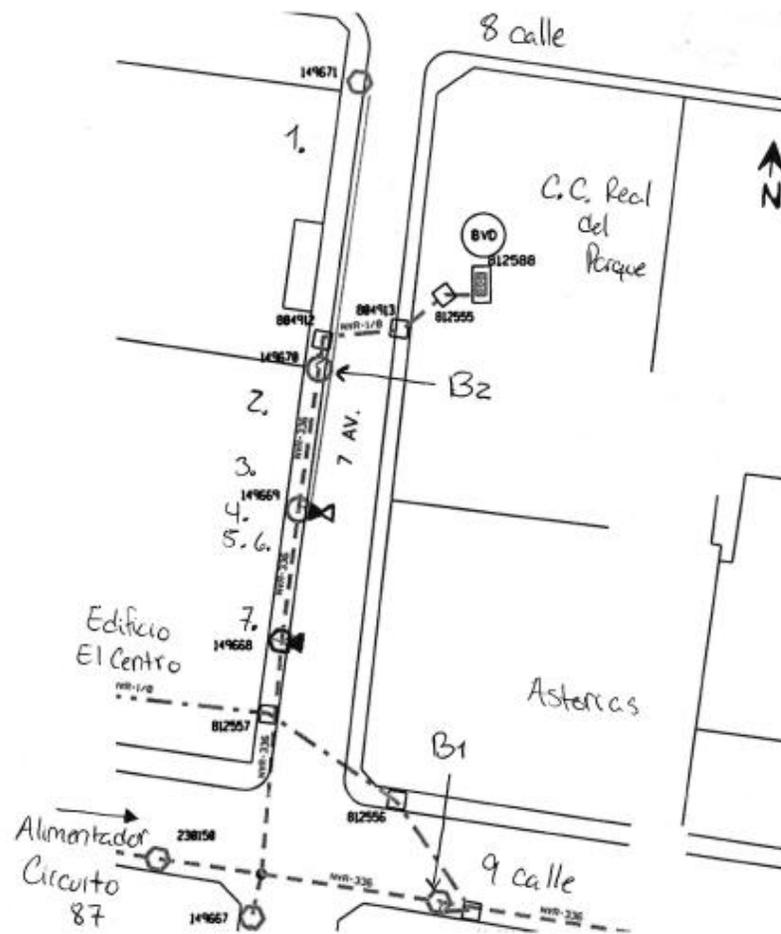
Tabla III. **Servicios existentes 8ª y 9ª calle**

8ª y 9ª calle oeste					
Media tensión					
No.	Tipo	Acometida	Dirección		Servicios
B1	Edificio	Bajada primaria	8-56 edificio El Centro		PMC
Baja Tensión					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	TF Portal	120/240 TF	25	Esquina 7ª avenida y Portal del Comercio	Interna auto contenido
2	B-42666	120/240 MF	3	08-30	Clase 100
3	K-39028	120/240 MF	3	08-40 Apto. C	Clase 100
4	C-81865	120/240 MF	3	08-40 Apto. B	Clase 100
5	C-75314	120/240 MF	3	08-40 Apto. A	Clase 100
6	K-73707	120/240 MF	5	08-40	Clase 100
7	Cuota fija	120/240 MF	2	Teléfonos Públicos	N/a
8ª y 9ª calle este					
Media tensión					
B2	Edificio	Bajada primaria	8-19 C.C Real del Parque		PMC

Fuente: elaboración propia.

La topología de la red y los servicios detallados anteriormente con dirección, tipo de medición, nivel de tensión y número de correlativo, se localizan en ambos lados de la avenida como se muestra en la siguiente figura:

Figura 30. Red actual 8ª y 9ª calle



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. 9ª y 10ª calle

Como cada cuadra que se evalúe tendrá sus propias características, entre estas dos calles se localizan bastantes servicios monofásicos, algunos trifásicos y una bajada primaria para la alimentación eléctrica del edificio 7-10.

Tal como se ve en la tabla IV, existen 26 servicios monofásicos en ambos lados de la avenida, con carga no mayor a 5 kW por servicio, dos servicios trifásicos en el lado este y un trifásico en el lado oeste.

Cabe resaltar que todos los servicios trifásicos son alimentados por medio de dos transformadores monofásicos en configuración delta abierta ya que son servicios de carga pequeña por lo que es factible alimentarlos de esa manera.

El alimentador de este tramo de red aérea viene sobre la avenida y se une junto a la red que pasa sobre la calle, interceptado, como se mencionaba anteriormente, en la 9ª calle por el circuito 87. Por lo que habrá que tomar en cuenta esta derivación para que pueda ser contemplada en la distribución subterránea.

Tabla IV. **Servicios existentes 9ª y 10ª calle**

9ª y 10ª calle oeste					
Media Tensión					
No.	Tipo	Acometida	Dirección	Servicios	
B3	Edificio	Bajada primaria	edificio 7 y 10	PMC	
Baja tensión					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	O-20434	120/240 MF	3	09-abr	Clase 100
2	C-29831	120/240 MF	3	9-08 Apto. C	Clase 100
3	O-29592	120/240 MF	3	9-08 Apto. B	Clase 100
4	O-29670	120/240 MF	3	9-08 Apto. A	Clase 100
5	K-28499	120/240 MF	3	09-oct	Clase 100
6	S-26491	120/240 MF	3	sep-14	Clase 100
7	H-88510	120/240 MF	3	9-14 Apto 6	Clase 100
8	D-93548	120/240 MF	3	9-14 Apto 8	Clase 100
9	L-19370	120/240 TF	10	sep-20	Clase 200
10	Edificio Morales	120/240 MF	25	sep-34	PMC

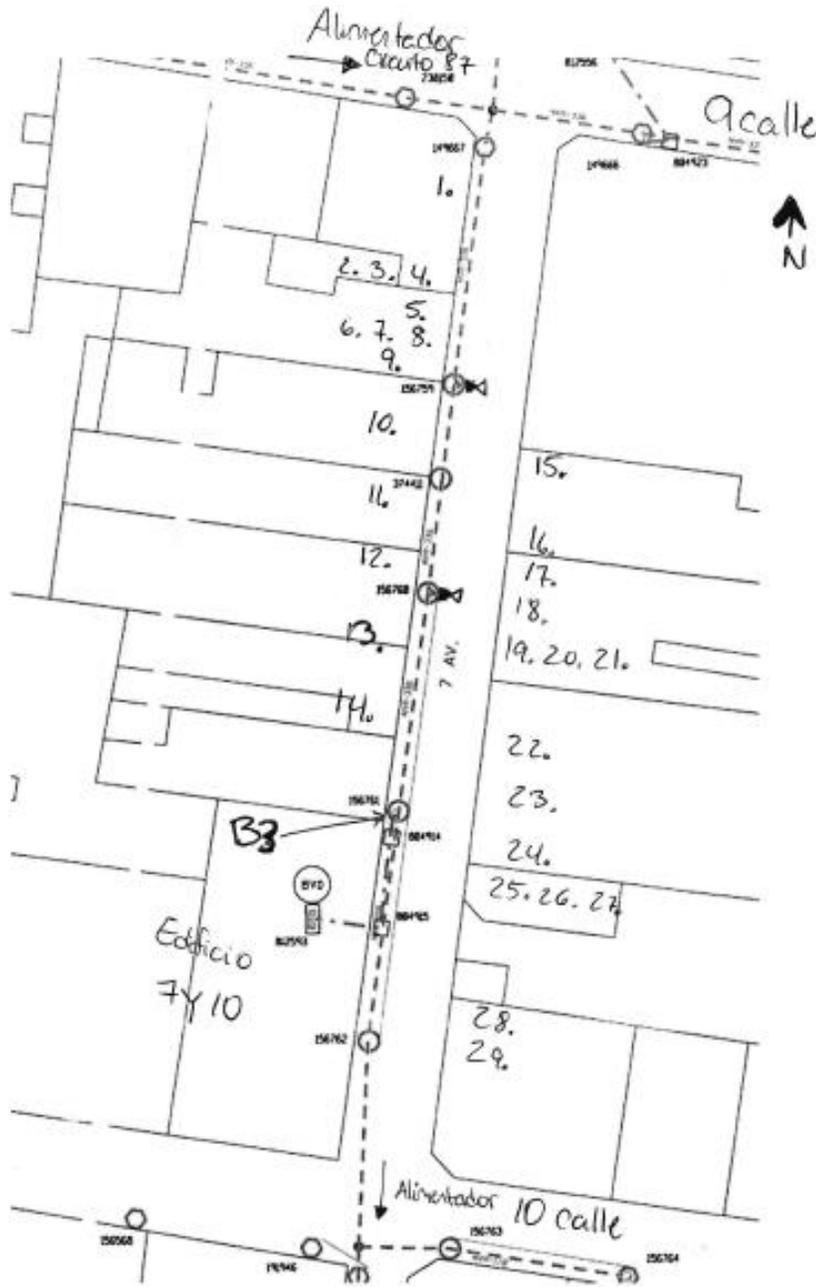
Continuación de la tabla IV.

11	L-95671	120/240 TF	30	sep-36	Auto contenido
12	H-99688	120/240 MF	3	9-40 Local A	Clase 100
13	M-47347	120/240 MF	3	sep-40	Clase 100
14	D-26130	120/240 MF	3	sep-50	Clase 100
9ª y 10ª calle este					
Baja tensión					
15	Apartamentos	120/240 MF	18	sep-25	PMC
16	I-00001	120/240 MF	3	sep-27	Clase 100
17	O-00847	120/240 MF	3	sep-31	Clase 100
18	J-67970	120/240 MF	3	9-35 Local 4	Clase 100
19	K-04301	120/240 MF	3	9-45 Local A	Clase 100
20	P-90324	120/240 MF	3	sep-45	Clase 100
21	P-10595	120/240 MF	3	9-45 B	Clase 100
22	J-10238	120/240 MF	3	sep-49	Clase 100
23	K-64175	120/240 TF	10	sep-61	Clase 100
24	G-01343	120/240 MF	3	sep-71	Clase 100
25	O-70411	120/240 MF	3	sep-75	Clase 100
26	P-87866	120/240 MF	3	9-75 A	Clase 100
27	I-20374	120/240 MF	3	9-75 B	Clase 100
28	M-63749	120/240 TF	3	sep-89	Auto contenido
29	N-74996	120/240 MF	5	9-95 Apto. B	Clase 100

Fuente: elaboración propia.

En esta cuadra se encuentran instituciones y negocios emblemáticos de la avenida: Banco Agromercantil, Ferretería El Globo, La Paleta, Bar Los Lirios; y el Edificio 7 y 10 que se localiza en la figura 31, junto a los demás servicios.

Figura 31. Red actual 9ª-10ª calle



Fuente: elaboración propia.

2.2.3. 10^a-11^a calle

Este tramo de red, presenta dos bajadas primarias en el lado oeste de la avenida para la alimentación eléctrica del edificio Centro Vivo, este anteriormente fue el primer hotel de categoría en Guatemala, conocido como el Hotel Ritz Continental.

Se encuentra en proceso de remodelación ya que será un edificio de apartamentos, y en el primer habrá comercios lo cual colabora para la recuperación del centro histórico.

Actualmente cuenta con dos bancos de transformación tipo convencionales, en bóveda, por lo que se reemplazará por un transformador tipo seco de 500 kVA.

Otro importante servicio en esta cuadra es el de servicios generales del edificio de apartamentos Lido inaugurado recientemente que también se autorizó de parte de la Municipalidad de Guatemala con el fin de que contribuya a la recuperación y conservación del centro histórico. Se encuentra en el lado este, y demanda una carga de 40 kW 120/208V TF. Cabe resaltar que el servicio se alimenta en la avenida aunque la dirección del servicio es sobre la calle.

El resto de la carga en este trayecto son servicios monofásicos 120/240 V, la mayoría en el lado este, donde se encuentran servicios de instituciones del estado, un bar, un restaurante, entre otros. Mientras que en el lado oeste de la avenida únicamente se encuentran dos servicios monofásicos.

Los detalles de los servicios mencionados anteriormente se observan a continuación en la tabla V y se localizan en la figura 32.

Tabla V. **Servicios existentes 10ª y 11ª calle**

10ª y 11ª calle oeste					
Media tensión					
No.	Tipo	Acometida	Dirección		Servicios
B4	Edificio	Bajada primaria	Edificio Centro Vivo		PMC
B5	Edificio	Bajada primaria	Edificio Centro Vivo		PMC
Baja tensión					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	B-04701	120/240 MF	3	10-54	Clase 100
2	D-92425	120/240 MF	3	10-72	Clase 100
10ª y 11ª calle este					
Baja tensión					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
3	S-47939	120/240 MF	3	10-01	Clase 100
4	J-58789	120/240 MF	5	10-01 Local A	Clase 100
5	B-81028	120/240 MF	3	10-17	Clase 100
6	I-61728	120/240 MF	5	10-23	Clase 100
7	I-02942	120/240 MF	3	10-35	Clase 100
8	I-32211	120/240 MF	3	10-55	Clase 100
9	K-68386	120/240 MF	5	10-59	Clase 100
10	E-24210	120/240 MF	3	10-69 Local A	Clase 100
11	M-64457	120/208 TF	40	11 Calle 7-35	Auto contenido

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la figura 32, aquí se localiza el edificio de apartamentos Centro Vivo en el lado oeste el cual en conjunto con el Edificio Lido, que se encuentra en la esquina opuesta, y se ve alimentado para servicios generales en el lado oeste; buscan la rehabilitación del centro histórico para vivienda ya que actualmente por las noches es peligroso ya que es muy silencioso debido a que la mayoría de casas funcionan como comercios durante el día.

Figura 32. Red actual 10ª y 11ª calle



Fuente: elaboración propia.

2.2.4. 11ª y 12ª calle

A pesar de que se encuentran emblemáticos edificios con carga importante en esta cuadra, estos no se alimentan con la red de distribución de la avenida sino de las calles aledañas a las que se encuentran. Tal es el caso del edificio de Correos junto a la 12ª calle y el edificio del Banco Industrial colindante con la 11ª calle.

Tomando en cuenta que los edificios anteriormente mencionados ocupan gran espacio físico de la cuadra, el resto de los servicios son monofásicos para el Ministerio Público, comercios y residencias.

Las características de estos servicios en baja tensión se pueden observar en la tabla VI.

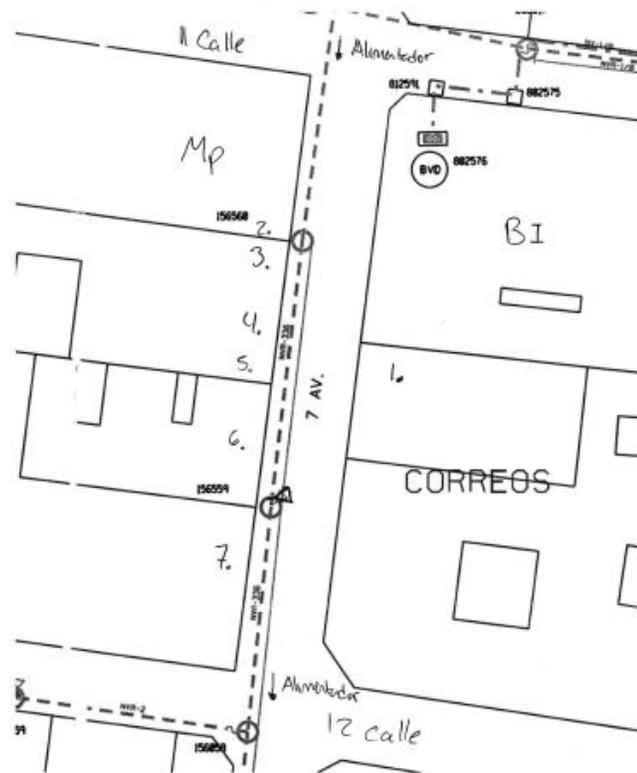
Tabla VI. Servicios existentes 11ª y 12ª calle

Baja tensión					
11ª y 12ª calle este					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	R-61352	120/240 MF	5	11-49	Clase 100
11ª y 12ª calle oeste					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
2	S-23931	120/240 MF	3	11-24	Clase 100
3	B-74676	120/240 MF	5	11-28	Clase 100
4	D-53922	120/240 MF	3	11-32	Clase 100
5	B-75115	120/240 MF	5	11-36	Clase 100
6	R-23383	120/240 MF	5	11-52 Local A	Clase 100
7	D-92425	120/240 MF	5	11-72	Clase 100

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta la figura 33, donde se localizan los servicios de acuerdo a los correlativos de la tabla anterior. Así mismo se identifican los edificios importantes de la cuadra.

Figura 33. Red Actual 11ª y 12 calle



Fuente: elaboración propia.

2.2.5. 12ª y 13ª calle

Esta cuadra es de las más reconocidas y emblemáticas en la avenida ya que se encuentran edificios históricos como el Hotel Maya Excelsior, Arco de Correos en la 12ª calle, el edificio central de Telgua, Claro actualmente, y el Club

Guatemala. Cabe resaltar que estos últimos tres edificios se encuentran del lado este, sin embargo, no se ven alimentados por la avenida sino por las calles con las que colindan.

Esto es bueno para la propuesta, ya que se evita la inversión de equipos subterráneos para la alimentación de estos edificios, los cuales elevarían la inversión de la propuesta ya que son cargas bastante grandes si las comparamos con el resto de servicios de la cuadra.

En el lado oeste de esta avenida se encuentran hoteles, parqueos y comercios. Uno de ellos es el Hotel Maya Excelsior que se alimenta por medio de un servicio trifásico y monofásico.

Se localiza una bajada primaria la cual sirve para la alimentación de la Plaza Centro, que cuenta con locales comerciales y oficinas.

En esta cuadra también se encuentra un edificio de oficinas el cual se alimenta de un panel múltiple de contadores en bóveda, con un voltaje trifásico de 120/208V, a través de una bajada secundaria con transformadores en poste.

Es importante mencionar que en esta cuadra se encuentra el punto de encuentro entre los circuitos 87 y 24, en el poste CS-156057, ambos alimentadores principales de la red de distribución de la 7ª avenida.

Adicionalmente, por las mismas edificaciones y hoteles, en el lado oeste, que cuentan con balcones hacia la avenida, lo que causa más riesgo al hecho de que algún huésped pueda tener un contacto con los conductores de media tensión. En el trayecto de la red, en la avenida, colindando con la 13ª calle, se encuentra instalado un cable de tipo ecológico cuya característica es que se

encuentra totalmente aislado lo que evita accidentes eléctricos por medio de cualquier contacto que se pueda dar por estar cercano a los edificios de esta cuadra en el lado oeste.

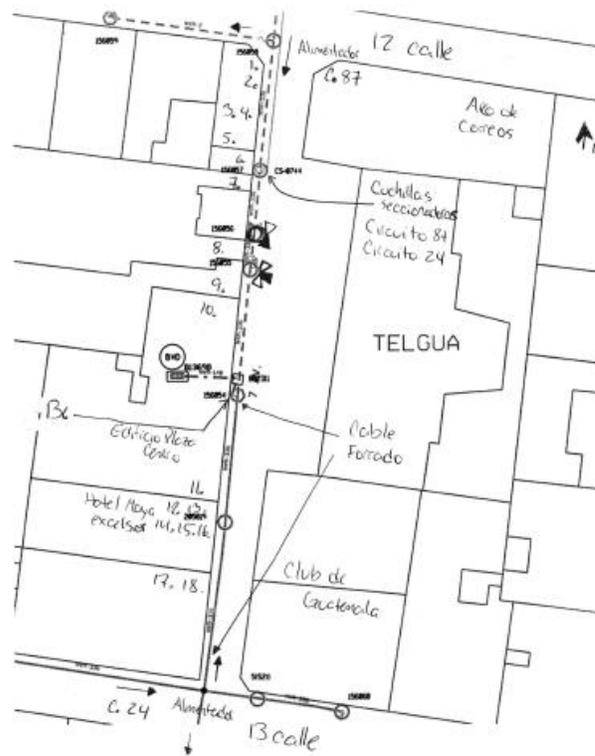
Tabla VII. **Servicios existentes 12ª y 13ª calle**

12ª y 13ª calle oeste					
Media tensión					
No.	Tipo	Acometida	Dirección		Acometida
B6	Edificio	Bajada primaria	Plaza Centro 12-34		PMC
Baja tensión					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	K-53558	120/240 MF	3	12-10	Clase 100
2	Cuota fija	120/240 MF	2	Teléfonos públicos	n/a
3	D-33431	120/240 MF	3	12-10 A	Clase 100
4	P-51815	120/240 MF	3	12-10 C	Clase 100
5	D-62363	120/240 MF	3	12-18	Clase 100
6	B-79510	120/240 MF	3	12-18 A	Clase 100
7	B-79669	120/240 MF	3	12-18 B	Clase 100
8	Oficinas	120/208 TF	75	12-32	PMC
9	N-69207	120/240 MF	3	12-42	Clase 100
10	J-82756	120/240 MF	5	12-44	Clase 100
11	H-78276	120/240 TF	51.2	12-46	Auto contenido
12	C-27915	120/240 MF	3	12-46 C	Clase 100
13	C-27919	120/240 MF	5	12-46 B	Clase 100
14	C-14693	120/240 MF	3	12-46 A	Clase 100
15	I-50333	120/240 MF	5	12-46 B1	Clase 100
16	O-35053	120/240 MF	8	12-46 C3	Clase 100
17	O-11195	120/240 MF	5	12-46 Local 1	Clase 100
18	M-22011	120/240 MF	8	12-68	Clase 100

Fuente: elaboración propia.

En la figura 34 se observa la localización de los edificios más importantes de la cuadra mencionados anteriormente y la identificación de los servicios monofásicos y trifásicos en baja tensión que se localizan únicamente en el lado este de la avenida.

Figura 34. Red actual 12ª y 13ª calle



Fuente: elaboración propia.

2.2.6. 13ª y 14ª calle

El cable ecológico ubicado en la anterior cuadra se termina en este tramo de red de media tensión. A excepción de esta característica de la red, los servicios existentes en esta cuadra son monofásicos para residencias y un

trifásico para el Palacio de la Policía Nacional Civil que se extiende hasta la 6ª avenida.

En el lado oeste de la avenida, se encuentra únicamente la parte trasera del convento de San Francisco y la parte trasera del Palacio de la Policía Nacional Civil. Por el contrario en el lado este, se alimentan los servicios de un parqueo, casas, comercios y una escuela pública. Estos se pueden observar a continuación en la tabla VIII y figura 35.

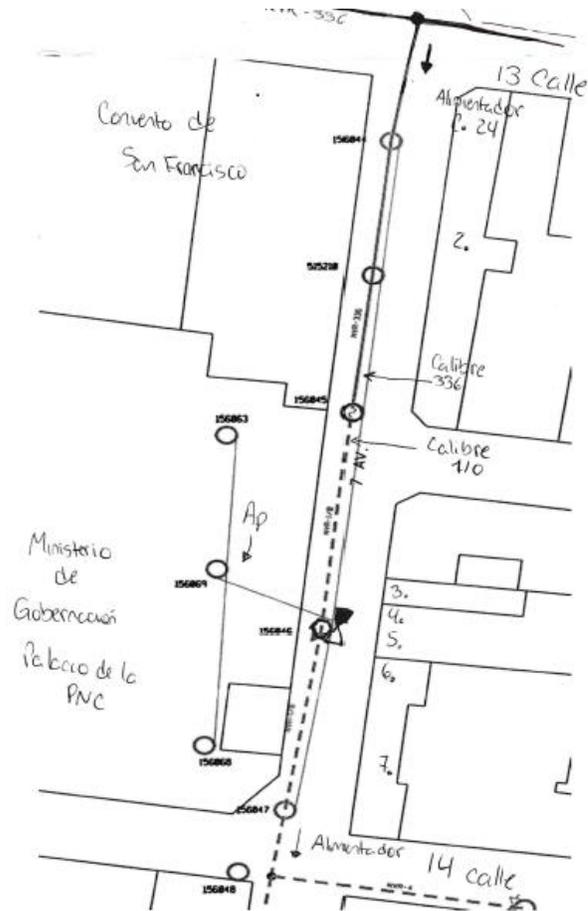
Tabla VIII. **Servicios existentes 13ª y 14ª calle**

Baja tensión					
13ª y 14ª calle oeste					
No.	Servicio	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	Ministerio de Gobernación	120/240 TF	20	13ª calle, 6ª-7ª avenida zona 1	Auto contenido
13ª y 14ª calle este					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
2	G-42168	120/240 MF	3	13-37	Clase 100
3	G-83527	120/240 MF	5	13-57	Clase 100
4	K-02604	120/240 MF	3	13-57 apto. A	Clase 100
5	K-38583	120/240 MF	3	13-57 apto. B	Clase 100
6	O-31308	120/240 MF	3	13- 57	Clase 100
7	D-84016	120/240 MF	5	13-73	Clase 100

Fuente: elaboración propia.

En la figura 35 se observa como característica especial una pequeña red interna de alumbrado público para iluminación de la plaza trasera del Palacio de la Policía Nacional Civil. Esto se tomará en cuenta para conexión subterránea por medio de accesorios de derivación.

Figura 35. Red actual 13ª y 14ª calle



Fuente: elaboración propia.

2.2.7. 14ª y 15ª calle

En las cuadras anteriores se pudo observar que se encuentran varios edificios con cargas grandes alimentados por la avenida y algunos alimentados por las calles.

Sin embargo de la 14ª calle en adelante, se localizan edificios de menor tamaño, algunos hoteles pequeños, parqueos, comercios y casas. En sí un 80 % de la carga desde esta calle es monofásica.

En esta cuadra en particular se encuentran dos hoteles y un edificio de oficinas y apartamentos, estos de menor tamaño que los anteriores. El condominio Chalet Suizo, en el lado oeste, se alimenta por medio de una bajada secundaria con un banco de transformadores 120/208V, la carga más importante en este lado.

En el lado oeste se encuentran dos hoteles, ambos con servicios trifásicos y un edificio de apartamentos conocido como Quevedo.

Todos los servicios mencionados anteriormente se detallan en la tabla IX, y se localizan en la figura 36.

Tabla IX. **Servicios existentes 14ª y 15ª calle**

14ª y 15ª calle oeste					
Baja tensión					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	O-73449	120/240 MF	3	14-13	Clase 100
2	K-19596	120/240 MF	3	14-13	Clase 100
3	Bajada Secundaria	120/208 TF	150	14-34 Condominio Chalet Suizo	PMC
4	O-68041	120/240 MF	3	14-34	Clase 100
5	B-83402	120/240 MF	3	14-42	Clase 100
6	I-61720	120/240 MF	3	14-44 A	Clase 100
7	I-60926	120/240 MF	5	14-46	Clase 100
8	R-82578	120/240 MF	3	14-48	Clase 100

Continuación tabla IX.

9	R-82577	120/240 MF	5	14-50	Clase 100
10	E-07279	120/240 MF	3	14-60 A	Clase 100
11	J-70077	120/240 MF	3	14-60 B	Clase 100
12	G-61824	120/240 MF	5	14-60 C	Clase 100
13	I-39306	120/240 MF	5	14-74	Clase 100
14	O-07225	120/240 MF	3	14-74 B	Clase 100
14ª y 15ª calle este					
Media tensión					
No.	Tipo	Acometida	Dirección		Servicios
B7	Edificio	Bajada primaria	14-47 Edificio Quevedo		PMC
Baja tensión					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
15	R-84684	120/240 MF	3	14-17	Clase 100
16	K-64073	120/240 TF	25	14-19	Auto contenido
17	N-31695	120/240 MF	10	14-31	Clase 100
18	G-89347	120/240 MF	5	14-37	Clase 100
19	G-16117	120/240 MF	5	14-61	Clase 100
20	P-25917	120/240 MF	5	14-71	Clase 100

Fuente: elaboración propia.

Según se puede observar, se localizan por su nombre los edificios más importantes, así como por correlativo de cada servicio en la tabla IX, todos los servicios alimentados por la red de la avenida. Así mismo se puede visualizar que esta cuadra es de las más grandes en cuanto a longitud se refiere y esto por consiguiente afectará directamente al costo de la red subterránea tanto en el incremento de equipos y materiales como en la mano de obra para instalación de nueva red y retiro de red existente.

Figura 36. Red actual 14ª y 15ª calle



Fuente: elaboración propia.

2.2.8. 15ª y 16ª calle

En esta cuadra también se encuentran hoteles y edificios de apartamentos en ambos lados de la avenida. Sin embargo, se localiza en la esquina de la 15ª calle y 7ª avenida un edificio de oficinas que se es alimentado por la calle, por lo

que para la optimización de costos, no se tomará en cuenta en la propuesta ya que se alimenta por la calle.

En el lado oeste se encuentra el hotel Tally con un panel múltiple trifásico, y a la par se localiza un edificio de apartamentos, ambos con nivel de tensión 120/240V trifásico. Así mismo algunos servicios monofásicos con carga no mayor a 5 kW que se distribuyen a lo largo de la cuadra.

En el caso del lado este, se encuentran nueve servicios monofásicos y un panel de contadores trifásico 120/208V para el edificio de apartamentos Génesis a través de una bajada secundaria.

El detalle y localización de los servicios mencionados con anterioridad se pueden observar a continuación en la tabla X y figura 37, respectivamente.

Tabla X. **Servicios existentes 15ª y 16ª calle**

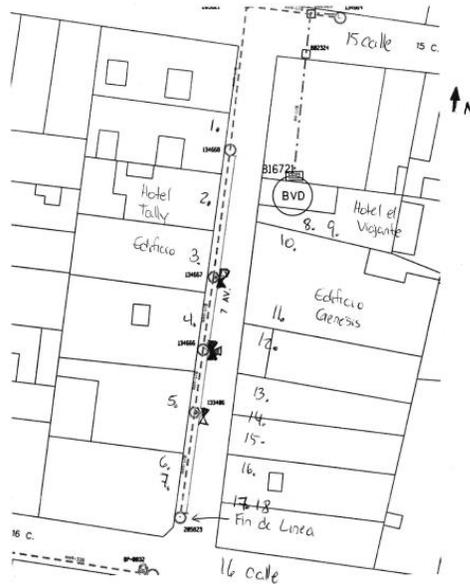
Baja tensión					
15-16 calle oeste					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	O-62995	120/240 MF	3	15-20	Clase 100
2	Hotel Tally	120/240 MF	25	15-24	PMC
3	Edificio	120/240 MF	25	15-40	PMC
4	K-41535	120/240 MF	5	15-46	Clase 100
5	J-74844	120/240 MF	5	15-52	Clase 100
6	P-90474	120/240 MF	3	15-72	Clase 100
7	R-40855	120/240 MF	3	15-72 C	Clase 100
15ª y 16ª calle este					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
8	D-06933	120/240 MF	5	15-27 Loc. 1	Clase 100

Continuación de la tabla X.

9	C-17541	120/240 MF	5	15-27	Clase 100
10	Hotel El Viajante	120/240 TF	25	15-35	PMC
11	Edificio Génesis	120/208 TF	55 kVA	15-45	PMC
12	C-21178	120/240 MF	3	15-51	Clase 100
13	R-63533	120/240 MF	3	15-59	Clase 100
14	O-29377	120/240 MF	3	15-63 A	Clase 100
15	S-25961	120/240 MF	3	15-65	Clase 100
16	L-43624	120/240 MF	5	15-73	Clase 100
17	R-69833	120/240 MF	5	15-75 A	Clase 100
18	O-25697	120/240 MF	5	15-75	Clase 100

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Red actual 15-16 calle



Fuente: elaboración propia

En la figura 37 se observa que se detalla el fin de la línea en el poste 205823, esto quiere decir que aquí se remata el ramal de media tensión proveniente del circuito 24 que distribuye la red eléctrica en la 7ª avenida desde la 13ª calle hasta la 16ª calle. Dadas las condiciones anteriores, cabe mencionar que de la 16ª a la 18ª calle, se encuentra distribuida por red de baja tensión únicamente.

2.2.9. 16ª y 17ª calle

Entre estas calles se encuentra un edificio muy importante y emblemático, el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, el cual se ve alimentado por la 17ª calle, por lo que no será tomado en la propuesta. En este lado de la avenida, únicamente se encuentra un contador monofásico para la alimentación de teléfonos públicos.

En el lado este, se encuentra la totalidad de los servicios monofásicos con cargas muy pequeñas en su mayoría de 3 kW, por lo que para esta cuadra será necesario únicamente un transformador tipo *pad mounted* monofásico de 50 kVA.

A continuación se detallan los servicios monofásicos de ambos lados en la tabla XI y se localizan en la figura 38.

Tabla XI. **Servicios existentes 16ª y 17ª calle**

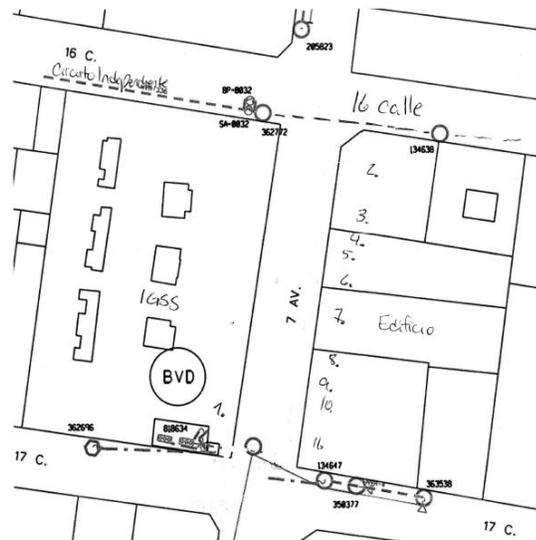
Baja Tensión					
16ª y 17ª calle oeste					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	O-38138	120/240 MF	3	7ª av. y 17ª c. esquina	Clase 100

Continuación Tabla XI.

16ª y 17ª calle este					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
2	I-86286	120/240 MF	3	16-ene	Clase 100
3	N-94619	120/240 MF	3	16-jul	Clase 100
4	R-47318	120/240 MF	3	16-nov	Clase 100
5	R-47319	120/240 MF	3	16-15	Clase 100
6	J-99150	120/240 MF	3	16-21	Clase 100
7	Edificio	120/240 MF	20	16-27	PMC
8	L-46638	120/240 MF	3	16-45	Clase 100
9	O-88865	120/240 MF	3	16-45 Apto. 1	Clase 100
10	O-96397	120/240 MF	3	16-45 Local 3	Clase 100
11	L-18904	120/240 MF	3	16-47	Clase 100

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Red Actual 16ª y 17ª calle



Fuente: elaboración propia.

2.2.10. 17ª y 18ª calle

La totalidad de los servicios en esta cuadra son monofásicos, cabe resaltar que no se encuentra ningún poste ni tramos de secundario tangentes a la calle. Por el contrario, la línea secundaria de distribución se encuentra tendida con herrajes en las partes más altas de los edificios y viviendas localizados en este tramo.

En el lado oeste de la de avenida, específicamente en la esquina de la 17ª calle, se encuentra el único servicio en este lado el cual sirve para la alimentación de unas cámaras de seguridad en el sector. En este lado se encuentra también un super mercado muy reconocido, sin embargo, este se ve alimentado por el lado de la 18ª calle.

En el caso del lado este, se encuentran todos los servicios monofásicos restantes los cuales miden la energía de locales utilizados para comercio, por estar pegado a la 18ª calle la cual es la calle con mayor presencia de comercio formal e informal en la zona 1.

El detalle y la localización de los servicios mencionados anteriormente se pueden observar en la tabla XII, y figura 39 respectivamente.

Tabla XII. **Servicios existentes 17ª y 18ª calle**

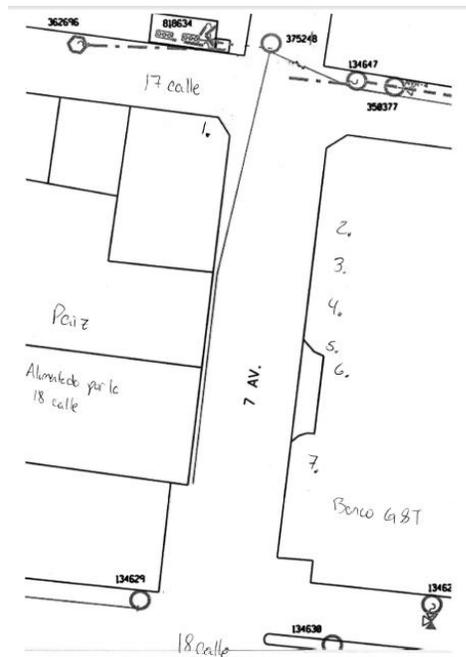
Baja tensión					
17ª y 18ª calle Oeste					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
1	S-38656	120/240 MF	2	7 av. y 17 c. esquina	Clase 100

Continuación de la tabla XII.

17-18 calle este					
No.	Medidor	Voltaje (V)	Carga (kW)	Dirección	Acometida
2	M-30140	120/240 MF	3	17-nov	Clase 100
3	H-19800	120/240 MF	3	17-17 Local A	Clase 100
4	L-91427	120/240 MF	3	17-17	Clase 100
5	H-22106	120/240 MF	3	17-17 Local B	Clase 100
6	O-55929	120/240 MF	7	17-41	Clase 100
7	P-02121	120/240 MF	10	17-55	Clase 100

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Red actual 17ª y 18ª calle



Fuente: elaboración propia.

2.3. Infraestructura para obra civil

En el caso de la infraestructura necesaria para la realización de la obra civil a lo largo de la 7ª avenida, se puede decir que es bastante aceptable ya que en la banqueta de la avenida entre las calles propuestas existe un ancho de banqueta de ambos lados que se encuentra en un rango de 2 a 3 metros. Ancho que permite perfectamente la elaboración de la obra civil para la canalización de la red eléctrica subterránea que será propuesta.

Con este ancho mencionado anteriormente se puede decir que la obra civil necesaria, para la instalación de barras *elastimold* de derivación en media tensión y transformadores trifásicos *pad mounted* puede realizarse sin mayor complicación. Tomando en cuenta que estos equipos son los que más área de obra civil demandan, no se tendrá inconveniente con la obra civil del resto del equipo que se propondrá en el capítulo siguiente.

Cabe resaltar que si se toma en cuenta la propuesta y se lleva a cabo en un futuro, habría que romper la banqueta con el cuidado de no afectar ninguna tubería de agua, telecomunicaciones o servicios especiales, ya que por ser instalaciones muy antiguas no se cuenta con el registro unificado de estas.

3. PROPUESTA DE RED SUBTERRÁNEA

En este capítulo se describe la propuesta de implementación de red subterránea, con el detalle de los materiales y equipos más importantes que se proponen así como algunos criterios importantes a tomar en cuenta para la propuesta en general. Por último, y no menos importante, se presentan los diseños para la red eléctrica propuesta: uno por cada cuadra de la 18ª a la 8ª calle.

Cabe resaltar que para cada cuadra se realizó una propuesta tratando de guardar la configuración actual de la red la cual presenta mucha selectividad y confiabilidad. Esto hace que exista la opción de flexibilidad para la implementación por tramos; sin embargo, la propuesta se realiza para toda el área delimitada anteriormente.

3.1. Configuración de la red propuesta

Como se había mencionado anteriormente, para cada análisis y diseño de cada cuadra se propone la misma configuración de la red actual. Esta configuración se conservó en la medida de lo posible ya que se tomó en cuenta también los criterios de diseño de redes subterráneas así como las configuraciones que permiten los equipos y materiales subterráneos, ambos se mencionan a lo largo del capítulo.

Uno de los puntos más importantes es la transición de red aérea a red subterránea; esta se propone por medio de bajadas primarias en cada calle, específicamente en el último poste de cada lado que colinda con la avenida. Lo que se busca es eliminar la contaminación visual que genera tanto la red de distribución que va paralela a la avenida como la que cruza la misma.

Como la línea área se remata antes de que cruce la avenida, se propone la instalación de anclajes retenidas para contrarrestar la tensión mecánica que ejercen los cables. Sin embargo, existen algunos puntos donde no se puede instalar anclaje por el espacio, en estos se proponen postes autosoportados.

Todas las derivaciones que existen actualmente en media tensión, para ramales o hacia los centros de transformación se proponen por medio de barras de derivación de media tensión. Por tal razón se contempla al menos un juego de barras por cada cuadra.

Se contemplan barras de 3, 4 y 6 posiciones y se define la cantidad de posiciones de acuerdo a las necesidades de alimentación de cada cuadra, ya que unas tienen más carga que otras, que se ven alimentadas por el lado de la calle. Con el fin de optimizar técnica y económicamente el uso de las barras se propone la alimentación de transformadores monofásicos en configuración radial siempre y cuando estos se encuentren cercanos.

Para la alimentación de los servicios monofásicos en baja tensión se contemplan accesorios de derivación de paso y de remate. Cabe resaltar que en cada cuadra se dejará un espacio disponible en cada lado de la avenida para alimentación de alumbrado público.

En el caso de los servicios trifásicos en baja tensión se conectarán directamente del secundario del transformador hacia la acometida de los mismos ya que por la carga no es recomendable utilizar accesorios de derivación. Y cuando la carga sea mayor a 40 kW se propone la medición del servicio dentro del *pad mounted*, como se muestra en el capítulo 1.

Por último y no menos importante, la alimentación principal de la avenida se propone igual que la configuración actual: alimentada principalmente por el circuito 87 proveniente de la subestación San Juan de Dios, que alimenta la 7ª avenida por la 9ª calle, y el circuito 24 proveniente de la subestación El Sitio que alimenta la avenida por la 13ª calle, siendo el punto de encuentro de ambos entre la 12ª y la 13ª calle. Para realizar este remate de circuito y punto de encuentro en caso se de alguna falla grande y exista la necesidad de alimentar cualquiera de los dos lados de la avenida por el circuito de respaldo; se propone la instalación de una barra de derivación de 3 posiciones en la cual habrá un circuito energizándola y el otro quedará en la caja de las barras pero desconectado, ya listo solo para conectarlo a las barras en caso sea necesaria esta redundancia de alimentación.

3.2. Materiales y equipos

A diferencia de los materiales y equipos utilizados en las redes aéreas de distribución, que en su mayoría son herrajes metálicos sin aislantes los materiales y equipos necesarios para redes subterráneas deben estar aislados en su totalidad, como se había mencionado anteriormente. Esto hace que el costo de estos materiales se encuentre entre 3 a 5 veces el costo de los materiales aéreos. Al ser este un factor que afecta la propuesta directamente en el tema económico, se tuvo el cuidado de seleccionar los equipos necesarios únicamente, siempre guardando la confiabilidad y selectividad de la red.

Estos equipos y materiales detallados en el capítulo 1 se muestran en los diseños de cada cuadra frecuentemente. En el caso de los transformadores todos serán tipo *pad mounted*, a excepción de las bóvedas existentes, a las cuales únicamente se derivará en media tensión desde la barra de derivación para que alimente el transformador seco en bóveda existente. La mayoría de

transformadores *pad mounted* son monofásicos; sin embargo, existen algunos trifásicos en algunos tramos de la avenida, y la potencia de estos se especifica de acuerdo a los servicios existentes en esa cuadra. Por tal motivo, será frecuente encontrar transformadores trifásicos de 50 kVA o 75 kVA ya que las cargas trifásicas a alimentar se encuentran dispersas a lo largo de la avenida y no sobrepasan los 50 kW de demanda, a excepción de los paneles múltiples de contadores en algunos edificios o las bóvedas mencionadas anteriormente.

Para las derivaciones en media tensión se contemplan barras de derivación para 15 kV aisladas de 3, 4 y 6 posiciones según las necesidades de cada cuadra. Así mismo, para derivar hacia servicios monofásicos se proponen accesorios de derivación de paso y de remate, y por supuesto espacios para conexión de alumbrado público. Para efectos de cálculo estimado, se realizó un promedio del precio de los accesorios de derivación no importando el número de posiciones.

El cable subterráneo URD será en su mayoría de calibre 1/0 15 kV URD y se utilizará para transiciones de red aérea a subterránea y viceversa, así como para alimentación de transformadores; sin embargo, para la alimentación principal de la avenida por medio de los circuitos 27 y 84 se propone el calibre 4/0 desde la bajada primaria de alimentación de cada circuito, hasta el encuentro de los mismos. Así mismo para el cruce de avenidas de los circuitos principales que la atraviesen, se contempla el cable 750 URD el cual soporta la misma corriente que el circuito aéreo actual. Se debe tomar en cuenta la obra civil mencionada en la siguiente sección para este calibre.

Las derivaciones de secundario para alimentación de servicios monofásicos se hará con cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600V. También se propone el uso de los registros secundarios exclusivos donde se pueda y cumpla con las condiciones para este registro mencionadas en el primer capítulo.

Para resumir, entre los materiales y equipos más utilizados están las barras de derivación en media tensión, los accesorios de derivación para baja tensión, transformadores tipo *pad mounted*, y bajadas primarias, las cuales llevan algunos herrajes aéreos necesarios para dicha transición.

3.3. Obra civil

La obra civil que se muestra en cada diseño prácticamente se compone de cajas de registro tipo H, cajas de registro exclusivas para baja tensión, cajas especiales para barras de derivación en media tensión, plataformas para transformadores tipo *pad mounted*, y por supuesto la canalización de tubos entre cajas de registro.

Estos tubos serán de 4 pulgadas para canalización de URD 1/0 15 kV en media tensión y nro. 4 URD 600 V en baja tensión, las canalizaciones de la acometida a las cajas de registro serán como mínimo de 2 ½ pulgadas, y este deberá aumentar o variar, conforme aumente la carga, de cualquier manera el diámetro de este tubo para servicios trifásicos quedará a discreción del responsable de cada servicio ya que ellos deberán cablear hacia la base del transformador.

En el caso del alimentador principal de cada circuito se deberá canalizar con tubería de 6 pulgadas, ya que por el calibre del conductor es necesario un tubo de mayor diámetro para su canalización, dejando siempre un tubo de reserva.

Cabe resaltar que en las calles donde sea necesaria la implementación de calibre 750 URD para los circuitos principales que atraviesan la avenida, es necesario que las cajas de registro para esta canalización sean de 1,50 metros de largo por 1,50 metros de ancho ya que por el grosor del calibre la

maniobrabilidad se vuelve más compleja y requiere de más espacio para la canalización.

De cualquier manera todos los detalles de la obra civil propuesta se pueden observar en el capítulo uno de este documento.

3.4. Servicios existentes

Para los servicios existentes se propone la construcción de una acometida subterránea paralela a acometida aérea existente, y el tipo de acometida varía en función de la carga que cada servicio demanda. Las acometidas propuestas son las mismas que se especifican en el capítulo uno, por lo que en este capítulo únicamente se hará mención a qué tipo de acometida se construirá para los servicios. Estas nuevas acometidas serán canalizadas hacia la caja de registro que corresponda o bien a la plataforma de los transformadores, según cada diseño propuesta.

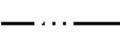
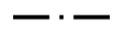
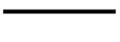
3.5. Diseños y materiales de propuesta de red subterránea

Para la realización de esta propuesta se presentan diseños subterráneas de las cuadras con todos los servicios existentes ya distribuidos de acuerdo a su carga y nivel de tensión; estos se detallan con correlativo numérico, los cuales son exactamente los mismos que los que se muestran en las figuras y tablas del capítulo dos.

Cabe resaltar que para los diseños propuestos se utiliza simbología subterránea y aérea, por lo cual en la tabla XIII se detallan los símbolos utilizados en los diseños subterráneos de la propuesta.

En las siguientes páginas de este capítulo se detalla el diseño y los materiales propuestos en cada cuadra.

Tabla XIII. **Simbología diseños**

Transformador tipo <i>pad mounted</i>		Estructura metálica existente	
Caja de registro nueva		Poste concreto existente	
Caja de registro existente		Poste concreto nuevo	
Registro para barras de derivación		Anclajes	
Tierra física		Línea aérea media tensión	
Cable primario 3F URD 15 kV		Correlativo de servicios	1.
Cable primario 1F URD 15 kV		Correlativo de cajas de registro	IV.
Cable secundario URD 600V		Bóvedas existentes	B1

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Propuesta 8^a-9^a calle

Esta cuadra en particular es de las más emblemáticas de la avenida, por estar contigua al Portal del Comercio, la Catedral Metropolitana y la Plaza de la Constitución.

Considerando que las cargas alimentadas por la red aérea actual son pequeñas, se contempla únicamente la instalación de dos transformadores tipo *pad mounted*.

Sin embargo, es necesario alimentar dos bóvedas existentes, para el edificio El Centro y el centro comercial Real del Parque. Por lo expuesto anteriormente, se proponen 3 barras de derivación de media tensión de 6 posiciones, quedando 3 posiciones por barra para alimentación de centros de transformación y una posición de entrada de alimentación.

Como quedan dos posiciones libres en cada barra, una posición de una barra se utilizará para alimentar el T2 monofásico, y las otras dos posiciones de las barras restantes quedarán previstas para transformadores monofásicas. De esta misma manera quedarán previstas las 3 posiciones restantes para una alimentación trifásica.

En el caso de la alimentación secundaria para los servicios monofásicos, se contemplan accesorios de derivación en las cajas II y III, dejando algunos espacios previstos para futuros servicios o bien alumbrado público. Para el servicio trifásico, este saldrá alimentado directamente del secundario hasta el servicio, con el equipo de medición y el medidor en el pad mounted, como se mencionó en el primer capítulo.

Otro punto importante de esta cuadra es el circuito 87 que atraviesa la avenida en la 9ª calle, por lo que para que siga guardando la misma configuración es necesario bajar este circuito principal, por medio de dos bajadas en los postes reubicados 230150 y 149666, (actualmente estructuras) cambiando los postes a autosoportados clase 2500, ya que la tensión de la línea rematará en ambos postes, por lo cual deben de ser postes que resistan la tensión del cable. Prácticamente es un tramo de 30 metros que baja la línea a subterráneo y después vuelve a subir a líneas aéreas.

Así mismo en el poste 230150 se propone la realización de una bajada primaria para alimentación principal de la avenida por medio del circuito 87, como está actualmente.

La ubicación de los equipos, materiales y obra civil mencionada anteriormente se puede observar y ubicar en la figura 40, al mismo tiempo que se detallan en la tabla XIV.

Los servicios monofásicos y trifásicos en esta cuadra se distribuyen con el correlativo de la figura 40 de la siguiente manera:

- Servicios Monofásicos 120/240V (2-7)
- Servicio Trifásico 120/240V (1)

Tabla XIV. Descripción 8ª y 9ª calle

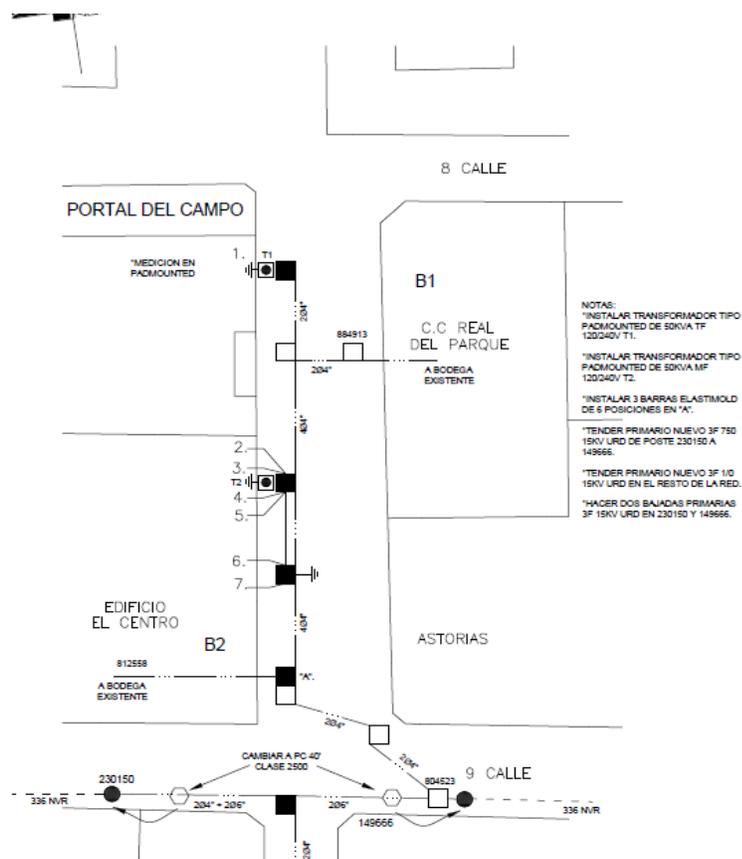
Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T1	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 TF	1	Q32 315,00	Q32 315,00
T2	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	1	Q22 563,60	Q22 563,60
A	Barra de derivación 6 posiciones	3	Q6 402,77	Q19 208,31
MT	Cable URD triplex 1/0 15 kV	250	Q113,00	Q28 250,00
MT	Cable URD 1/0 15 kV	30	Q55,00	Q1 650,00
MT	Cable URD 750 MCM 15 kV	210	Q242,00	Q50 820,00
II.	Accesorio de derivación de paso, 6 servicios	1	Q540,00	Q540,00
III.	Accesorio de derivación de remate, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600 V	40	Q39,50	Q1 580,00

Continuación de la tabla XIV.

230150, 149666	Poste autoportado 40' clase 2500	2	Q5 384,00	Q10 768,00
230150, 149666	Bajada primaria 15 kV	4	Q5 552,89	Q22 211,56
	Otros Materiales	1	Q20 000,00	Q25 000,00
	Mano de obra	1		Q110 000,00
Total				Q325 446,47

Fuente: elaboración propia

Figura 40. Diseño 8ª y 9ª calle



Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Propuesta 9ª y 10ª calle

Esta cuadra tiene la característica de tener varios servicios monofásicos y trifásicos en ambos lados de la avenida los cuales se encuentran localizados en la figura 41 de la siguiente manera:

- Servicios monofásicos 120/240V (1-8, 12-14, 16-27, 29)
- Servicios trifásicos 120/240V (9,11,28)
- Panel múltiple de contadores monofásico 120/240V (10,15)

Por lo anterior se propone la instalación de dos transformadores T1 y T3 de acuerdo a la tabla y figura de esta cuadra que se muestra en la siguiente página. Estos dos transformadores se diseñaron con alimentación radial con el fin de ahorrar un espacio en la barra de derivación de media tensión.

Adicionalmente se deben instalar dos transformadores trifásicos T2 y T4, ambos para la alimentación de dos servicios trifásicos en el lado este y dos en el lado oeste, que tendrán medición dentro del transformador.

El otro centro de transformación a conectar es el del edificio 7 y 10, el cual como ya está en bóveda existente, se alimentará por medio de la caja existente 804915. Con esta alimentación se completan los servicios de la cuadra y las 3 barras de derivación de 6 posiciones con 3 posiciones por barra para los transformadores trifásicos descritos con anterioridad, 2 posiciones por barra para entrada de alimentación trifásica y derivación de red. Quedando libre únicamente una posición en dos barras ya que la última barra tiene una posición para alimentación del T1 y T2 en configuración radial.

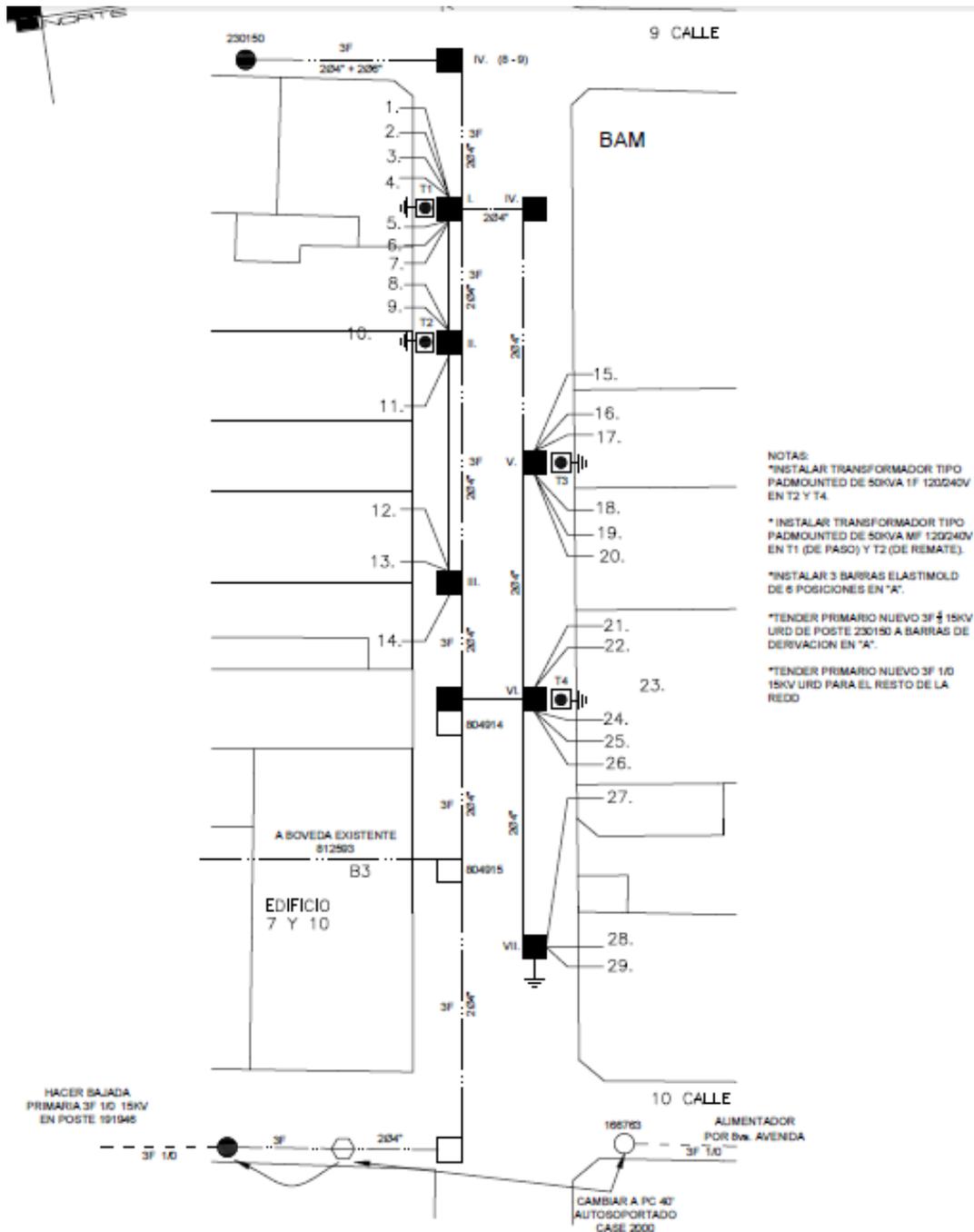
Así mismo se contemplan accesorios de derivación de paso y de remate, para los servicios en las cajas de registro I, II, III, V, VI y VII, como se observa en la figura de este diseño. En la tabla XV se detallan los materiales mencionados anteriormente.

Tabla XV. Descripción 9ª y 10ª calle

Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T2, T4	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 TF	2	Q32 315,00	Q64 630,00
T1, T3	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	2	Q22 563,60	Q45 127,20
A	Barra de derivación 6 posiciones	3	Q6 402,77	Q19 208,31
MT	Cable URD triplex 1/0 15 kV	140	Q113,00	Q15 820,00
MT	Cable URD 1/0 15 kV	110	Q55,00	Q6 050,00
MT	Cable URD 4/0 15 kV	450	Q116,00	Q52 200,00
I.	Accesorio de derivación de paso, 8 servicios	1	Q540,00	Q540,00
II.	Accesorio de derivación de paso, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
III. Y VII.	Accesorio de derivación de remate, 4 servicios	2	Q540,00	Q1 080,00
V.	Accesorio de derivación de paso, 6 servicios	1	Q540,00	Q540,00
VI.	Accesorio de derivación de paso, 6 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600 V	90	Q39,50	Q3 555,00
191946, 156763	Poste autoportado 40' Clase 2000	2	Q4 790,00	Q9 580,00
191946	Bajada primaria 15 kV	1	Q5 552,89	Q5 552,89
	Otros materiales	1	Q30 000,00	Q34 000,00
	Mano de obra	1		Q135 000,00
Total				Q393 963,40

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. Diseño 9ª y 10ª calle



Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Propuesta 10ª y 11ª calle

En lo que se refiere a la recuperación del centro histórico, mencionada anteriormente, en esta cuadra se han autorizado y abierto restaurantes y comercios, visitados por trabajadores de las instituciones públicas y privadas de la zona 1, en un corto plazo contribuirá a dicha recuperación, también los habitantes de los edificios de apartamentos Centro Vivo y Lido.

Los dos edificios mencionados anteriormente son las cargas más fuertes de la cuadra. En el caso del edificio Lido se alimenta del lado de la 7ª avenida, únicamente servicios generales, para el cual se propone una medición secundaria dentro del transformador T2. Por el contrario, el edificio Centro Vivo cuenta con dos bóvedas existentes B4 y B5, ambas se alimentarán de las barras de derivación en posición A. El resto de los servicios son 10 monofásicos 120/240V, para los cuales se contemplan accesorios de derivación en las cajas de registro I, II y III, dejando siempre previstos los espacios para alimentación de alumbrado público.

Por último, se contempla seccionar la línea que atraviesa la 7ª avenida de manera que del poste anterior al 206017 y va hacia la 8ª avenida, se remate con un anclaje y retenida y se quede alimentado de la 8ª avenida, ya que actualmente este ramal se encuentra alimentado tanto por la 7ª como la 8ª avenida.

En el caso del ramal que va hacia la 6ª avenida, se propone el remate de la línea con un anclaje posterior a la relocalización del poste 156561, en el cual se debe realizar una bajada primaria para alimentar este ramal desde las barras en posición B. No está de más recordar que el alimentador principal de la séptima avenida que baja en la 9ª calle y conecta de barras a barras, se propone de calibre 4/0, mientras que el resto de la red se deriva con 1/0.

Tabla XVI. Descripción 10ª y 11ª calle

Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T2	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 75 kVA 120/208 TF	1	Q61 368,00	Q61 368,00
T1	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	1	Q22 563,60	Q22 563,60
A, B	Barra de derivación 6 posiciones	6	Q6 402,77	Q38 416,62
MT	Cable URD triplex 1/0 15 kV	180	Q113,00	Q20 340,00
MT	Cable URD 1/0 15 kV	75	Q55,00	Q4 125,00
MT	Cable URD 4/0 15 kV	300	Q116,00	Q34 800,00
I., III.	Accesorio de derivación de paso, 3 servicios	2	Q540,00	Q1 080,00
II.	Accesorio de derivación de remate, 6 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600 V	80	Q39,50	Q3 160,00
11 calle	Poste stub para anclaje	2	Q1 225,00	Q2 450,00
191946	Bajada primaria 15 kV	1	Q5 552,89	Q5 552,89
	Otros materiales	1		Q46 000,00
	Mano de obra	1		Q115 000,00
Total				Q355 396,11

Fuente: elaboración propia.

3.5.4. Propuesta 11ª y 12ª Calle

A pesar de no tener ninguna carga trifásica o acometidas en media tensión, esta cuadra es de las más emblemáticas y transitadas de la avenida, ya que en esta se encuentra el edificio de recursos humanos del Banco Industrial, Ministerio Público y la antigua Dirección General de Correos de Guatemala, que actualmente se utiliza como museo y oficinas municipales.

Sin embargo, el Banco Industrial y correos, los edificios con mayor ocupación física en la cuadra, se encuentran alimentados del lado de las calles con las que colindan, en el caso del banco se alimenta con una medición primaria mientras que correos con un servicio en baja tensión; razón por la cual la inversión necesaria para esta parte de la propuesta será mucho menor de lo que se puede pensar si se toma en cuenta la magnitud de los edificios mencionados anteriormente.

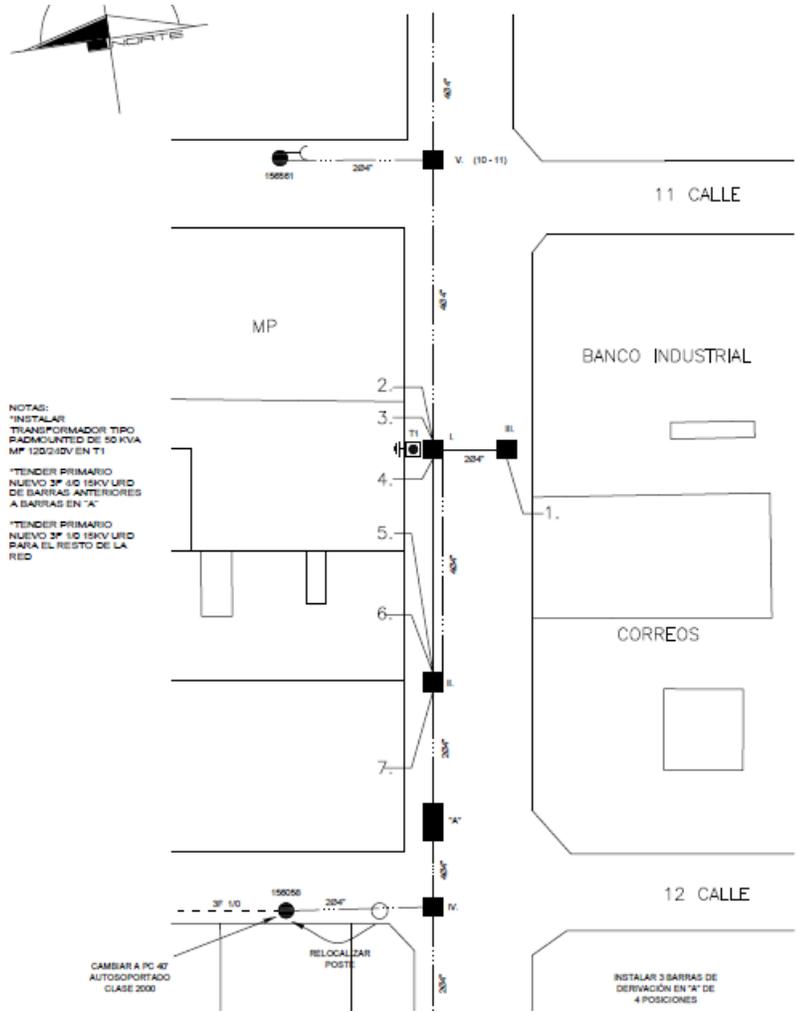
Al igual que en las cuadras anteriores, se propone el alimentador principal que viene de la última barra de derivación hacia la barra en posición A, según la figura 43 y la tabla XVII, en las cuales se detallan las características de la red y equipos para esta cuadra.

Estas barras son de cuatro posiciones y tres serán para alimentación trifásica; por lo que una será para la entrada de alimentación, la otra para la continuidad del alimentador principal y la última para la derivación de la red hacia la 12ª calle oeste. De las tres posiciones libres que queda en cada barra, solo se utilizará una para alimentar el T1, mientras que las otras dos quedarán libres y previstas para futuras derivaciones monofásicas.

Este único transformador alimenta los 6 servicios existentes en el lado oeste, mientras que en el lado este existe un único servicio alimentado por el mismo; dando un total de siete servicios monofásicos en la cuadra.

Para dichos servicios se contempla tender un cable triplex secundario en tres cajas de registro nuevas, dejando siempre los espacios previstos en los accesorios de derivación de cada registro para la conexión de lámparas de alumbrado público.

Figura 43. Diseño 11ª y 12ª calle



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Descripción 11ª y 12ª calle

Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T1	Transformador <i>tipo pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	1	Q22 563,60	Q22 563,60

Continuación de la Tabla XVII.

A	Barra de derivación 6 posiciones	3	Q6 402,77	Q19 208,31
MT	Cable URD 1/0 15 kV	75	Q55 00	Q4 125,00
MT	Cable URD triplex 1/0 15 kV	70	Q113 00	Q7 910,00
MT	Cable URD 4/0 15 kV	300	Q116 00	Q34 800,00
I.	Accesorio de derivación de paso, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
II.	Accesorio de derivación de remate, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
III.	Accesorio de derivación de remate, 2 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600 V	55	Q39,50	Q2 172,50
156058	Poste autosoportado 40' Clase 2000	1	Q4 790,00	Q4 790,00
156058	Bajada primaria 15 kV	1	Q5 552,89	Q5 552,89
	Otros materiales			Q18 000,00
	Mano de obra	1		Q45 000,00
Total				Q165 742,30

Fuente: elaboración propia.

3.5.5. Propuesta 12ª y 13ª calle

Como se había visto anteriormente, en esta emblemática cuadra únicamente hay servicios y red de distribución en el lado oeste de la avenida, a pesar de que en el lado oeste se encuentran tres edificios históricos que son de los más importantes en la avenida. Sin embargo, esta cuadra no es solo importante en el tema histórico sino que también técnicamente ya que en este

tramo se contempla el encuentro de los circuitos 24 y 87, ambos alimentadores principales de la avenida. Para continuar con la versatilidad y continuidad de alimentación para la avenida, se propone la instalación de 3 barras de derivación en CS en las cuales quedará un circuito energizando las barras, mientras que el otro quedará armado con las terminaciones, listo para conectar a las barras. Por esta razón, se contempla el alimentador principal con calibre 4/0, para que cada alimentador pueda soportar la carga del otro en alguna falla que ocurra en cualquiera de los dos circuitos.

También se contempla la instalación de 3 barras de derivación de 6 posiciones en A, estas se alimentan del circuito 24 y se derivan dos ramales principales: uno para la alimentación en CS y el otro con dirección hacia la 14 calle. Las siguientes derivaciones son para: la bóveda existente del edificio Plaza Centro, T1 y T3 de una misma derivación ya que se conectarán radialmente, y la última derivación será monofásica para la alimentación de T2, por lo cual quedarán dos posiciones en dos barras previstas para futuras derivaciones monofásicas.

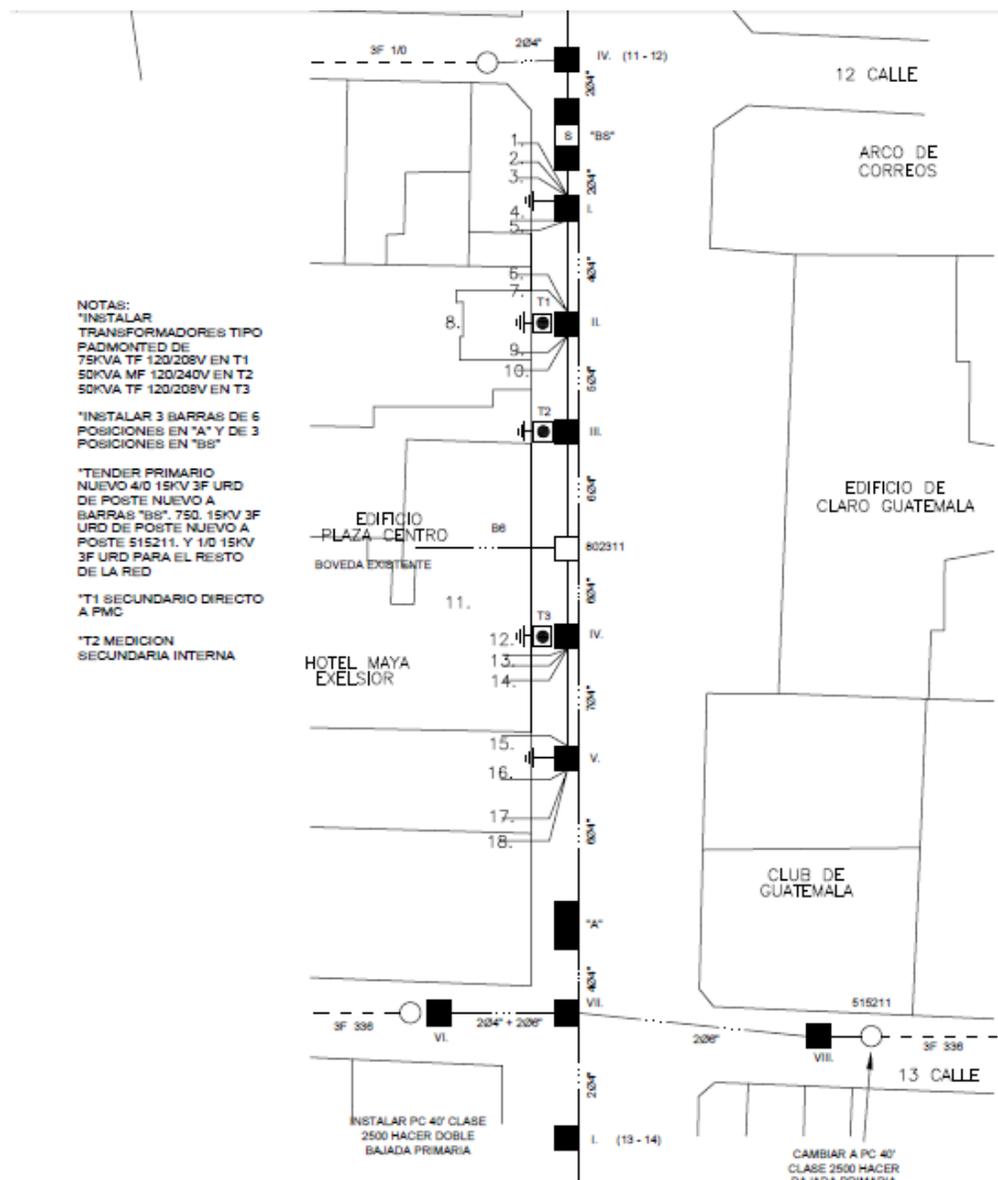
Los transformadores T1 y T3 alimentarán de forma directa los servicios existentes, mientras que para los servicios monofásicos se derivará del T1 con secundario. A continuación se detallan los servicios mencionados anteriormente, con la numeración que aparece en el diseño de esta cuadra:

- Servicios monofásicos 120/240V (1-7, 9-10, 12-18)
- Servicios trifásico 120/240V (11)
- Panel múltiple de contadores monofásico 120/240V (8)

Los detalles y características de la red subterránea se pueden observar en la figura 44 y tabla XVIII, respectivamente.

Para finalizar con este tramo, se propone una bajada y subida en postes autoportados del circuito 24 sobre la 13ª calle, con las características y dimensiones de los registros y ductos vistos anteriormente para calibre 750 URD.

Figura 44. Diseño 12ª y 13ª calle



Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Descripción 12ª y 13ª calle

Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T1	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 75 kVA 120/208 TF	1	Q61 368,00	Q61 368,00
T2	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	1	Q22 563,60	Q22 563,60
T3	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 75 kVA 120/240 TF	1	Q61 368,00	Q61 368,00
CS	Barra de derivación 3 posiciones	3	Q5 532,25	Q16 596,75
A	Barra de derivación 6 posiciones	3	Q6 402,77	Q19 208,31
MT	Cable URD triplex 1/0 15 kV	350	Q113,00	Q39 550,00
MT	Cable URD 1/0 15 kV	90	Q55,00	Q4 950,00
MT	Cable URD 4/0 15 kV	450	Q116,00	Q52 200,00
MT	Cable URD 750 15 kV	345	Q242,00	Q83 490,00
I.	Accesorio de derivación de remate, 6 servicios	1	Q540,00	Q540,00
II.	Accesorio de derivación de paso, 3 servicios	1	Q540,00	Q540,00
III.	Accesorio de derivación de paso, 2 derivaciones, 3 servicios	1	Q540,00	Q540,00
IV.	Accesorio de derivación de paso, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
V.	Accesorio de derivación de remate, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600 V	100	Q39,50	Q3 950,00
515211, Poste N	Poste autosoportado 40' clase 2500	2	Q5 384,00	Q10 768,00
515211, Poste N	Bajada primaria 15 kV	3	Q5 552,89	Q16 658,67
	Otros materiales			Q53 000,00
	Mano de obra	1		Q155 000,00
Total				Q603 371,33

Fuente: elaboración propia.

3.5.6. Propuesta 13ª y 14ª calle

Al contrario de la cuadra anterior, en esta la mayoría de los servicios se encuentran en el lado este y uno en el lado oeste; sin embargo, el alimentador principal continuará en el lado oeste, de calibre 1/0 URD ya que como se indicó anteriormente, la demanda entre la 13ª y 18ª calle es menos significativa que la carga entre la 13ª y la 8ª calle.

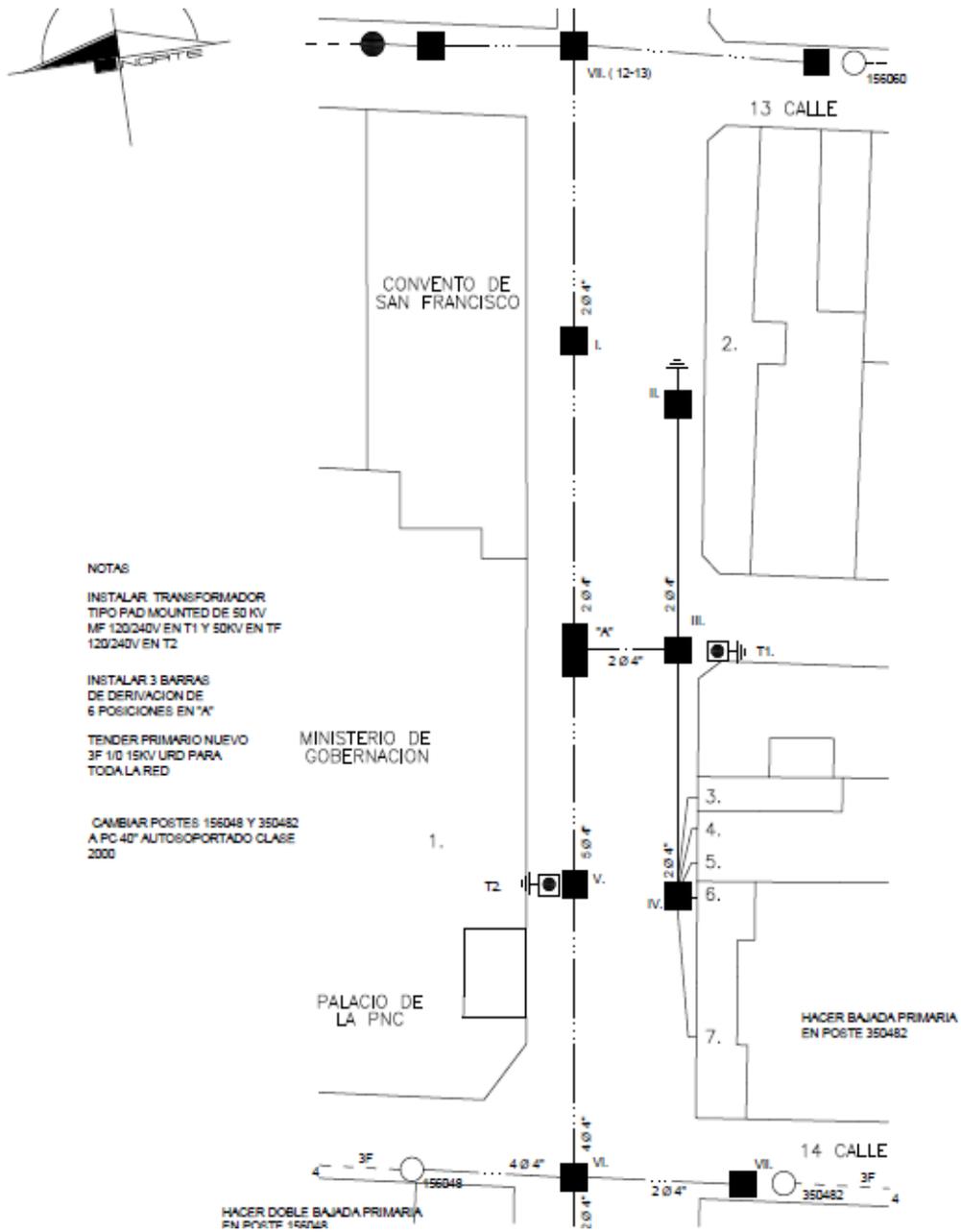
Se proponen 3 barras de derivación de 6 posiciones en A, con una entrada de alimentación trifásica proveniente de la 13ª calle, una salida de alimentación principal hacia la 14ª calle, una salida para la derivación hacia la 14ª calle de este hacia oeste y una derivación para el transformador T2.

La única derivación monofásica de una barra será para alimentar T1 en el lado este. En el caso del T2 que se alimenta de las barras de derivación, el cable secundario se conectará directamente desde las paletas del transformador hacia el servicio trifásico, mientras que para los 6 servicios monofásicos en el lado este, se contempla cable secundario triplex hacia registros nuevos cercanos a dichos servicios.

Por último la red que atraviesa la 14ª calle se propone cruzarla mediante una bajada y subida con postes autosoportados, siendo esta una bajada para calibre 1/0 URD por la topología actual de la red.

Todos los detalles y ubicaciones de los equipos y materiales mencionados en esta sección se pueden observar con detalle de acuerdo a su correlativo en la figura 45 y tabla XIX, respectivamente. Así mismo se indican los precios estimados de dichos materiales.

Figura 45. Diseño 13ª y 14ª calle



Fuente: elaboración propia

Tabla XIX. Descripción 13ª y 14ª calle

Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T1, T2	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	2	Q22 563,60	Q45 127,20
T3	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 TF	1	Q32 315,00	Q32 315,00
T4	Transformador Tipo <i>pad mounted</i> 75 kVA 120/208 TF	1	Q61 368,00	Q61 368,00
A	Barra de derivación 6 posiciones	3	Q6 402,77	Q19 208,31
MT	Cable URD triplex 1/0 15 kV	500	Q113,00	Q56 500,00
MT	Cable URD 1/0 15 kV	30	Q55,00	Q1 650,00
II., IV.	Accesorio de derivación de remate, 2 servicios	1	Q540,00	Q540,00
III.	Accesorio de derivación de paso, 2 servicios	1	Q540,00	Q540,00
V.	Accesorio de derivación de paso, 3 servicios	1	Q540,00	Q540,00
VI., VII.	Accesorio de derivación de paso, 6 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600 V	80	Q39,50	Q3 160,00
362772, 134638	Poste 40' clase 1500	2	Q3 575,00	Q7 150,00
362772, 134638	Bajada primaria 15 kV	2	Q5 552,89	Q11 105,78
	Otros materiales			Q25 000,00
	Mano de obra	1		Q65 000,00
Total				Q329 744,29

Fuente: elaboración propia

3.5.7. Propuesta 14ª y 15ª calle

Esta sección de la avenida se caracteriza por tener los siguientes servicios monofásicos y trifásicos:

- Servicios monofásicos 120/240V (1-2, 4-15, 17-20)
- Servicios trifásico 120/240V (16)
- Panel múltiple de contadores monofásico 120/208V (3)

Estos se encuentran en ambos lados de la avenida y su numeración se puede observar en la figura 46, así mismo se observa que se alimentan de tres transformadores.

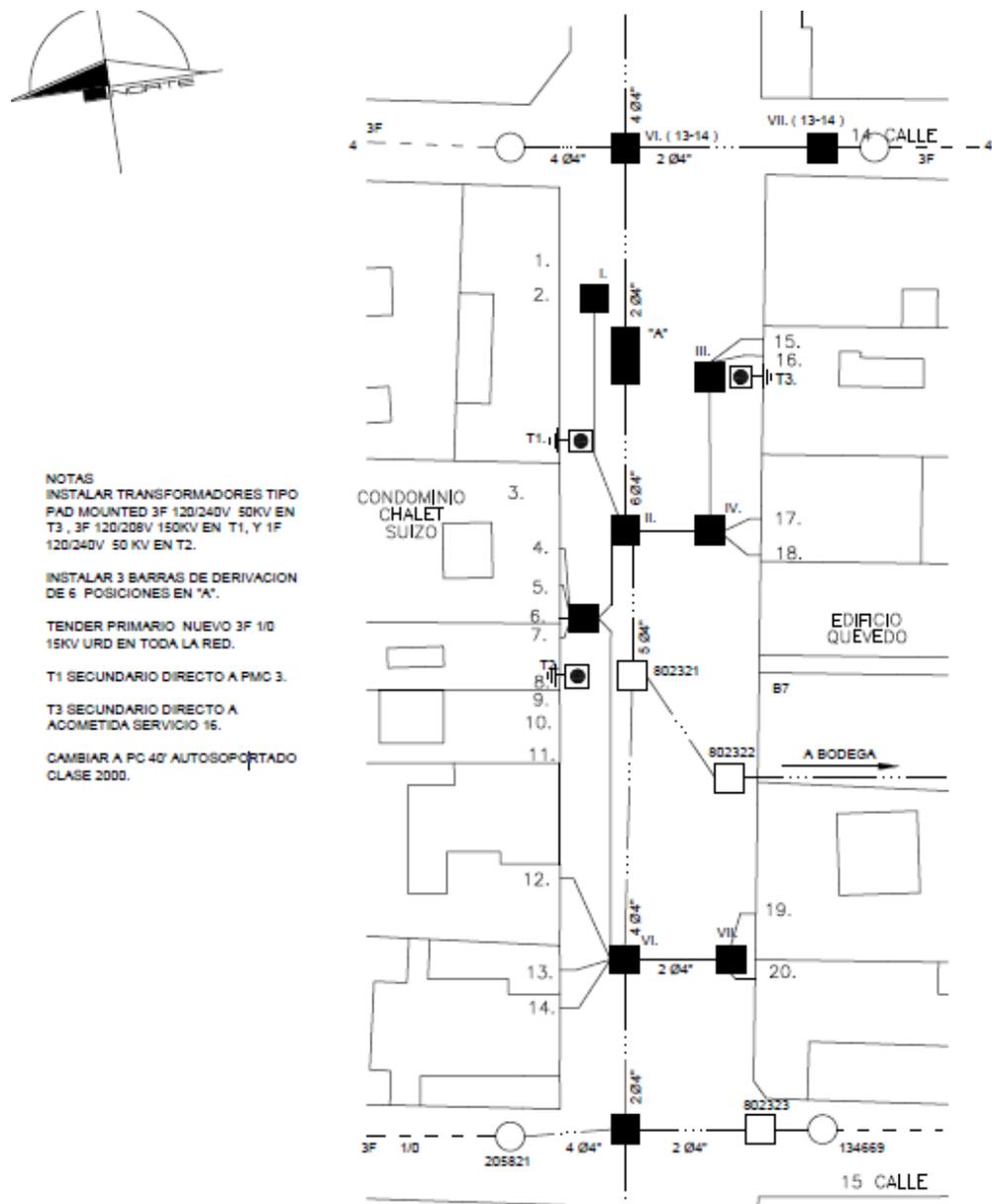
En A se propone la instalación de 3 barras de derivación de 6 posiciones: una para alimentación proveniente de la 14ª calle; la otra para la continuidad del alimentador hacia las otras barras localizadas en la siguiente cuadra posterior a la 15 calle; de las cuatro posiciones restantes: una es para la alimentación de la bóveda existente en el edificio Quevedo; las otras dos serán para la alimentación de los transformadores trifásicos T1 y T3 que alimentarán directamente los servicios; la última derivación será monofásica para el T2 con dos posiciones monofásicas de reserva.

Para la alimentación de los servicios monofásicos se tenderá secundario en la mayor parte de la cuadra, con la observación que las cajas I y V son registros exclusivos para secundario, con las dimensiones y características mencionadas en el primer capítulo.

Sobre la 15ª calle pasa la red de media tensión aérea actualmente por lo cual se propone la realización de dos bajadas en el poste 205821 el cual será cambiado por un autosoportado. Una bajada será para alimentar esta derivación hacia la 6ª avenida y la otra para bajar la línea que proviene del oeste y vuelva a subir al lado este.

En la figura 46 y la tabla XX se pueden observar y verificar los detalles de esta sección de la propuesta.

Figura 46. Diseño 14ª y 15ª calle



Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Descripción 14ª y 15ª calle

Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T1	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 150 kVA 120/208 TF	1	Q107 924,00	Q107 924,00
T2	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	1	Q22 563,60	Q22 563,60
T3	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 TF	1	Q32 315,00	Q32 315,00
A	Barra de derivación 6 posiciones	3	Q6 402,77	Q19 208,31
MT	Cable URD triplex 1/0 15 kV	350	Q113,00	Q39 550,00
MT	Cable URD 1/0 15 kV	60	Q55,00	Q3 300,00
I., VII.	Accesorio de derivación de remate, 3 servicios	2	Q540,00	Q1 080,00
II.	Accesorio de derivación de paso, 2 derivaciones, 1 servicio	1	Q540,00	Q540,00
III.	Accesorio de derivación De remate, 2 servicios	1	Q540,00	Q540,00
IV., VI., 802321	Accesorio de derivación de paso, 3 servicios	3	Q540,00	Q1 620,00
V.	Accesorio de derivación de paso, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600 V	150	Q39,50	Q5 925,00
205821, 134669	Poste autosoportado 40' Clase 2000	2	Q4 790,00	Q9 580,00
205821, 134669	Bajada primaria 15 kV	3	Q5 552,89	Q16 658,67
	Otros materiales			Q49 000,00
	Mano de obra			Q125 000,00
Total				Q435 344,58

Fuente: elaboración propia.

3.5.8. Propuesta 15ª y 16ª Calle

Similar a la cuadra anterior, en esta se encuentran 16 servicios monofásicos y 2 servicios trifásicos con la particularidad de que se encuentran varios hoteles y edificios de apartamentos en este tramo de la avenida, uno de estos tiene un servicio trifásico. De acuerdo con lo anterior, se puede decir que la actividad de la cuadra es de carácter habitacional, por tal razón es que actualmente se encuentran cuatro paneles de contadores a lo largo de este tramo de la propuesta.

Los servicios mencionados anteriormente se pueden observar en la figura 47, cada uno con su correlativo para identificación y se distribuyen de la siguiente manera:

- Servicios monofásicos 120/240V (1, 4-9, 12-18)
- Panel múltiple de contadores monofásico 120/240V (2-3)
- Panel múltiple de contadores trifásico 12/0/240V (10)
- Panel múltiple de contadores trifásico 120/208V (11)

Para alimentar estos servicios se proponen cuatro transformadores los cuales se alimentan de las barras de derivación en A, de la siguiente manera: las derivaciones trifásicas, todas con calibre URD 1/0 serán para T3 y T4, los cuales alimentan un hotel y un edificio de apartamentos respectivamente, ambos servicios son mediante paneles de contadores trifásicos.

Las otras tres derivaciones trifásicas son para el alimentador principal de la barra que viene de la cuadra anterior en dirección al sur, una derivación que regresa en dirección norte para alimentar el ramal de la 15ª calle, y la salida hacia las barras de la otra cuadra en dirección sur.

Tomando en cuenta las derivaciones anteriores, queda una posición en cada barra, pero únicamente se contempla una posición para la alimentación radial monofásica de T1 y T2. El transformador T1 es exclusivo para dos paneles de contadores monofásicos y un servicio cercano, mientras que el T2 alimentará, con derivaciones de secundario, el resto de los servicios monofásicos en ambos lados de la avenida.

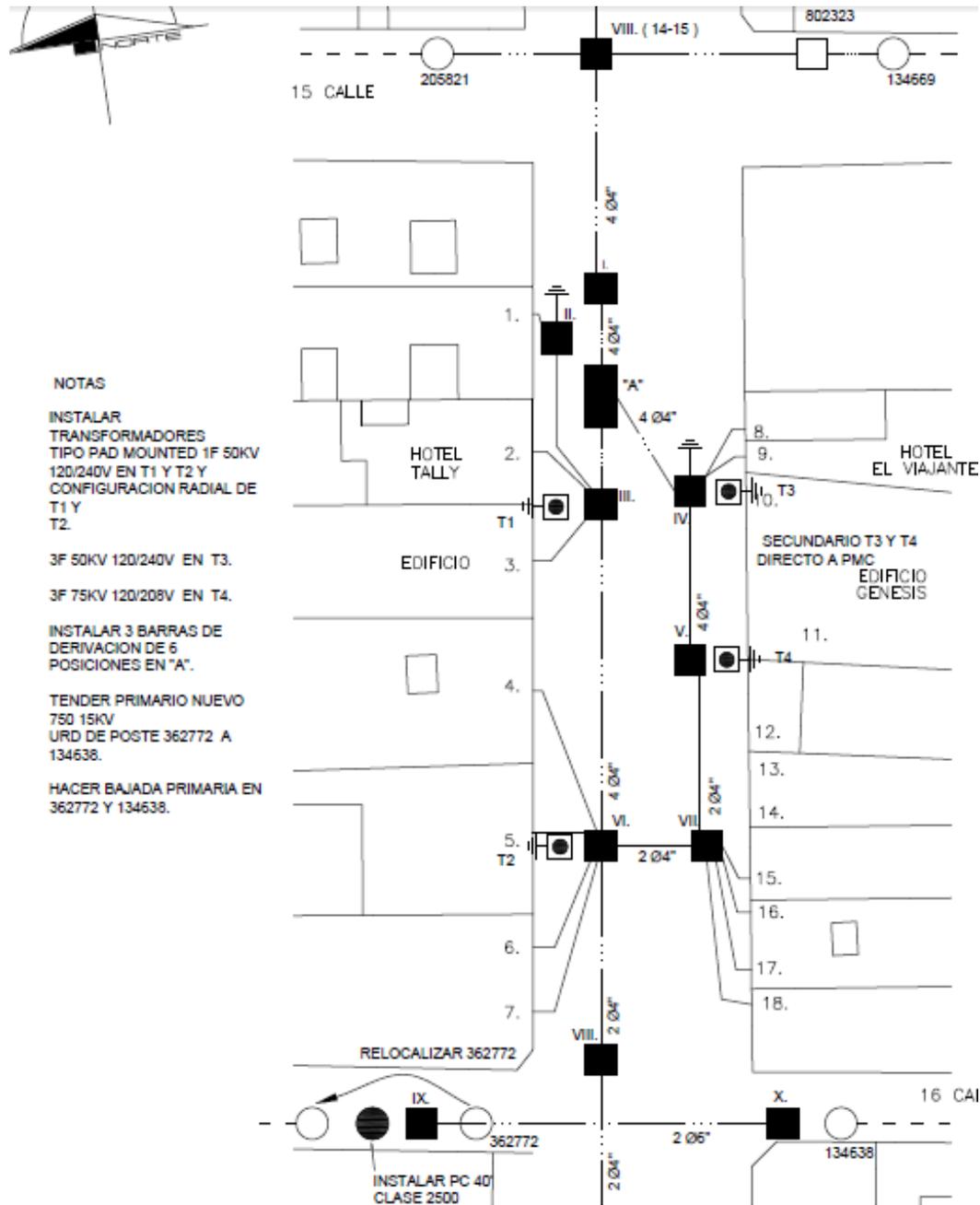
Cabe resaltar que para alimentar el servicio 1, se propone una caja exclusiva para secundario, con las especificaciones y dimensiones que se indicaron en el capítulo 1 de este documento. Lo anterior se hace con el fin de evitar canalizar secundaria en un registro para barras de media tensión.

Todo lo anterior puede verificarse en la figura 47 y la tabla XXI que describen y especifican esta sección de la avenida. Los servicios mencionados anteriormente se numeran con números ordinarios en la figura, mientras que las cajas de registro se identifican con numeración romana para una mejor comprensión de los detalles de la figura.

Llegando al final de este tramo, exactamente en la 16ª calle para bajar el circuito de distribución que atraviesa la avenida sobre dicha calle, es necesario construir la obra civil con las dimensiones y especificaciones mencionadas para cable 750 URD, ya que es un circuito principal que sale de la subestación El Sitio.

Así mismo se contemplan postes autosoportados clase 2 500 para el remate de línea en cada bajada al inicio de las calles en la avenida; con la instalación de estos postes se evitara el anclaje con retenida que puede ser un obstáculo para los peatones en esta calle que es muy transitada.

Figura 47. Diseño 15ª y 16ª calle



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Descripción 15ª y 16ª Calle

Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T1, T2	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	2	Q22 563,60	Q45 127,20
T2	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 75 kVA 120/208 TF	1	Q61 368,00	Q6 368,00
T3	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 TF	1	Q32 315,00	Q32 315,00
A	Barra de derivación 6 posiciones	3	Q6 402,77	Q19 208,31
MT	Cable URD triplex 1/0 15 kV	700	Q113,00	Q79 100,00
MT	Cable URD 1/0 15 kV	70	Q55,00	Q3 850,00
MT	Cable URD 750 15 kV	375	Q242,00	Q90 750,00
II., IV.	Accesorio de derivación de remate, 2 servicios	2	Q540,00	Q1 080,00
V., VII.	Accesorio de derivación de paso, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
VI.	Accesorio de derivación de remate, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600 V	120	Q39,50	Q4 740,00
362772, 134638	Poste 40' clase 2 500	2	Q5 384,00	Q10 768,00
362772, 134638	Bajada primaria 15 kV	2	Q5 552,89	Q11 105,78
	Otros materiales			Q47 000,00
	Mano de obra	1		Q135 000,00
Total				Q542 492,29

Fuente: elaboración propia.

3.5.9. Propuesta 16ª y 17ª calle

A diferencia de las cuadras anteriores, esta se caracteriza por ser pequeña ya que no llega ni a 75 metros. Cabe resaltar que en el lado oeste se encuentra

el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social; sin embargo, se alimenta por el lado de la calle por lo que para la propuesta no se toma en cuenta, únicamente los servicios monofásicos en el lado oeste.

De acuerdo a lo anterior se propone la instalación de un único transformador T1 para alimentación de los 11 servicios monofásicos existentes distribuidos en la figura 48 de la siguiente manera:

- Servicios monofásicos 120/240V (1-6, 8-11)
- Panel múltiple de contadores monofásico 120/240V (7)

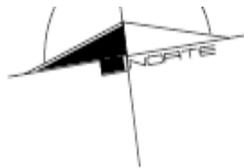
Por tal razón se contemplaron barras de derivación de tres posiciones quedando de la siguiente manera: una entrada trifásica de alimentación que proviene de la cuadra anterior, las otras tres posiciones quedaron previstas para una futura derivación trifásica; mientras que de las últimas tres posiciones, únicamente se utilizará una.

Esta última alimenta el T1 de esta cuadra y T1 de la siguiente cuadra, ya que se alimentarán radialmente debido a que lo permite la característica de los servicios existentes, optimizando costos tanto en la propuesta como en la obra civil.

Para evitar que la línea atraviese la avenida en la 17ª calle, se propone la bajada y subida del cable URD con instalación de anclajes, ya que la topología del lugar lo permite; de manera que la red de distribución que viene sobre la calle pueda rematar antes de la avenida y subir en el otro lado de la calle, utilizando los postes 362696 y 134647.

A continuación, en la figura 48 y la tabla XXII se detalla esta propuesta.

Figura 48. Diseño 16ª y 17ª calle



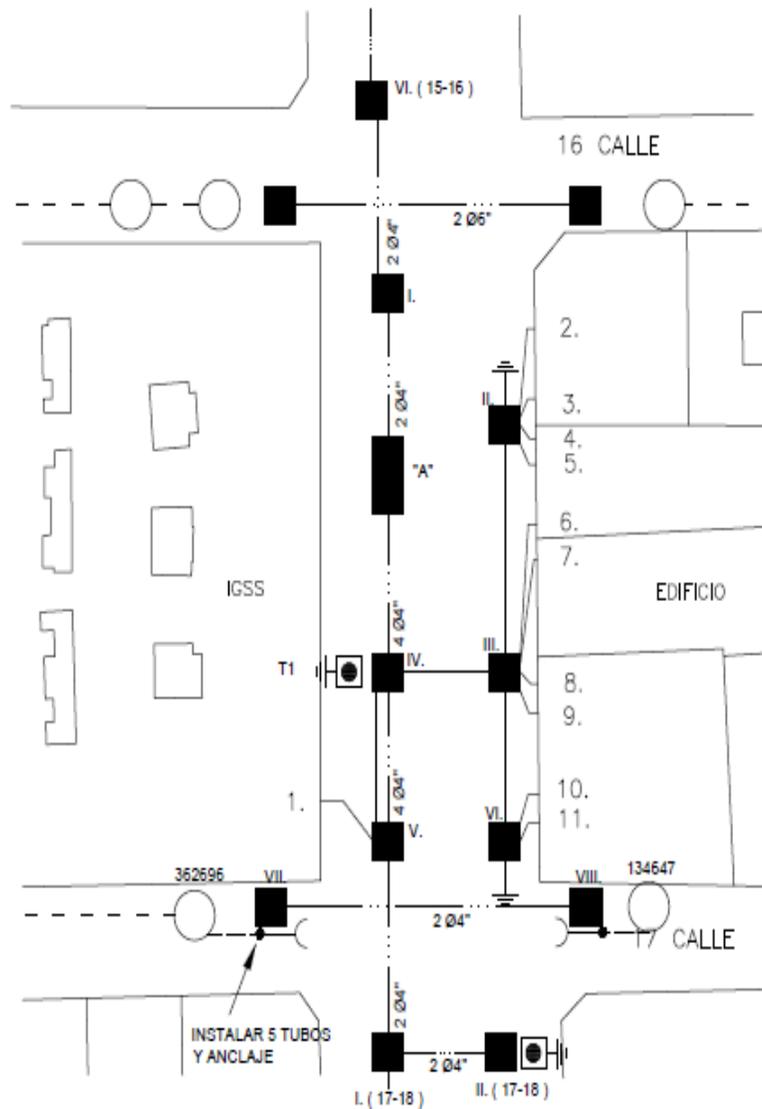
NOTAS

INSTALAR TRANSFORMADOR TIPO PAD MOUNTED 150KV 120/240V EN T1.

T1 DE PASO EN RADIAL CON TRANSFORMADOR EN SIGUIENTE CUADRA T1 (17-18).

INSTALAR 3 BARRAS DE DERIVACION DE 4 POSICIONES EN 'A'.

TENDER PRIMARIO NUEVO 3F Y 1F 1/0 15KV URD EN LA RED.



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Descripción 16ª y 17ª calle

Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T1	Transformador <i>tipo pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	1	Q22 563,60	Q22 563,60
A	Barra de derivación 3 posiciones	3	Q5 532,25	Q16 596,75
MT	Cable URD triplex 1/0 15 kV	90	Q113,00	Q10 170,00
MT	Cable URD 1/0 15 kV	125	Q55,00	Q6 875,00
II., VI.	Accesorio de derivación de remate, 3 servicios	1	Q540,00	Q540,00
III.	Accesorio de derivación de paso, 2 derivaciones, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
IV.	Accesorio de derivación de paso, 2 derivaciones, 2 servicios	1	Q540,00	Q540,00
V.	Accesorio de derivación de remate, 2 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex(2 4/0 + 1 2/0) URD 600V	65	Q113,00	Q7 345,00
362696, 134647	Bajada primara 15 kV	2	Q5 552,89	Q11 105,78
17 Calle	Poste stub para anclaje	2	Q1 225,00	Q2 450,00
	Otros materiales			Q16 000,00
	Mano de obra			Q30 000,00
Total				Q125 266.13

Fuente: elaboración propia.

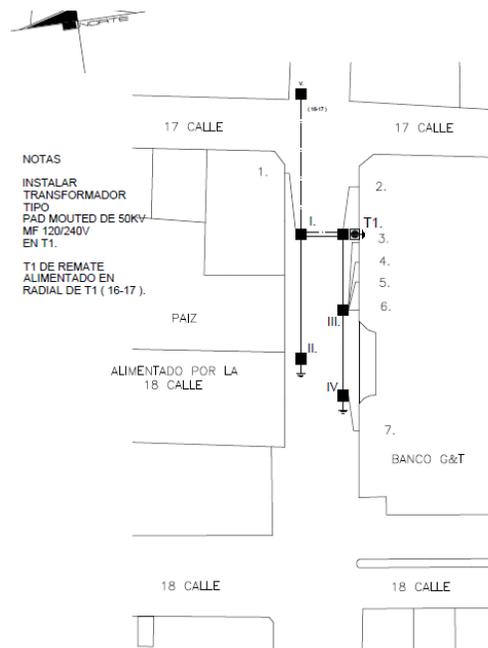
3.5.10. Propuesta 17ª y 18ª calle

Al igual que la cuadra anterior, esta es de dimensiones pequeñas y tiene la característica que colinda con la 18ª calle la cual ha sido la calle más transitada y con mayor comercio en Guatemala. A pesar de esto, esta cuadra actualmente tiene 7 servicios monofásicos únicamente: 6 de estos en el lado este y uno en el

oeste que son alimentados por el T1 como se muestra en la figura 49 y se detalla en la tabla XXIII.

Este T1 viene alimentado del T1 de la cuadra anterior ya que se encuentran en configuración radial cuya alimentación principal es de una de las barras de derivación de la cuadra anterior. A pesar de que prácticamente la mayoría de las cajas servirán para derivar secundario hacia los servicios, estas se harán de las medidas normales ya que puede que en el futuro haya necesidad de derivar en media tensión, para lo cual también se deja previsto el registro II. Cabe resaltar que en el lado oeste de este tramo, se encuentra un supermercado; sin embargo, se alimenta por una de las calles aledañas lo cual contribuye a que la inversión de la propuesta en esta cuadra sea mínima.

Figura 49. **Diseño 17ª y 18ª calle**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Descripción 17ª y 18ª calle

Ubicación	Descripción de materiales	Cantidad	Precio unitario	Precio estimado
T1	Transformador tipo <i>pad mounted</i> 50 kVA 120/240 MF	1	Q22 563,60	Q22 563,60
I.	Accesorio de derivación de paso, 2 servicios	1	Q540,00	Q540,00
II., V.	Accesorio de derivación de remate, 2 servicios	1	Q540,00	Q540,00
III.	Accesorio de derivación de paso, 2 derivaciones, 2 servicios	1	Q540,00	Q540,00
IV.	Accesorio de derivación de paso, 4 servicios	1	Q540,00	Q540,00
BT	Cable triplex (2 4/0 + 1 2/0) URD 600 V	120	Q39,50	Q4 740,00
	Otros materiales			Q7 000,00
	Mano de obra	1		Q15 000,00
Total				Q51 463,60

Fuente: elaboración propia.

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Esta evaluación de costos y financiamiento aglomera todos los factores importantes que ayudan a respaldar económicamente esta propuesta. Se propone que la inversión necesaria para el proyecto sea financiada por la Municipalidad de Guatemala, la empresa distribuidora, la Unesco y las empresas o comercios que se encuentran a lo largo de la avenida; esto debido a que no es un proyecto con retorno de inversión directa, sin embargo, se justifica por su impacto socio-económico.

A continuación se indican los costos de obra civil, acometidas y materiales con mano de obra, los cuales se presentan generalmente por cuadra y la unificación de estos indica la totalidad de la inversión necesaria para el proyecto, sin embargo el detalle de estos costos se detalla en la sección de anexos.

Posterior a la evaluación de costos, se presenta la propuesta de financiamiento de la inversión necesaria para el proyecto. Este financiamiento se propone mediante el aporte de las instituciones mencionadas anteriormente, justificando el porcentaje propuesto para cada una.

4.1. Costos

Para esta propuesta los costos necesarios para el proyecto son de distinto tipo. Los costos de materiales y mano de obra son los más onerosos debido al alto costo de los materiales subterráneos y la instalación de la nueva red así como el retiro de la red aérea. Por otro lado se tiene el costo de obra civil, el cual implica toda la infraestructura para la canalización de cable e instalación de los diferentes materiales y equipos. Por último, se indica el costo de los distintos tipos de

acometidas en baja tensión a lo largo de la avenida, mientras que el costo de las acometidas de media tensión ya se encuentran con canalización subterránea, únicamente será de recanalizar el cable hacia las barras de derivación.

Tomando en cuenta que cada año se incrementa el costo de los servicios y productos y que depende también de los acuerdos que se logren entre los involucrados, la inversión total de esta propuesta tiende a aumentar. Sin embargo, es muy acertada en cuanto al análisis de aportes, impactos y beneficios.

Los diferentes tipos de costos se detallan a continuación:

4.1.1. Costo de materiales y mano de obra

Estos se refieren al costo de todos los materiales y mano de obra necesarios para el proyecto. Ambos costos son estimaciones de acuerdo al promedio que se maneja en el mercado.

Los materiales propuestos detallados en el capítulo anterior son tanto aéreos como subterráneos por la transición necesaria que debe haber entre la red aérea actual que colinda con la avenida y la red subterránea que se propone. Entre los materiales aéreos más significativos se encuentran los postes autosoportados, ya que aparte de ser de mayor diámetro, necesitan fundición de concreto alrededor del poste.

En cuanto a los materiales subterráneos, los de mayor costo son el cable URD con aislamiento para 15 kV, las barras de derivación en media tensión y los transformadores.

A continuación, la tabla XXIV muestra el detalle de la inversión de equipos y materiales eléctricos en general:

Tabla XXIV. **Inversión red eléctrica subterránea**

Calles	Materiales	Mano de obra	Total
8-9	Q235 446,47	Q128 000,00	Q363 446,47
9-10	Q258 963,40	Q135 000,00	Q393 963,40
10-11	Q240 396,11	Q115 000,00	Q355 396,11
11-12	Q120 742,30	Q45 000,00	Q165 742,30
12-13	Q455 371,33	Q185 000,00	Q640 371,33
13-14	Q264 744,29	Q65 000,00	Q329 744,29
14-15	Q310 344,58	Q132 000,00	Q442 344,58
15-16	Q412 492,29	Q165 000,00	Q577 492,29
16-17	Q95 266,13	Q30 000,00	Q125 266,13
17-18	Q36 463,60	Q15 000,00	Q51 463,60
Inversión total	Q2 430 230,50	Q1 015 000,00	Q3 445 230,50

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Costos de acometidas

Dependiendo de cómo se encuentre actualmente la acometida para cada servicio, así será el costo de la nueva acometida subterránea. Prácticamente habrá que hacer una acometida paralela o bien adecuarla de la manera más fácil para realizar un corte y conexión simultáneo del servicio ya sea en media o en baja tensión.

Esta nueva acometida será construida bajo la asesoría de la empresa distribuidora y la dirección del centro histórico de la Municipalidad de Guatemala, ya que se tomarán en cuenta los factores técnicos pero siempre conservando la arquitectura de cada inmueble.

El costo y tipo de cada acometida varía en función de la carga y de la actividad económica de cada usuario. Los costos de las acometidas se evaluaron con base en los diferentes tipos de acometidas que se especifican en el capítulo uno de este documento.

En la tabla XXV se indican los costos estimados de cada tipo de acometida y la cantidad de acometidas por cuadra, mientras que en la sección de anexos se detalla el costo estimado de los materiales necesarios que se utilizan para cada acometida.

Tabla XXV. **Costo de acometidas**

Acometida	Clase 100	Clase 200	Auto contenida	Medición secundaria en <i>pad mounted</i>	PMC	Total
Precio	Q2 395,00	Q3 430,00	Q6 955,00	Q4 505,00	Q6 200,00	
8-9	5			1		Q16 480,00
9-10	24	1	2		2	Q74 820,00
10-11	10			1		Q28 455,00
11-12	7					Q16 765,00
12-13	15			1	1	Q40 430,00
13-14	6		1			Q21 325,00
14-15	18		1		1	Q50 065,00
15-16	14				4	Q33 530,00
16-17	10				1	Q23 950,00
17-18	7					Q16 765,00
Total						Q322 585,00

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Costo de obra civil

Este costo involucra todos los trabajos en lo que se refiere a canalización de tubos, registros tipo H, registros exclusivos para secundario, registros para calibre 750 URD y plataformas para transformadores. Para llevar a cabo la construcción de lo descrito anteriormente y de acuerdo a los diseños presentados, deben romperse banquetas y calles existentes; lo cual se debe realizar con el mayor cuidado posible, ya que pueden existir líneas telefónicas y tubería de conducción de agua potable y drenajes a lo largo del área que involucra la propuesta.

En la tabla XXVI se muestran los costos estimados de obra civil por cada cuadra así como el monto total de inversión necesario para construir la obra civil para el proyecto.

Tabla XXVI. **Costos de obra civil**

Calles	Estimado
8-9	Q150 220,00
9-10	Q169 040,00
10-11	Q172 570,00
11-12	Q94 385,00
12-13	Q246 130,00
13-14	Q201 420,00
14-15	Q225 270,00
15-16	Q235 890,00
16-17	Q116 435,00
17-18	Q74 660,00
Total	Q1 686 020,00

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que los costos estimados anteriormente y la cantidad de unidades de obra civil por cada cuadra se muestran en la sección de anexos. Sin embargo, para tener un mejor panorama de este costo, se propone que un estudiante de Ingeniería civil pueda realizar un estudio para la implementación de esta obra civil; de cualquier manera esto quedará indicado en las recomendaciones de esta propuesta, sobre la cual se hará énfasis para que pueda realizarse dicha evaluación.

4.1.4. Inversión total

De acuerdo a los costos mencionados anteriormente, se presenta en la tabla siguiente.

Tabla XXVII. **Inversión necesaria**

Calle	Acometidas	Obra civil	Materiales	Total
8-9	Q16 480,00	Q150 220,00	Q363 446,47	Q530 146,47
9-10	Q74 820,00	Q169 040,00	Q393 963,40	Q637 823,40
10-11	Q28 455,00	Q172 570,00	Q355 396,11	Q556 421,11
11-12	Q16 765,00	Q94 385,00	Q165 742,30	Q276 892,30
12-13	Q40 430,00	Q246 130,00	Q640 371,33	Q926 931,33
13-14	Q21 325,00	Q201 420,00	Q329 744,29	Q552 489,29
14-15	Q50 065,00	Q225 270,00	Q442 344,58	Q717 679,58
15-16	Q33 530,00	Q235 890,00	Q577 492,29	Q846 912,29
16-17	Q23 950,00	Q116 435,00	Q125 266,13	Q265 651,13
17-18	Q16 765,00	Q74 660,00	Q51 463,60	Q142 888,60
Total	Q322 585,00	Q1 686,020.00	Q3 445 230,50	Q5 453 835,50

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Retiro de red aérea

Los materiales, herrajes y equipos que actualmente componen la red de distribución aérea deben ser retirados cuando se haya realizado la energización de la red subterránea. Este costo ya está incluido en la mano de Obra y para fines de optimización de costos, se contempla que el retiro de los postes y estructuras metálicas se haga con todo y herrajes para que posteriormente en el almacén de la empresa distribuidora puedan desmontarse y clasificarse los materiales.

4.2. Financiamiento

De acuerdo a las secciones anteriores, donde ya se estimó la inversión, necesaria para el proyecto, es necesario proponer el aporte o porcentaje que debe asumir cada una de las instituciones mencionadas anteriormente.

El porcentaje que cada una aporta para el financiamiento de la inversión, se analizó tomando en cuenta los beneficios sociales y económicos que la Municipalidad de Guatemala puede lograr, siendo al mismo tiempo responsabilidad de la misma a través de la Dirección del Centro Histórico. Por otro lado, se propone el aporte de la empresa distribuidora por tratarse de una empresa de servicio público y que con anterioridad ha estado anuente y aportado en proyectos de este tipo.

Adicionalmente se propone solicitar la ayuda internacional de la (ONU) Organización de Naciones Unidas a través de la (UNESCO) Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, ya que uno de los objetivos de esta es orientar a los pueblos para su desarrollo a través de los valores culturales.

También se propone el aporte de las empresas o comercios existentes ya que se beneficiarán con una buena imagen pública por el aporte al proyecto y adicionalmente percibirán en una gran parte el beneficio económico del proyecto, esto se da al aumentar la afluencia de personas y una mayor identificación de la sociedad con la avenida.

Por último y no menos importante para que esta propuesta pueda ser evaluada y tomada en cuenta, será entregada una copia a cada una de las instituciones mencionadas anteriormente.

- Dirección del Centro Histórico: Dependencia de la Municipalidad de Guatemala cuyo principal objetivo es la conservación y recuperación del centro histórico. Cabe mencionar que este departamento es el ejecutor de la instancia interinstitucional de coordinación del *Programa de renovación urbana del centro de la ciudad de Guatemala*, –RenaCentro, el cual está conformado por La Municipalidad de Guatemala, la Universidad de San Carlos de Guatemala, el Instituto Guatemalteco de Turismo (INGUAT) y el Ministerio de Cultura y Deportes. El programa se creó bajo el *Reglamento para la protección y conservación del centro Histórico y los conjuntos históricos de la ciudad de Guatemala*. Este último obedece a un convenio suscrito entre las instituciones mencionadas anteriormente y tomando en cuenta que en el literal 1 del artículo 15 del reglamento último establece que progresivamente deben ser sustituidos los sistemas de tendidos aéreos actuales por sistemas subterráneos; se propone que el aporte de la municipalidad a través de la Dirección del Centro Histórico sea del 40 %, por la misma responsabilidad que esta tiene según el reglamento. Por último, cabe destacar que esta institución es la que más aporta al proyecto tanto en el tema financiero como en su ejecución y coordinación.

- UNESCO: tomando en cuenta que es la unidad de la Organización de las Naciones Unidas que se encarga de la educación, la ciencia y la cultura, se propone que este haga un aporte del 20 % de la inversión total necesaria para el proyecto. El porcentaje mencionado se establece debido a que una de las funciones de esta dependencia de la ONU es la de apoyar la ejecución de proyectos con sentido social y cultural que ayuden al desarrollo de un país a través de la ciencia, la educación y la cultura. De acuerdo a lo anterior y haciendo uso de los derechos que Guatemala posee al ser miembro activo de la ONU, se propone que esta pueda aportar el porcentaje establecido. Dicha solicitud tendrá que ser gestionada ante este organismo como se había mencionado anteriormente por el Departamento del Centro Histórico, y de ser necesario el apoyo del Ministerio de Cultura y Deportes y el Estado de Guatemala.
- Distribuidora adjudicada: se propone que esta realice un aporte que corresponde al 30 % de la totalidad del proyecto. Además de este aporte económico, se propone que la empresa distribuidora brinde la asesoría necesaria tanto para la construcción de todas las acometidas nuevas y obra civil en conjunto con la Municipalidad de Guatemala. Este porcentaje se propone debido a que dicha empresa pertenece a un grupo de empresas municipales de servicio público en Colombia y que con anterioridad ha mostrado anuencia a aportar y apoyar este tipo de proyectos. Adicionalmente no está de más mencionar que se ve beneficiada indirectamente con el incremento de consumo energético en el área por el impacto social y económico que puede generar el proyecto.
- Aportes privados: el aporte financiero que se propone que estos realicen varía en función del costo de inversión de la cuadra donde estos se encuentran; se propone, además, pequeños aportes financieros de

edificios habitacionales, empresas privadas con fines de lucro y comercios pequeños. En el caso de los edificios habitacionales y comercios pequeños el aporte individual no debe ser mayor al 1 %. En el caso de las empresas privadas se propone el aporte de acuerdo a la rentabilidad que la misma tenga, este porcentaje puede variar entre un 1 % y 5 %, ya que estas últimas se verán beneficiadas económicamente con la afluencia de los guatemaltecos a lo largo de la avenida. El porcentaje de aporte de los propietarios, debe ser del 10 % por cuadra y en la totalidad del proyecto, razón por la cual el aporte que corresponde a cada uno depende de cuántos involucrados existen actualmente en cada cuadra.

4.2.1. Aportes por cuadra

Se detallan a continuación los aportes económicos que debe hacer cada involucrado para cubrir el costo de inversión por cada cuadra y el total.

- 8ª y 9ª calle: en esta cuadra existen bastantes comerciales por lo cual el aporte será distribuido de la siguiente manera:

Tabla XXVIII. Aportes 8ª y 9ª calle

8ª y 9ª calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q212 058,59	40 %
UNESCO	Q106 029,29	20 %
Farmacias Batres	Q15 904,39	3 %
C.C Real del Parque	Q15 904,39	3 %
Pizza Hut	Q21 205,86	4 %
Distribuidora	Q159 043,94	30 %
Total	Q530 146,47	100 %

Fuente: elaboración propia.

- 9ª y 10ª calle: al igual que en el tramo anterior, este se caracteriza por tener también comerciales, los cuales deben aportar en conjunto con el gobierno, la UNESCO y la empresa distribuidora como se muestra a continuación en la siguiente tabla:

Tabla XXIX. Aportes 9ª y 10ª calle

9ª y 10ª calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q255 129,36	40 %
Unesco	Q127 564,68	20 %
Astorias	Q12 756,47	2 %
La Paleta	Q12 756,47	2 %
Ferretería El Globo	Q6 378,23	1 %
Rest. El Adobe	Q6 378,23	1 %
BAM	Q25 512,94	4 %
Distribuidora	Q191 347,02	30 %
Total	Q637 823,40	100 %

Fuente: elaboración propia.

- 10-11 Calle: se sigue manteniendo prácticamente el mismo porcentaje de aportes para los involucrados, siempre considerando el porcentaje que cada empresa debe dar.

Tabla XXX. Aportes 10ª y 11ª calle

10ª y 11ª calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q222 568,44	40 %
Unesco	Q111 284,22	20 %
Banco G&T	Q27 821,06	5 %
Restaurante	Q11 128,42	2 %

Continuación de la tabla XXX.

Bar Catrina	Q16 692,63	3 %
Distribuidora	Q166 926,33	30 %
Total	Q556 421,11	100 %

Fuente: elaboración propia.

- 11-12 Calle: a pesar de que algunas empresas que aportan en esta cuadra no se ven alimentadas por la avenida, se propone una cifra considerable que debe aportar debido a su solvencia y prestigio y que se verán beneficiadas por el impacto del proyecto. El análisis queda así:

Tabla XXXI. **Aportes 11^a y 12^a calle**

11 ^a y 12 ^a calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q110 756,92	40 %
Unesco	Q55 378,46	20 %
Banco Industrial	Q22 151,38	8 %
Ministerio Público	Q2 768,92	1 %
Correos de Guatemala	Q2 768,92	1 %
Distribuidora	Q83 067,69	30 %
Total	Q276 892,30	100 %

Fuente: elaboración propia.

- 12^a y 13^a calle: al igual que en la cuadra anterior, se sigue manteniendo la propuesta de aportación económica de empresas prestigiosas con solvencia económica y que con toda seguridad se verán beneficiadas directamente con el impacto que genera el proyecto.

Tabla XXXII. **Aportes 12ª y 13ª calle**

12ª y 13ª calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q370 772,53	40 %
Unesco	Q185 386,27	20 %
Claro Guatemala	Q64 885,19	7 %
Edificio Plaza Centro	Q9 269,31	1 %
Hotel Maya Excelsior	Q9 269,31	1 %
Club Guatemala	Q9 269,31	1 %
Distribuidora	Q278 079,40	30 %
Total	Q926 93,33	100 %

Fuente: elaboración propia.

- 13ª y 14ª calle: en esta cuadra se ve marcada la ausencia de comercios, debido a que gran parte de este tramo lo ocupan grandes inmuebles, por lo cual es necesario aumentar el porcentaje que aportan los principales involucrados y se distribuye de la siguiente manera:

Tabla XXXIII. **Aportes 13ª y 14ª calle**

13ª y 14ª calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q220 995,72	40 %
Unesco	Q110 497,86	20 %
Ministerio de Gobernación	Q38 674,25	7 %
Parqueo	Q16 574,68	3 %
Distribuidora	Q165 746,79	30 %
Total	Q552 489,29	100 %

Fuente: elaboración propia.

- 14-15 calle: para un buen equilibrio económico se incluye en esta cuadra el aporte de algunos edificios de apartamentos y pequeños locales que pueden contribuir con un aporte mínimo y de carácter significativo, tomando en cuenta que a futuro se verán beneficiados con el aumento del comercio en la avenida. Se distribuyen los aportes como se muestra a continuación:

Tabla XXXIV. **Aportes 14ª y 15ª calle**

14ª y 15ª calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q287 071,83	40 %
Unesco	Q143 535,92	20 %
Farmacia Galeno	Q28 707,18	4 %
BAC	Q32 295,58	5 %
Edificio Quevedo	Q3 588,40	1 %
Condominio Suizo	Q3 588,40	1 %
Óptica	Q3 588,40	1 %
Distribuidora	Q215 303,87	30 %
Total	Q717 679,58	100 %

Fuente: elaboración propia.

- 15ª y 16ª calle: a pesar de que en esta cuadra actualmente existen varios comercios y hoteles que pueden ser denominados como pequeña empresa, como involucrados en el proyecto se propone un aporte mínimo de carácter significativo, aunque la expectativa es que estos se vean beneficiados económicamente de forma directa con el impacto que genere el proyecto. Debido a lo anterior se propone el aumento del porcentaje de la Municipalidad de Guatemala de un 40 % a un 45 %, como se muestra en la tabla XXXV:

Tabla XXXV. Aportes 15ª y 16ª calle

15ª y 16ª calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q381 110,53	45 %
Unesco	Q169 382,46	20 %
Hotel Tally	Q8 469,12	1 %
Hotel El Viajante	Q8 469,12	1 %
Edificio Génesis	Q8 469,12	1 %
Ferretería	Q8 469,12	1 %
Parqueo	Q8 469,12	1 %
Distribuidora	Q254 073,69	30 %
Total	Q846 912,29	100 %

Fuente: elaboración propia.

- 16ª y 17ª calle: se retoman los porcentajes establecidos anteriormente y se reparten los restantes entre los comercios de esta cuadra:

Tabla XXXVI. Aportes 16ª y 17ª calle

16ª y 17ª calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q106 260,45	40 %
Unesco	Q53 130,23	20 %
IGSS	Q2 656,51	1 %
Locales comerciales	Q2 656,51	1 %
Farmacias Cruz verde	Q7 969,53	3 %
BAM	Q13 282,56	5 %
Distribuidora	Q79 695,34	30 %
Total	Q265 651,13	100 %

Fuente: elaboración propia.

- 17^a y 18^a calle: al igual que en algunas cuadras anteriores, se proponen aportes de empresas con solvencia económica bastante fuerte, como se observa a continuación:

Tabla XXXVII. **Aportes 17^a y 18^a calle**

17 ^a y 18 ^a calle		
Institución	Aporte	Porcentaje
Municipalidad	Q57 155,44	40 %
Unesco	Q28 577,72	20 %
Paiz	Q6 429,99	5 %
Banco G&T	Q6 429,99	5 %
Depósito productos básicos	Q1 428,89	1 %
Distribuidora	Q42 866,58	30 %
Total	Q142 888,60	100 %

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Detalle de aportes de materiales y equipos de propuesta

Como se pudo observar en la sección anterior, en las tablas se detalló el aporte económico que los involucrados deben asumir por cada cuadra específicamente. Con dicha información se pudo realizar el cuadro general de aportes económicos con el cual se identifican los cuatro principales colaboradores de la propuesta: la Municipalidad de Guatemala, la Unesco, la empresa distribuidora en el área, así como propietarios y empresas privadas que se encuentran a lo largo de la avenida en el área delimitada para la propuesta.

En la tabla XXXVII se observa el aporte que cada entidad debe realizar tanto por cuadra como por toda la propuesta en general. En el rubro de empresas se aglomeraron todas por cuadra con el fin de simplificar este cuadro generalizado.

Se puede observar que el máximo aporte financiero lo asume la Municipalidad de Guatemala a través de la Dirección del Centro Histórico, de acuerdo a lo justificado anteriormente. Al final el porcentaje total que aportará esta institución será del 41 %, este incremento del uno por ciento se debe a que en la 15ª y 16ª calle fue necesario elevar el porcentaje de aporte, ya que esta cuadra es bastante residencial y son mínimos los comercios, por lo cual no se consideró justo recargar el aporte privado.

En el caso de la Unesco, se propone un desembolso del 20 % de la propuesta, debido a que este organismo cuenta con fondos para este tipo de proyectos si se solicita y justifica de una buena manera.

El aporte de la empresa distribuidora asciende a un 30 % ya que como se había mencionado anteriormente esta aportará también todo lo que se refiere a asesoría en las acometidas y obra civil, sin tomar en cuenta también los gastos adicionales para la coordinación de la construcción y energización de la red propuesta.

El aporte del sector privado quedó en un 9 %, este descenso se debió a los porcentajes de aportes en la 15ª y 16ª calle.

Tabla XXXVIII. **Porcentaje de aportes en general**

Calles	Municipalidad	Unesco	Distribuidora	Privado	Total	%
8-9	Q212 058,59	Q106 029,29	Q159 043,94	Q53 014,65	Q530 146,47	10
9-10	Q255 129,36	Q127 564,68	Q191 347,02	Q63 782,34	Q637 823,40	12
10-11	Q222 568,44	Q111 284,22	Q166 926,33	Q55 642,11	Q556 421,11	10
11-12	Q110 756,92	Q55 378,46	Q83 067,69	Q27 689,23	Q276 892,30	5
12-13	Q370 772,53	Q185 386,27	Q278 079,40	Q92 693,13	Q926 931,33	17

Continuación de la tabla XXXVIII.

13-14	Q220 995,72	Q110 497,86	Q165 746,79	Q55 248,93	Q552 489,29	10
14-15	Q287 071,83	Q143 535,92	Q215 303,87	Q71 767,96	Q717 679,58	13
15-16	Q381 110,53	Q169 382,46	Q254 073,69	Q42 345,61	Q846 912,29	16
16-17	Q106 260,45	Q53 130,23	Q79 695,34	Q26 565,11	Q265 651,13	5
17-18	Q57 155,44	Q28 577,72	Q42 866,58	Q14 288,86	Q142 888,60	3
Total	Q2 223 879,81	Q1 090 767,10	Q1 636 150,65	Q503 037,94	Q5 453 835,50	100
%	41 %	20 %	30 %	9 %	100 %	

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Beneficios económicos y sociales de la propuesta

Un claro ejemplo del impacto social y económico que puede causar el mejoramiento de este espacio es el de la sexta avenida. Este lugar se ha convertido en una avenida donde a diario se expresa la cultura guatemalteca y un comercio bastante elevado y popular.

Así pues, lo que se busca con esta propuesta es lograr un espacio donde el ciudadano guatemalteco pueda sentirse identificado al transitar sobre dicha avenida, observando limpiamente la arquitectura de los edificios históricos y emblemáticos que han sido testigos de la cultura guatemalteca con el paso de los años.

Con la propuesta de pasar la red eléctrica aérea a subterránea, se tendría que eliminar también todo el cableado de telefónica y cable, por tal razón en las recomendaciones se propone que un estudiante de ingeniería electrónica realice un estudio para la distribución subterránea de estas líneas ajenas a la energía eléctrica.

Adicionalmente a limpiar el cableado en general, se pretende que haya una propuesta de ampliación de espacio peatonal y diseño de banquetas y espacios para descansar y transitar en esta avenida, por lo cual, también se propondrá en las recomendaciones que se realice una propuesta por parte de un estudiante de la Facultad de Arquitectura, en la cual se proponga el diseño de las banquetas y la avenida para darle un realce mayor, así mismo que en esta propuesta se incluye la iluminación por medio de faroles o lámparas en la avenida, ya que en esta propuesta ya se contemplan espacios para alimentación de este alumbrado.

Tomando en cuenta todo lo anterior, se incrementa el comercio y la afluencia de personas que transitan por esta avenida, lo que repercute directamente en un aumento de oportunidad de mercado para cada negocio existente o nuevo en la avenida.

CONCLUSIONES

1. Los elementos necesarios para una red de distribución subterránea incluyen tanto materiales y equipos eléctricos, como infraestructura de obra civil necesaria para su canalización y montaje.
2. Las redes eléctricas de distribución subterránea representan una tecnología que contribuye a la recuperación y conservación del centro histórico ya que eliminan la contaminación visual.
3. Para continuar con la misma configuración de la red existente, es necesaria la implementación de algunos postes autosoportados; así como bajadas primarias y barras de derivación en cada cuadra, para lograr la transición de la red eléctrica aérea a la red subterránea.
4. Es necesaria la coordinación y supervisión de la construcción de acometidas y obra civil al mismo tiempo, ya que ambas son indispensables para la implementación de este proyecto; y estas deben estar a cargo de la Dirección del Centro Histórico y la distribuidora.
5. La inversión necesaria para el proyecto es de cinco millones cuatrocientos cincuenta y tres mil ochocientos treinta y cinco quetzales con cincuenta centavos (Q5 453 835,50).
6. El beneficio que obtiene el proyecto es de tipo ecológico y social en forma similar a lo ocurrido en la sexta avenida.

RECOMENDACIONES

1. Es importante que como primer paso para tomar en cuenta esta propuesta, la Dirección del Centro Histórico realice una encuesta para determinar la aceptación de los vecinos, empresas y comercios que se encuentran en el área que abarca la propuesta, así como a los principales financistas del proyecto.
2. Realizar un estudio de urbanización e infraestructura actual, para implementar la obra civil de este proyecto por parte de un estudiante de ingeniería civil de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
3. Se recomienda que el financiamiento del proyecto se plantee ante las siguientes instituciones en los porcentajes indicados: Municipalidad de Guatemala 40%, Distribuidora 30 %, UNESCO 20 % y las empresas y comercios un 10 %.
4. Proponer el diseño de una nueva urbanización e iluminación en el área de la propuesta por parte de un estudiante de arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARREAGA ESPINOZA, Ángel Guillermo. *Análisis técnico de las normas aplicadas en Guatemala en el diseño y construcción de subestaciones en centros comerciales, edificios, condominios y construcciones similares hasta 1.00 MVA*. Trabajo de graduación de Ing. Eléctrica. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 171 p.
2. COMISIÓN NACIONAL DE ENERGIA ELÉCTRICA. *Normas Particulares Empresa Eléctrica de Guatemala, S.A.* Guatemala: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, 2004. 36 p.
3. EMPRESA ELÉCTRICA DE GUATEMALA, S.A. *Criterios de diseño para redes subterráneas de distribución de energía eléctrica en media y baja tensión hasta 13.2 kV*. Guatemala: EEGSA, 2015. 67 p.
4. GUERRERO SPINOLA DE LOPEZ, Alba Maritza. *Formulación y evaluación de proyectos*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 114 p.
5. MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA. Departamento del Centro Histórico. *Reglamento para la protección y conservación del Centro Histórico y los Conjuntos Históricos de la ciudad de Guatemala*. Guatemala: Municipalidad de Guatemala, 2001. 7 p.

6. RIVAS TOME, Fernando. *Diseño y Cálculo de la red de distribución subterránea eléctrica del fraccionamiento punta Caracol*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Electricista. Coatzacoalcos, Veracruz: Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería, 2012. 92 p.

7. PROELCA. *Catálogo de cajas para medición y accesorios*. Guatemala: Proelca, 2015. 35 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Costos individuales estimados de obra civil**

Obra Civil	Precio
Metro lineal HG 4"	Q650,00
Metro lineal HG 6"	Q1 055,00
Metro lineal PVC	Q520,00
Cajas de registro H	Q3 500,00
Cajas de registro para derivación en media tensión	Q5 800,00
Cajas de registro exc. Secundario	Q675,00
Bajadas primarias	Q5 700,00
Plataformas transformador	Q635,00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Costos estimados de acometidas en baja tensión**

Clase 100	
Material	Precio
Varilla de cobre	Q95,00
Cable	Q100,00
Obra civil	Q500,00
Tubo HG	Q200,00
Caja Socket	Q300,00
Mano de obra	Q500,00
Otros materiales	Q700,00
Total	Q2 395,00

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 2.

Clase 200	
Material	Precio
Varilla de cobre	Q105,00
Cable	Q225,00
Obra civil	Q500,00
Tubo HG	Q700,00
Caja socket	Q450,00
Mano de obra	Q600,00
Otros materiales	Q850,00
Total	Q3,430,00

Fuente: elaboración propia.

Auto contenida (hasta 69 kW)	
Material	Precio
Varilla de cobre	Q105,00
Cable	Q350,00
Obra civil	Q600,00
Tubo HG	Q2,500,00
Caja socket	Q850,00
Mano de obra	Q700,00
Otros materiales	Q1 850,00
Total	Q6 955,00

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 2.

Medición secundaria en <i>Pad mounted</i>	
Material	Precio
Tubo HG	Q2 800,00
Varilla de cobre	Q105,00
Cable	Q500,00
Mano de obra	Q500,00
Otros materiales	Q600,00
Total	Q4 505,00

Fuente: elaboración propia.

PMC	
Material	Precio
Cable	Q2 000,00
Tubo HG	Q2 900,00
Mano de obra	Q1 300,00
Total	Q6 200,00

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. **Reglamento para la protección y conservación del centro histórico y los conjuntos históricos de la ciudad de Guatemala.**

Artículo 15.- INFRAESTRUCTURA, MOBILIARIO Y EQUIPAMIENTO URBANOS. La infraestructura, el mobiliario y el equipamiento urbano quedan sujetos a lo siguiente:

1. Toda instalación de redes y sistemas de infraestructura en las vías públicas y espacios abiertos del Centro Histórico de la Ciudad de Guatemala, incluidas las áreas de amortiguamiento de éste, deberán construirse subterráneamente, debiendo substituirse progresivamente los sistemas de tendidos aéreos actuales.

Fuente: Municipalidad de Guatemala. *Reglamento para la protección y conservación del Centro Histórico y los Conjuntos Históricos de la ciudad de Guatemala.* 7 p

