



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

**ESTUDIO DE MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA DE LA  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**

**Carlos Alberto Fuentes Juarez**  
Asesorado por el Ing. Rudy Manfredo Cifuentes

Guatemala, noviembre de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA DE LA  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**CARLOS ALBERTO FUENTES JUAREZ**  
ASESORADO POR EL ING. RUDY MANFREDO CIFUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Milton de León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultan Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

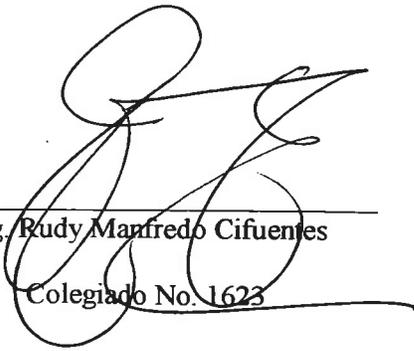
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Fernando Moscoso Lira
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco
EXAMINADOR	Ing. Erwin Segura
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

Guatemala 8 de Septiembre de 2008

Ingeniero Bedolla  
Coordinador del Área de Potencia  
Facultad de Ingeniería

Es un gusto saludarle, esperando que se encuentre bien. El motivo de la presente es para hacer de su conocimiento que el estudiante Carlos Alberto Fuentes Juárez con Número de Carne 200212353, ha terminado su trabajo de tesis titulado ESTUDIO DE MOMENTOS DE CARGA ELECTRICA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12. Trabajo de Graduación que fue revisado por el ingeniero electricista Rudy Manfredó Cifuentes, por lo que el autor de la obra y yo nos hacemos responsables por el contenido de la misma. Sin nada más que notificar, se extiende la presente.

Atentamente;



---

Ing. Rudy Manfredó Cifuentes

Colegiado No. 1623



Guatemala, 21 de OCTUBRE 2008.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:  
ESTUDIO DE MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA DE LA  
CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12, del estudiante; Carlos  
Alberto Fuentes Juárez. que cumple con los requisitos establecidos  
para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ATENTAMENTE A TODOS

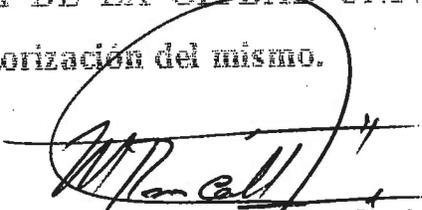
Ing. José Guillermo Redoya Barrios  
Coordinador Área de Potencia



JGBB/sro



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; Carlos Alberto Fuentes Juárez, titulado: ESTUDIO DE MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12, procede a la autorización del mismo.

  
Ing. Mario Renato Escobedo Martínez  
DIRECTOR



GUATEMALA, 23 DE OCTUBRE 2008.



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: **ESTUDIO DE MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Alberto Fuentes Juárez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympe Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, noviembre de 2008



/gdech

# ***ACTO QUE DEDICO A:***

*Con todo mi cariño, admiración y respeto:*

*Mis padres*

*Carlos Alberto Fuentes Cifuentes  
Miriam Eugenia Juárez de Fuentes*

*Mis Hermanos*

*Víctor Josué Fuentes Juárez  
Rosa Eugenia Fuentes Juárez*

*Ya que por ellos siempre he tenido grandes motivos para seguir adelante.*

## ***AGRADECIMIENTOS A:***

Antes que a nadie y sobre todas las cosas, agradezco a Dios por acompañarme con su presencia durante todos los días de mi vida, darme las bendiciones y el conocimiento necesario para poder llegar hasta donde ahora me encuentro.

### ***Familia***

Mi papa Carlos Alberto Fuentes Cifuentes, por su ejemplo como profesional, dedicación y constancia incansable, sus consejos, cariño y apoyo constante

Mi madre Miriam Eugenia Juárez de Fuentes, por su apoyo incondicional e ilusión de verme hoy aquí presente, por su cariño de madre y bendiciones.

Mi tío Manuel Humberto Juárez Cárdenas, por su apoyo durante mi etapa de estudiante y el emprendimiento de mi carrera profesional.

Mis hermanos, por su cariño y ayuda brindada en todo momento en forma incondicional.

Mis primos Herman Juárez, Ronald Juárez, y a todos en general

Mi familia en general tíos, abuelitos, quienes son fuente de inspiración profesional.

### ***Amigos***

Mis amigos y compañeros de escuela, Daniel Polanco, Leonel Leal, Juan Valle Gelbert Juárez, Javier Noriega, por toda la ayuda prestada durante la carrera y para la realización de este trabajo, en especial a Sergio Aldana, María José Carrillo, a mis amigos con los cuales compartimos momentos especiales, muchas gracias

### ***Profesionales***

De manera particular, agradezco sinceramente la disposición de apoyarme en mi emprendimiento como profesional, persona digna de admiración al Lic. Carlos René Sierra Romero ,

Ing Rudy Manfredo Cifuentes, por su asesoría e invaluable paciencia para la culminación a buen término de este trabajo de graduación.

Ing. Guillermo Bedoya, por el apoyo brindado en la parte final de mi carrera , sus valiosas enseñanzas y su ejemplo de desempeño profesional.

Mis amigos y compañeros de trabajo de la División de Servicios Generales



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XVII</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XXI</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>1. ENERGÍA Y POTENCIA ELÉCTRICA</b>	
1.1 Principios básicos Energía y Potencia eléctrica.....	1
1.2 Fundamentos de Transmisión y Distribución.....	8
1.2.1 Definición General de los Sistemas de Transmisión... 8	
1.2.2 Definición de los Sistemas de Distribución.....	9
1.3 Subestaciones Eléctricas.....	13
1.3.1 Definición del concepto de Subestación.....	13
1.3.2 Distintos tipos de Subestaciones.....	14
1.3.3 Elementos Constitutivos de una Subestación.....	15
<b>2. MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA</b>	
2.1 Concepto de Momentos de Carga Eléctrica.....	17
2.1.1 Que es un Momento de Carga?.....	17
2.1.2 Definición de fórmulas de momento de carga eléctrica....	17
2.1.3 Cálculo de los Momentos de Carga.....	18
2.1.4 Cálculo de las coordenadas del centro de carga.....	19
2.1.5 Ejemplos y generalidades.....	20
2.1.5.1 Pasos a seguir para la realización del estudio de Momentos de Carga Eléctrico.....	21



**3. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS PUNTOS DE DEMANDA ELÉCTRICA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA**

3.1 Información geográfica USAC ciudad Universitaria.....	33
3.2 Estudio de Facturación de las Cargas Eléctricas de la Ciudad Universitaria.....	35
3.3 Información técnica de los distintos puntos de Carga.....	39

**4. MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA CIUDAD UNIVERSITARIA.**

4.1 Punto de referencia para el Estudio de Momentos de Carga Eléctrico.....	43
4.2 Cuadrícula a escala 500X500mts en el Área.....	44
4.3 Puntos de Carga Eléctrica en Ciudad Universitaria.....	45
4.4 Coordenadas de los distintos puntos de Carga Eléctrica.....	52
4.5 Información respectiva de demanda eléctrica actual y demanda eléctrica de hace 5 años, según Empresa Eléctrica de Guatemala.....	55
4.6 Localización Geográfica de la Subestación Eléctrica General.....	59
4.6.1 Operatoria.....	59
4.6.2 Cálculo de coordenadas.....	62
4.7 Ubicación general .....	63

**5. MOMENTOS DE CARGA SECTORIZADOS**

5.1 Momento de Carga en el cuadrante 1.....	66
5.2 Momento de Carga en el cuadrante 2.....	70
5.3 Momento de Carga en el cuadrante 5.....	75
5.4 Momento de Carga en el cuadrante 6.....	79



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

<b>CONCLUSIONES</b> .....	97
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	99
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	101
<b>ANEXO</b> .....	103



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---



## INDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Componentes Activa y Reactiva de la Intensidad.....	5
2	Relación entre potencia Activa Aparente y Reactiva.....	6
3	Mapa general de la Ciudad Real de España.....	22
4	Punto de referencia de la Ciudad Real de España.....	23
5	Cuadrícula de la Ciudad Real de España.....	24
6	Puntos de Carga Eléctrica de la Ciudad Real de España.....	25
7	Coordenada del Momento de Carga Eléctrica.....	31
8	Mapa General de la Ciudad Universitaria Zona 12.....	33
9	Mapa General de la distribución de fincas de la Ciudad Universitaria.....	34
10	Punto de referencia de la Ciudad Universitaria.....	43
11	Cuadrícula de la Ciudad Universitaria.....	44
12	Puntos de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria.....	45
13	Cuadrantes del mapa de la Ciudad Universitaria.....	46
14	Cuadrante No.1.....	47
15	Cuadrante No.2.....	48
16	Cuadrante No.5.....	49
17	Cuadrante No.6.....	50
18	Cuadrante No.9.....	51
19	Ubicación Geográfica de la Subestación Eléctrica.....	63
20	Puntos de Carga en el Cuadrante No.1.....	66
21	Ubicación del Momento de carga en el Cuadrante 1.....	69
22	Puntos de Carga en el Cuadrante No.2.....	70
23	Ubicación de Momento de carga en el cuadrante 2 .....	74
24	Puntos de Carga en el Cuadrante No.5.....	75



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

25	Ubicación del Momento de carga en el cuadrante 5.....	78
26	Puntos de Carga en el Cuadrante No.6.....	79
27	Ubicación del Momento de Carga en el Cuadrante 6.....	82
28	Ubicación Geográfica de Momentos de Carga Eléctrica.....	83
29	Distribución de líneas de distribución 13.2KV.....	86
30	Distribución de subestaciones existentes.....	87
31	Red de distribución propuesta.....	91
32	Plano de Ubicación de Red propuesta y Red Existente.....	94
33	Plano general de reubicación de Las Subestaciones.....	95



## TABLAS

I	Coordenadas de los Puntos de Carga de la Ciudad Real.....	26
II	Información de Demandas Eléctrica Ciudad Real.....	27
III	Costos de facturación.....	35
IV	Información técnica de Puntos de Carga Ciudad Universitaria.....	39
V	Coordenadas de Puntos de Carga en la Ciudad Universitaria.....	52
VI	Información de Demandas Eléctricas .....	55
VII	Puntos de Carga en el Cuadrante 1.....	67
VIII	Puntos de Carga en el Cuadrante 2.....	71
IX	Puntos de Carga en el Cuadrante 5.....	76
X	Puntos de Carga en el Cuadrante 6.....	80



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---



### LISTA DE SÍMBOLOS

$\int$	Integral.
dt	Diferencial de Tiempo.
$V_0$	Voltaje Inicial
$V(t)$	Voltaje en función del Tiempo
$I(t)$	Corriente en Función del Tiempo.
$\omega$	Velocidad Radial
$\Phi$	Ángulo de Potencia
$P(t)$	Potencia en Función, del Tiempo
J	Componente Imaginaria
S	Potencia Aparente
P	Potencia Activa
Q	Potencia Reactiva
Z	Impedancia.
$DX_X$	es la distancia en el eje x



$DY\_Y$  es la distancia en el eje y

$KVA$  es el crecimiento de la demanda durante los 5 o 10 años este valor esta descrito en tablas como la diferencia de demandas  $\Delta D$

$\sum(KVA \times DX\_X)$  Es la sumatoria aritmética de multiplicar los KVA que se incrementò la carga por la distancia, en el eje X

$\sum(KVA \times DY\_Y)$  Es la sumatoria aritmética de multiplicar los KVA que se incrementò la carga por la distancia, en el eje Y.

$Mx$  es el Momento de Carga en el eje X

$My$  es el Momento de Carga en el eje Y

$Xcc$  *Coordenada en el eje X*

$Ycc$  *Coordenada en el eje Y*



## GLOSARIO

Acometida	es el conjunto de conductores y componentes que conectan los servicios de la empresa suministradora o los sistemas eléctricos de las diferentes propiedades públicas o privadas en un punto de entrega. Estas pueden ser aéreas o subterráneas según se requiera.
Auto Cad	Programa utilizado para dibujo y manipulación de parámetros dimensionales.
Capacitores	es un dispositivo que almacena Energía Eléctrica en forma de campo eléctrico.
Carga Eléctrica	Valor equivalente de la demanda eléctrica de cualquier tipo ya sea a nivel residencial, comercial, industrial.
Centro de Carga	Es el valor equivalente de una distribución general de cargas eléctricas
Ciudad Universitaria	Se designa a el área territorial de la Universidad de San Carlos de Guatemala ubicada en la Zona 12 del Municipio de Guatemala.
Coordenada Cartesianas	Sistema de coordenadas formadas por un eje en la recta, por dos ejes en el plano, tres en el espacio, mutuamente perpendiculares que se cortan en el origen.



Corriente	Es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de los electrones por el interior del material. Se mide en Amperios y se indica con el símbolo A.
Cuadrante positivo	Es el plano definido por la recta positiva del eje X y la recta positiva del eje Y en un plano cartesiano.
Diferencial de tiempo	Es la velocidad a la que transcurre un tiempo determinado
Distribución Eléctrica	Tercer elemento del Siclo eléctrico o etapa final donde la energía eléctrica es distribuida a los consumidores.
DSG.	División de Servicios Generales de la Universidad de San Carlos de Guatemala
Energía Eléctrica	Energía Producida por la diferencia de Potencial y el Movimiento de Cargas Eléctricas.
Empresa Eléctrica Distribuidora	Empresas cuyo fin es la distribución de la energía eléctrica a los usuarios o consumidores con sus respectivas normas y reglas.
Escala	Consiste en los procedimientos para asignarles números u otros símbolos a las propiedades de un objeto, con el fin de impartirles algunas características numéricas a las propiedades en cuestión.



Escalímetro	es una regla especial cuya sección transversal tiene forma prismática con el objeto de contener diferentes escalas en la misma regla. Se emplea frecuentemente para medir en dibujos que contienen diversas escalas. En su borde contiene un rango con escalas calibradas y basta con girar sobre su eje longitudinal para ver la escala apropiada.
Fusibles	un dispositivo. Constituido por un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de Corriente Eléctrica supere un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación ya sea por sobrecarga o un cortocircuito.
Hoja de cálculo	Tablas de tipo digital que pueden ser modificadas y operadas de forma textual y matemática.
Interruptor	Dispositivo eléctrico que sirve para conectar y desconectar partes de instalación de equipos, tanto cuando existen o cuando no existen averías en los mismos o sea también en caso de cortocircuito
KVA	Dimensional de la Potencia Eléctrica aparente dada en voltios – amperios y con exponente numero 3.
KVAR	Dimensional de la Potencia Eléctrica Reactiva dada en voltios – amperios – resistencia y con exponente número 3.



Mediciones Eléctricas	Es medición de los distintos parámetros involucrados en el proceso dinámico y estático de la electricidad como son voltaje, corriente, frecuencia, etc.
Momento	Operadores que unifican el cálculo de las medidas de posición, dispersión y forma permitiendo diferenciar a una distribución de otra.
Número de contador	Es el numero que identifica un contador en particular en un sistema de distribución eléctrica.
Número de punto	Es el número entero asignado a cada número de contador para el estudio sencillo de los puntos de carga eléctrico.
Potencia	es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.
Potencia Activa	Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la Energía Eléctrica en trabajo.
Potencia Aparente	La potencia aparente (también llamada compleja) de un circuito eléctrico de corriente alterna es la suma (vectorial) de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de Calor o Trabajo y la Energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes que fluctuara entre estos componentes y la fuente de energía.



Potencia Reactiva	Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil. Por ello que se dice que es una potencia <i>desvatada</i> (no produce vatios), se mide en Voltamperio reactivos ( <b>VAR</b> ) y se designa con la letra <b>Q</b> .
Proyect	Programa utilizado para dibujo y manipulación de parámetros dimensionales.
Punto de Carga Eléctrica	punto definido por posición e identificación particular de la demanda eléctrica en una coordenada determinada.
Punto de Referencia	Punto asignado en un plano o un espacio el cual sirve de referencia u origen para todos los demás puntos o posiciones.
Rectificadores	Convierten Corriente alterna (AC) a Corriente Directa (CC).
Resistencia	Se denomina <b>resistencia eléctrica</b> , $R$ , de una sustancia, a la oposición que encuentra la corriente eléctrica para circular a través de dicha sustancia. Su valor viene dado en ohmio, se designa con la letra griega omega ( $\Omega$ ).



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

Seccionadores	Sirven en General para dejar sin tensión eléctrica de modo visible por separación de cuchillas
SEP.	Abreviatura de un Sistema Eléctrico de Potencia
Subestación Eléctrica	Conjunto de Elementos o Dispositivos Eléctricos utilizados para un fin determinado.
Sumatoria Aritmética	Es la Suma de Todos los Valores de una distribución de datos tomando en cuenta la ley aritmética de signos.
Tipo de Servicio.	Se refiere a si el servicio Eléctrico es de tipo Trifásico o Monofásico.
Trabajo	es una magnitud que da información sobre la diferencia de energía que manifiesta un cuerpo al pasar entre dos estados.
Transformador	Se denomina transformador a una maquina que permite aumentar o disminuir el voltaje en un circuito eléctrico de Corriente Alterna, manteniendo la frecuencia.



## RESUMEN

### ENERGÍA Y POTENCIA ELÉCTRICA.

El presente trabajo de Investigación contiene generalidades y definiciones de lo que es Energía y Potencia Eléctrica congruentes con lo necesario para el estudio y la comprensión generalizada de lo que significa cada uno de estos dos fenómenos y las variables inmersas en su comportamientos físicos, así también los distintos tipos de potencia como los son potencia en corriente continua, definiciones matemáticas de potencia en corriente alterna y sus respectivas componentes como lo son potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y una breve descripción de potencia en sistemas trifásicos.

Fundamentos de transmisión y distribución.

Definiciones de sistemas de transmisión y sistemas de distribución eléctrica.

Clasificación de los sistemas de distribución.

Elementos que definen un sistema de distribución.

Características y parámetros inmersos en un sistema de distribución como factor de potencia, factor de carga, demanda media, demanda máxima, etc.

Subestaciones Eléctricas

En esta etapa conceptual del trabajo de graduación se indican las definiciones, tipos, y elementos constitutivos de una subestación eléctrica de una manera generalizada y sencilla.

### MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA.

El tema de Momentos es un tema muy amplio y funcional en la rama de la Estadística Descriptiva, la cual ha definido varias teorías acerca de los momentos estadísticos, los cuales se fundamentan en variables de posición y dispersión respecto a un origen o a una variable en especial, en esta



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

investigación se define particularmente lo que es un Momento de Carga eléctrico, cuyo objetivo es definir la posición ideal para la construcción de una subestación en un área determinada, donde existe una distribución de cargas eléctricas que abarcan un área determinada.

Para la comprensión sencilla de lo que implica la realización de un estudio de Momentos de Carga Eléctrica, se logró realizar de forma sencilla y generalizada un ejemplo de la realización de dicho estudio en la Ciudad Real de España con cargas eléctricas colocadas de tal manera que el lector pueda observar paso a paso, las etapas de la realización de dicho estudio para posteriormente lograr la perfecta comprensión de la realización de El estudio de Momentos de Carga eléctrica realizado en El Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

INFORMACION GENERAL DE LOS PUNTOS DE DEMANDA ELÈCTRICA DE  
LA CIUDAD UNIVERSITARIA Y REALIZACIÒN DEL ESTUDIO DE  
MOMENTOS DE CARGA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA

Información geográfica USAC ciudad Universitaria en esta sección se mencionan las características geográficas, el plano general, el plano de distribución de las fincas del área donde está ubicada la Ciudad Universitaria de la Zona 12 en el Municipio de Guatemala.

En esta sección del estudio se hace mención de las características individuales de cada punto de carga eléctrica como son: el número de contador, voltaje, tipo de servicio, ubicación, y las fotografías que corresponden a cada contador de distribución eléctrica ubicados dentro del área que corresponde a la Ciudad Universitaria.

Tablas técnicas de los puntos de carga.

En las tablas que corresponden a esta etapa de la investigación se encuentra información recabada por visitas de campo e información proporcionada por la Empresa Eléctrica de Guatemala cuya información corresponde a:

- ◆ Demanda actual en cada punto de carga eléctrica.



- ◆ Demanda existente 5 años atrás en cada punto de carga
- ◆ Tipo de servicio de cada punto de carga.
- ◆ Voltaje
- ◆ Números de contador.

Gráficas descriptivas del proceso.

En estas Gráficas se logra observar de manera ilustrativa la realización de la investigación, para que el lector logre la perfecta comprensión del proceso el cual consiste en establecer el punto de referencia, la cuadrícula a escala correspondiente, Ubicación General de los Puntos de Carga Eléctrica, y ubicación general de la subestación. Así también se realizó por medio de herramientas fotográficas la perfecta descripción fotográfica del área por el cual se realizó dicha investigación.

Operatoria.

La operatoria matemática que conlleva el proceso, se realizó con base a las formulas definidas con anterioridad y se observa el proceso operatorio hasta llegar a conocer los valores de las variables que definen el estudio de Momentos de Carga Eléctrica con una exactitud de dos decimales basado en los datos proporcionados por la Empresa Eléctrica de Guatemala y la información adquirida en campo.

Momentos de Carga sectorizados.



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---



## **OBJETIVOS**

### ➤ **GENERAL:**

Obtener la Ubicación Geográfica Ideal para la Construcción de una Subestación o de varias subestaciones Eléctricas de Distribución dentro de la Ciudad Universitaria Zona 12 de la Universidad de San Carlos de Guatemala por medio de el procedimiento de el estudio de Momentos de Carga Eléctrica general y sectorizado.

### ➤ **ESPECÍFICOS:**

1. Localización geográfica de los puntos de demanda eléctrica dentro de la Ciudad Universitaria.
2. Obtener Información de las demandas eléctricas de cada punto de Carga Eléctrica.
3. Realización sistemática del estudio de Momentos de Carga Eléctrica a nivel general.
4. Realización del estudio de Momentos de Carga Eléctrica Sectorizados.



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---



## **INTRODUCCION.**

El presente trabajo de graduación es una investigación de campo del estudio de los Momentos de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria Zona 12, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en esta investigación se recabó información, mediante la exploración y análisis de todos los puntos de demanda eléctrica que existen dentro del área, que abarca la Ciudad Universitaria, esta información es completamente verídica basada en el apoyo de todos los entes involucrados como lo son la Empresa Eléctrica de Guatemala y la División de Servicios Generales de la Universidad, los cuales son organismos que llevan a cabo las actividades de mantenimiento y estudios de lo que es el sistema eléctrico universitario.

Basados en que el objetivo fundamental de este trabajo de graduación es encontrar el punto ideal de construcción de una Subestación Eléctrica General que provee del Servicio Eléctrico a todos los consumidores dentro del campus, se llevó a cabo de una forma sencilla y de manera muy ilustrada lo que fue la realización de dicho estudio, el cual no es mas que la recaudación de información necesaria y específica, que por medio de procedimientos que se ilustran en este trabajo de graduación podemos llegar a obtener la localización idónea de Dicha Subestación, lo cual es un primer paso en la planeación futura de un proyecto de dicha envergadura.

En dicha investigación se obtuvo información de demanda eléctrica así como las ubicaciones respectivas de los puntos de carga eléctrica de la Ciudad Universitaria e información complementaria y relacionada con el tema, además se incluye un ejemplo sistemático paso a paso para la realización general del Estudio de Momentos de Carga para que el lector o estudiante pueda aplicarlo



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

de una manera sencilla y eficiente como primer paso a la planeación de proyectos de Subestaciones Eléctricas de distribución en todos los niveles.



## 1. ENERGÍA Y POTENCIA ELÉCTRICA

### 1.1 Principios básicos Energía y Potencia Eléctrica

Energía Eléctrica. Los físicos definen la palabra energía como la cantidad de trabajo que un sistema físico es capaz de producir. La energía, de acuerdo con la definición de los físicos, trasladado a su forma eléctrica es la cantidad de trabajo que se requiere para mover cargas eléctricas de un punto a otro durante un tiempo determinado, sin embargo la energía puede ser convertida o transferida en diferentes formas: la energía cinética del movimiento de las moléculas de aire puede ser convertida en energía rotacional por el rotor de una turbina eólica, que a su vez puede ser convertida en energía eléctrica por el generador de la turbina eólica. En cada conversión de energía, parte de la energía proveniente de la fuente es convertida en energía calorífica.

Fórmula 1

$$E = \int P dt$$

Donde:

P=Potencia (watt)

dt=Diferencial de tiempo

Potencia eléctrica. La potencia se aplica a cualquier proceso de transferencia energética. En electricidad existen dos tipos de potencias, potencia de corriente continua y potencia de corriente Alterna.



Potencia en Corriente Continua (DC). Cuando se trata de corriente continua (DC) la potencia eléctrica desarrollada en un cierto instante por un dispositivo de dos terminales es el producto de la diferencia de potencial entre dichos terminales y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo. Esto es,

Fórmula 2

$$P = V \cdot I$$

Donde:

P= Valor Instantaneo de Potencia (Watts)

V= Valor Instantaneo de Voltaje (Voltios)

I=Valor Instantaneo de Corriente (Amperios)

Igual definición se aplica cuando se consideran valores promedio para I, V y P.

Cuando el dispositivo es una resistencia de valor R o se puede calcular la resistencia equivalente del dispositivo, la potencia también puede calcularse como:

Fórmula 3

$$P = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R}$$

Donde:

R= Valor Instantáneo de Resistencia (ohmios)



Potencia en corriente alterna (AC). Cuando se trata de corriente alterna (AC) sinusoidal, el promedio de potencia eléctrica desarrollada por un dispositivo de dos terminales es una función de los valores eficaces o valores cuadráticos medios, de la diferencia de potencial entre los terminales y de la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo.

En el caso de un receptor de carácter inductivo (caso más común) al que se aplica una tensión  $v(t)$  de pulsación  $\omega$  y valor de pico  $V_0$  resulta:

Fórmula 4

$$v(t) = V_0 \cdot \sin(\omega t)$$

Esto provocará una corriente  $i(t)$  retrasada un ángulo  $\phi$  respecto de la tensión aplicada:

Fórmula 5

$$i(t) = I_0 \cdot \sin(\omega t - \phi)$$

La potencia instantánea vendrá dada como el producto de las expresiones anteriores:

Fórmula 6

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \sin(\omega t) \cdot \sin(\omega t - \phi)$$

Mediante trigonometría, la anterior expresión puede transformarse en la siguiente:

Fórmula 7

$$p(t) = V_0 \cdot I_0 \frac{\cos(\phi) - \cos(2\omega t - \phi)}{2}$$



Y sustituyendo los valores de pico por los eficaces:

Fórmula 8

$$p(t) = V \cdot I \cos(\phi) - V \cdot I \cos(2\omega t - \phi)$$

Se obtiene así para la potencia un valor constante,  $V I \cos(\phi)$  y otro variable con el tiempo,  $V I \cos(2\omega t - \phi)$ . Al primer valor se le denomina potencia activa y al segundo potencia fluctuante.

Al ser la potencia fluctuante de forma senoidal, su valor medio será cero. Para entender mejor qué es la potencia fluctuante, imaginemos un receptor que sólo tuviera potencia de este tipo. Ello sólo es posible si  $\phi = \pm 90^\circ$  ( $\cos \pm 90^\circ = 0$ ), quedando

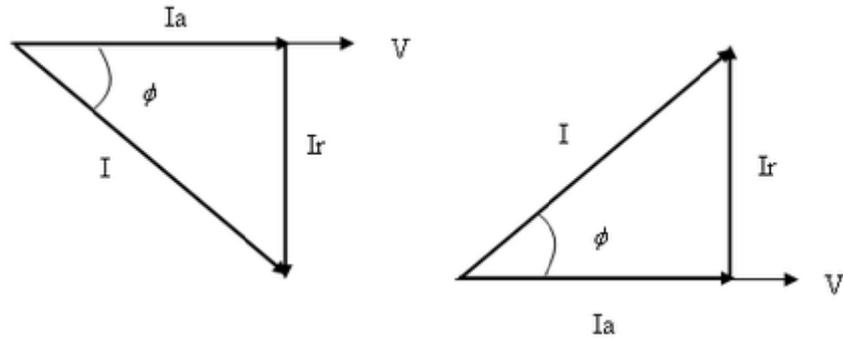
Fórmula 9

$$p(t) = V \cdot I \cos(2\omega t - \phi)$$

Caso que corresponde a un circuito inductivo puro o capacitivo puro. Por lo tanto la potencia fluctuante es la debida a las bobinas y a los condensadores. Efectivamente, las bobinas o los condensadores (ideales) no consumen energía sino que la "entretienen". La bobina almacena la energía en forma de campo magnético cuando la corriente aumenta y la devuelve cuando disminuye, y el condensador almacena la energía en forma de campo eléctrico cuando se carga y la devuelve cuando se descarga.



Figura 1. Componentes activa y reactiva de la intensidad



Fuente: Wikipedia.com

Consideremos un circuito de C. A. en el que la corriente y la tensión tienen un desfase  $\phi$ . Se define componente activa de la intensidad,  $I_a$ , a la componente de ésta que está en fase con la tensión, y componente reactiva,  $I_r$ , a la que está en cuadratura con ella (véase Figura 1). Sus valores son

Fórmula 10

$$I_a = I \cdot \cos \phi$$

Fórmula 11

$$I_r = I \cdot \sin \phi$$

El producto de la intensidad,  $I$ , y las de sus componentes activa,  $I_a$ , y reactiva,  $I_r$ , por la tensión,  $V$ , da como resultado las potencias aparente ( $S$ ), activa ( $P$ ) y reactiva ( $Q$ ), respectivamente:

Fórmula 12

$$S = I \cdot V$$

Fórmula 13

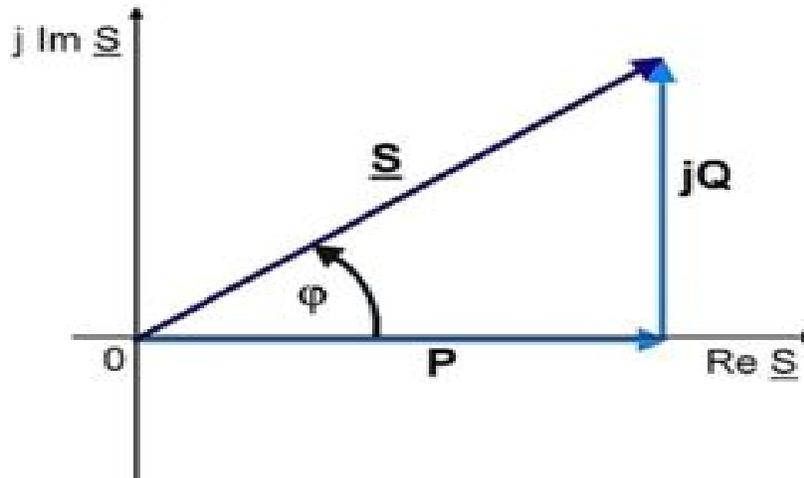
$$P = I \cdot V \cdot \cos \phi$$



Fórmula 14

$$Q = I \cdot V \cdot \sin \phi$$

Figura 2. Relación entre Potencias Activas, Aparentes y Reactivas



Fuente: Wikipedia.com

La potencia aparente. (también llamada compleja) de un circuito eléctrico de corriente alterna es la suma (vectorial) de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o trabajo y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes que fluctuara entre estos componentes y la fuente de energía.

Esta potencia no es la realmente consumida "útil", salvo cuando el factor de potencia es la unidad ( $\cos \phi=1$ ), y señala que la red de alimentación de un circuito no sólo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a "almacenar" bobinas y condensadores. Se la designa con la letra S y se mide en voltamperios (VA) y su fórmula es:

Fórmula 15

$$S = I \cdot V$$



Potencia activa. Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda.

Se designa con la letra P y se mide en vatios (W). De acuerdo con su expresión, la ley de Ohm y el triángulo de impedancias:

Resultado que indica que la potencia activa es debida a los elementos resistivos

Fórmula No. 16

$$P = I \cdot V \cdot \cos \phi = I \cdot Z \cdot I \cos \phi = I^2 \cdot Z \cdot \cos \phi = I^2 \cdot R$$

Potencia reactiva. Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil. Por ello que se dice que es una potencia desvatada (no produce vatios), se mide en voltamperios reactivos (VAR) y se designa con la letra Q.

A partir de su expresión, lo que reafirma en que esta potencia es debida únicamente a los elementos reactivos.

Fórmula No. 17

$$Q = I \cdot V \cdot \sin \phi = I \cdot Z \cdot I \sin \phi = I^2 \cdot Z \cdot \sin \phi = I^2 \cdot X = I^2 \cdot (X_L - X_C) = S \cdot \sin \phi$$



Potencia Trifásica La representación matemática de la potencia activa en un sistema trifásico equilibrado está dada por la ecuación:

Fórmula No. 18

$$P_{3\varphi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \cos$$

## **1.2 Fundamentos de transmisión y distribución.**

### **1.2.1 Definición general de los sistemas de transmisión.**

Un sistema de transmisión de energía eléctrica se refiere a elementos encargados de transmitir la energía eléctrica, desde los centros de generación a los centros de consumo, a través de distintas etapas de transformación de voltaje; las cuales también se interconectan con el sistema eléctrico de potencia ( SEP).

Los voltajes de transmisión utilizadas en este país son: 115, 230 y 400 kV.

Una de las formas de clasificar las líneas de transmisión, es de acuerdo a su longitud, siendo:

- a) Línea corta de menos de 80 Km.
- b) Línea media de entre 80 y 240 Km.
- c) Línea larga de 240 Km. y más



### **1.2.2 Definición de los sistemas de distribución.**

¿Qué es lo que en realidad significa el término sistemas de distribución? Tal vez no esté perfectamente definido internacionalmente; sin embargo, comúnmente se acepta que es el conjunto de instalaciones desde 120 Volts hasta tensiones de 34.5 kV encargadas de entregar la energía eléctrica a los usuarios a los niveles de tensión normalizados y en las condiciones de seguridad exigidas por los reglamentos, Los sistemas de distribución, ya sea que pertenezcan a empresas privadas o estatales, deben proyectarse de modo que puedan ser ampliados progresivamente, con escasos cambios en las construcciones existentes tomando en cuenta ciertos principios económicos, con el fin de asegurar un servicio adecuado y continuo para la carga presente y futura al mínimo costo de operación. A lo cual Se vuelve de vital importancia la realización de un estudio de Momentos de Carga Eléctrica.

En función de su construcción estos se pueden clasificar en:

- Sistemas aéreos.
- Sistemas subterráneos.
- Sistemas mixtos.

Sistemas aéreos, estos sistemas por su construcción se caracterizan por su sencillez y economía, razón por la cual su utilización está muy generalizada y son los más comunes dentro de la Ciudad Universitaria Zona 12.

Los principales elementos componentes de un sistema de distribución son:

- a) Alimentadores primarios de distribución.
- b) Transformadores de distribución.
- c) Alimentadores secundarios.
- d) Acometidas o Puntos de Demanda Eléctrica.



Entre los elementos secundarios de una red de distribución se tienen:

- 1- Cuchillas.
- 2- Reactores.
- 3- Interruptores.
- 4- Capacitores.
- 5- Fusibles.
- 6- Restauradores.
- 7- Seccionadores.

El conocimiento de las características eléctricas de un sistema de distribución y la aplicación de los conceptos fundamentales de la teoría de la electricidad son quizá los requisitos más esenciales para diseñar y operar en forma óptima un sistema de distribución, por esta razón es necesario que el ingeniero que diseñe dicho sistema debe poseer los conocimientos claros de las características de carga del sistema que va a alimentar. El estudio de las cargas y sus características abarca no solamente los diversos tipos de aparatos que se usan y su agrupación para conformar la carga de un consumidor individual, sino también del grupo de consumidores que integran la carga de una zona o del sistema de distribución. Por lo que es necesario analizar las diferentes clases de cargas de tipo residencial combinadas con otros tipos de carga; para observar la influencia que tendrán en la carga general de un alimentador y éste a su vez en la carga total de una subestación. En la ingeniería de los sistemas de distribución existen algunos parámetros que explican claramente las relaciones de cantidades eléctricas que pueden determinar los efectos que puede causar la carga en el sistema de distribución. A continuación se presenta una definición de los parámetros más importantes y útiles para el diseño de un sistema de distribución.



Carga Instalada. La carga instalada se refiere a la suma de las potencias nominales de las maquinas, aparatos y equipos conectados a un circuito eléctrico en una área determinada y se expresa en kW. o kVA.

Demanda Máxima. Las cargas eléctricas por lo general se miden en amperes, kilowatts o kilovolt-amperes; para que un sistema de distribución o parte de éste se planee eficientemente se debe conocer la "Demanda Máxima" del mismo. Como ya se ha mencionado, en general las cargas eléctricas rara vez son constantes durante un tiempo apreciable, o sea que fluctúan de manera continua, en una curva de carga de 24 horas de un transformador de distribución, la carga varía entre un máximo a las 19:30 horas y un mínimo a las 3:30 horas, aunque los valores cambien, este tipo de curva se repetirá constantemente, así se presentarán variaciones similares de máximo y mínimo en todas las partes del sistema de distribución, el valor más elevado se denomina pico o demanda máxima. Dicho valor fue el valor que se tomo en cuenta en El estudio de Momentos de Carga Eléctrica que veremos más adelante.

Factor de carga. Es la relación entre la demanda promedio en un intervalo dado y la demanda máxima que se observa en el mismo intervalo

Factor de demanda. El factor de demanda en un intervalo de un sistema de distribución o de una carga, es la relación entre su demanda máxima en el intervalo considerado y la carga total instalada.

Factor de potencia. El factor de potencia se define básicamente como la relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA), cuando se aplica a circuitos polifásicos en que el voltaje y la corriente son senoidales y balanceados.



Factor de utilización. El factor de utilización de un sistema de distribución es la relación entre demanda máxima y la capacidad nominal del sistema de distribución que lo suministra.

Factor de diversidad. Cuando se proyecta un alimentador de distribución para determinado consumidor se debe tomar en cuenta la demanda máxima debido a que ésta es la que impondrá las condiciones más severas de carga y caída de tensión, sin embargo, surge inmediatamente la pregunta ¿ Será la demanda máxima de un grupo de consumidores igual a la suma de las demandas máximas individuales ?, la respuesta a esta pregunta es no, pues en todo el sistema de distribución existe diversidad entre los consumidores, es lo que hace por regla general que la demanda máxima de un conjunto de cargas sea menor que la suma de las demandas máximas individuales.

En el diseño de un sistema de distribución no interesará el valor de cada demanda individual, pero sí la del conjunto. Se define entonces que demanda diversificada es la relación entre la sumatoria de las demandas individuales del conjunto en un tiempo ( $t_a$ ) entre el número de cargas. En particular la demanda máxima diversificada será la relación de la sumatoria de las demandas individuales del conjunto cuando se presente la demanda máxima del mismo ( $t_{máx.}$ ) y el número de cargas; la demanda máxima diversificada es la que se obtiene para la demanda máxima del conjunto.

Se define la demanda máxima no coincidente de un conjunto de cargas como la relación entre la suma de las demandas máximas de cada carga y el número de cargas.



Factor de simultaneidad. Al proyectar un alimentador de distribución para un consumidor deberá tomarse en cuenta siempre su demanda máxima a que esta impondrá las condiciones más severas de carga y caída de tensión. Cuando más de un consumidor de características similares es alimentado por un mismo cable, es necesario considerar la simultaneidad existente en el uso de la energía eléctrica para los distintos tipos de consumidores.

Factor de Coincidencia. El factor de coincidencia puede considerarse como el porcentaje promedio de la demanda máxima individual de un grupo que es coincidente en el momento de la demanda máxima del grupo.

### **1.3 Subestaciones Eléctricas.**

En el empleo de la energía eléctrica ya sea para fines industriales comerciales o residenciales, interviene una gran cantidad de maquinas y equipo eléctrico. Un conjunto de equipo eléctrico utilizado para un fin determinado se le conoce como Subestación Eléctrica.

#### **1.3.1 Definición del concepto de subestación**

Como es de nuestro conocimiento como estudiosos de los temas de la electricidad una subestación no es más que una de las partes que intervienen en el proceso de generación - consumo de energía eléctrica por lo cual podemos dar la siguiente definición.

Una subestación Eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características eléctricas de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc) tipo C.A. o C.C o bien, conservándole dentro de ciertas características.



### **1.3.2 Distintos tipos de subestaciones.**

Es difícil realizar una clasificación precisa de las subestaciones eléctricas pero de acuerdo con el concepto de generación – consumo se pueden realizar las siguientes clasificaciones.

Por su operación.

- ◆ De corriente alterna A.C.
- ◆ De corriente continua C.C.

Por su servicio.

- ◆ Primarias.     – Elevadoras  
                  \_ Receptoras  
                  \_ De enlace o distribución  
                  \_ De swicheo o maniobra  
                  \_ Convertidoras o rectificadoras.
- ◆ Secundarias. \_ Receptoras(reductoras, elevadoras)  
                  \_ Distribuidoras  
                  \_ De enlace  
                  \_ Convertidoras o rectificadoras

Por su construcción.

- ◆ Tipo intemperie
- ◆ Tipo interior
- ◆ Tipo blindado.



### **1.3.3 Elementos Constitutivos de una Subestación**

Los elementos que constituyen una subestación se pueden clasificar como elementos primarios o principales y elementos secundarios.

#### Elementos principales o primarios

- ◆ Transformador
- ◆ Interruptor de potencia
- ◆ Restaurador
- ◆ Cuchillas fusible
- ◆ Cuchillas restauradoras o cuchillas de prueba
- ◆ Apartarrayos
- ◆ Tableros duplex de control
- ◆ Condensadores
- ◆ Transformadores de instrumento

#### Elementos secundarios

- ◆ Cables de potencia
- ◆ Cables de control
- ◆ Alumbrado
- ◆ Estructura
- ◆ Herrajes
- ◆ Equipo contra incendio
- ◆ Equipo de filtrado de aceite
- ◆ Sistema de tierras
- ◆ Carrier



- ◆ Intercomunicación
- ◆ Trincheras, ductos, conductos, drenajes
- ◆ Cercas



## **2. MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA**

### **2.1 Concepto de Momentos de Carga Eléctrica**

#### **2.1.1 ¿Qué es un Momento de Carga?**

Un Momento de Carga Eléctrica se refiere a la localización geográfica de un punto de carga equivalente en un área determinada, este punto de carga se obtiene de la sumatoria aritmética de crecimientos de carga eléctrica y localizaciones geográficas de los mismos, los cuales convergen en un punto medio llamado centro de carga equivalente, al cual le llamaremos momento de carga eléctrica. La principal aplicación de un momento de carga en la rama de Potencia se realiza en la localización geográfica en donde resulta más conveniente realizar la construcción de una subestación eléctrica que atenderá la demanda de dicho sector. La construcción de dicha subestación se realizara desde el punto de vista operativo a fin de reducir costos de distribución y lograr mayor eficiencia, al localizar una subestación que atenderá la demanda de dicho sector cerca de los puntos de mayor crecimiento de demanda eléctrica dentro de un sector o área determinada.

#### **2.1.2 Definición de fórmulas de Momento de Carga Eléctrica**

El punto de partida para la localización de una subestación se deriva de un estudio de planeación, a partir del cual se localiza, con la mayor aproximación, el centro de carga de la región que se necesita.



El método a utilizar es el se describe a continuación. En un plano grande de una ciudad o del área que se desea, se traza a escala, una cuadrícula que puede ser de 0.5X0.5 km. En cada cuadro de medio kilómetro de lado se obtiene estadísticamente, a partir de los recibos de cada cliente, en este caso Empresa Eléctrica de Guatemala, la cantidad de KVA en que se incrementa la demanda en la zona durante 5 ó 10 años. De esta manera, se determina la velocidad de crecimiento de la demanda eléctrica en KVA, en el área mencionada durante cinco o diez años.

### 2.1.3 Cálculo de los Momentos de Carga.

Fórmula 19

$$M_x = \sum (KVA \times DX\_X)$$

Fórmula 20

$$M_y = \sum (KVA \times DY\_Y)$$

Donde

$DX\_X$  es la distancia en el eje x

$DY\_Y$  es la distancia en el eje y

KVA es el crecimiento de la demanda durante los 5 ó 10 años este valor esta descrito en tablas como la diferencia de demandas  $\Delta D$

$\sum (KVA \times DX\_X)$  Es la sumatoria aritmética de multiplicar los KVA que se incremento la carga por la distancia en el eje X

$\sum (KVA \times DY\_Y)$  Es la sumatoria aritmética de multiplicar los KVA que se incremento la carga por la distancia en el eje Y.



Mx es el momento de carga en el eje X

My es el momento de carga en el eje Y

#### 2.1.4 Cálculo de las coordenadas del centro de carga.

Fórmula 21

$$X_{cc} = \frac{M_x}{\sum KVA}$$

Donde:

$\sum KVA$  es sumatoria aritmética de los crecimientos de demanda  $\Delta D$

Xcc es la coordenada en el eje X del centro de carga.

Fórmula 22

$$Y_{cc} = \frac{M_y}{\sum KVA}$$

$\sum KVA$  es la sumatoria aritmética de los crecimientos de demanda  $\Delta D$

Ycc es la coordenada en el eje Y de el centro de carga.

Obteniendo la localización del centro de carga por medio de las coordenadas antes descritas, conociendo la capacidad actual de la subestación y previendo las ampliaciones futuras, se determinara la superficie necesaria para la instalación de esta.



Los criterios que se consideraran son los siguientes:

- Localización de un punto de referencia en coordenadas xy.
- Velocidad de Crecimiento de la demanda eléctrica en KVA en el área durante 5 años
- Demanda actual en KVA de cada punto de carga.
- Capacidad
- Tipo de servicio

#### **2.1.5 Ejemplos y generalidades.**

En esta investigación se pretende ilustrar por medio de un ejemplo simple la forma de llevar a cabo la realización del estudio de momentos de carga eléctrica en un área determinada que ilustra 17 puntos de demanda eléctrica, los cuales tienen valores de demanda actual y valores de demanda de 5 años atrás, por medio de este ejemplo el lector podrá comprender sistemáticamente y paso a paso como llevar a cabo dicho estudio fundamental para la localización ideal de una subestación de distribución para dicho sector. Y posteriormente comprender de mejor manera como se llevo a cabo el estudio de momentos de carga eléctrico de la Ciudad Universitaria Zona 12, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



### **2.1.5.1 Pasos a seguir para la realización del estudio de Momentos de Carga eléctrico.**

- ◆ Paso 1. Establecer el área de estudio.
- ◆ Paso 2. Establecer el punto de referencia.
- ◆ Paso 3. Establecer la cuadrícula a escala conveniente.
- ◆ Paso 4. Identificar los puntos de carga dentro del área respectiva.
- ◆ Paso 5. Identificar las coordenadas de los distintos puntos de carga.
- ◆ Paso 6. Obtener información de demanda actual y de hace 5 años.
- ◆ Paso 7. Realizar operaciones aritméticas y obtener los momentos.
- ◆ Paso 8. Obtener ubicación según estudio.



Paso No 1, el primer paso a realizar para un estudio de Momentos de Carga Eléctrico es establecer el área de estudio que nos interesa, es decir se debe de establecer el sector donde nos interesa la construcción de una subestación de distribución, a continuación se presenta un área determinada en este caso una ciudad pequeña donde se encuentran cargas eléctricas de distinta magnitud.

Figura 3. Ciudad Real España

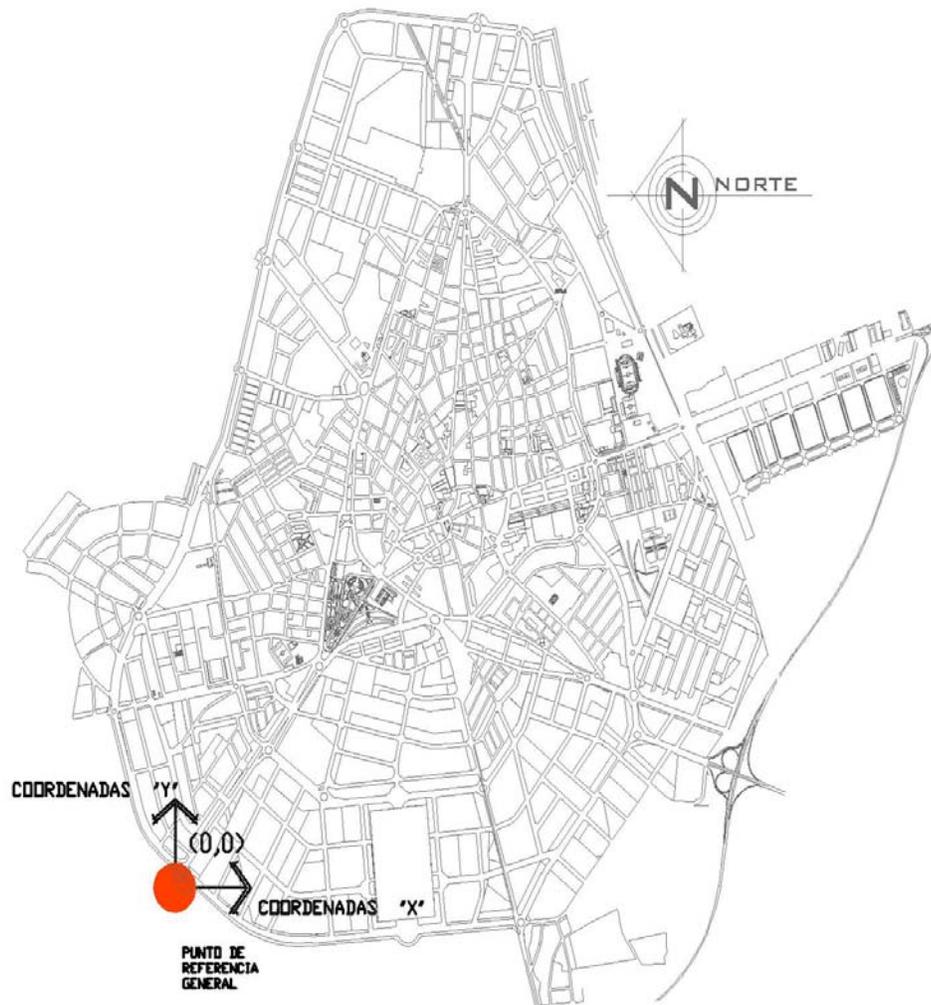


Fuente: Bloques Auto Cad.com



Paso No 2, a continuación se presenta la forma en que se selecciona el punto de referencia, el punto de referencia es de gran importancia debido a que es el punto donde se localiza el origen de las coordenadas que se deben utilizar, a partir de este se obtendrá la ubicación en coordenadas cartesianas de los distintos puntos de carga eléctrica, el criterio para la selección del punto de referencia es a discreción de la persona que está realizando el estudio, a fin de facilitar la operación y el procesamiento de los datos posteriores.

Figura 4. Punto de referencia Ciudad Real España

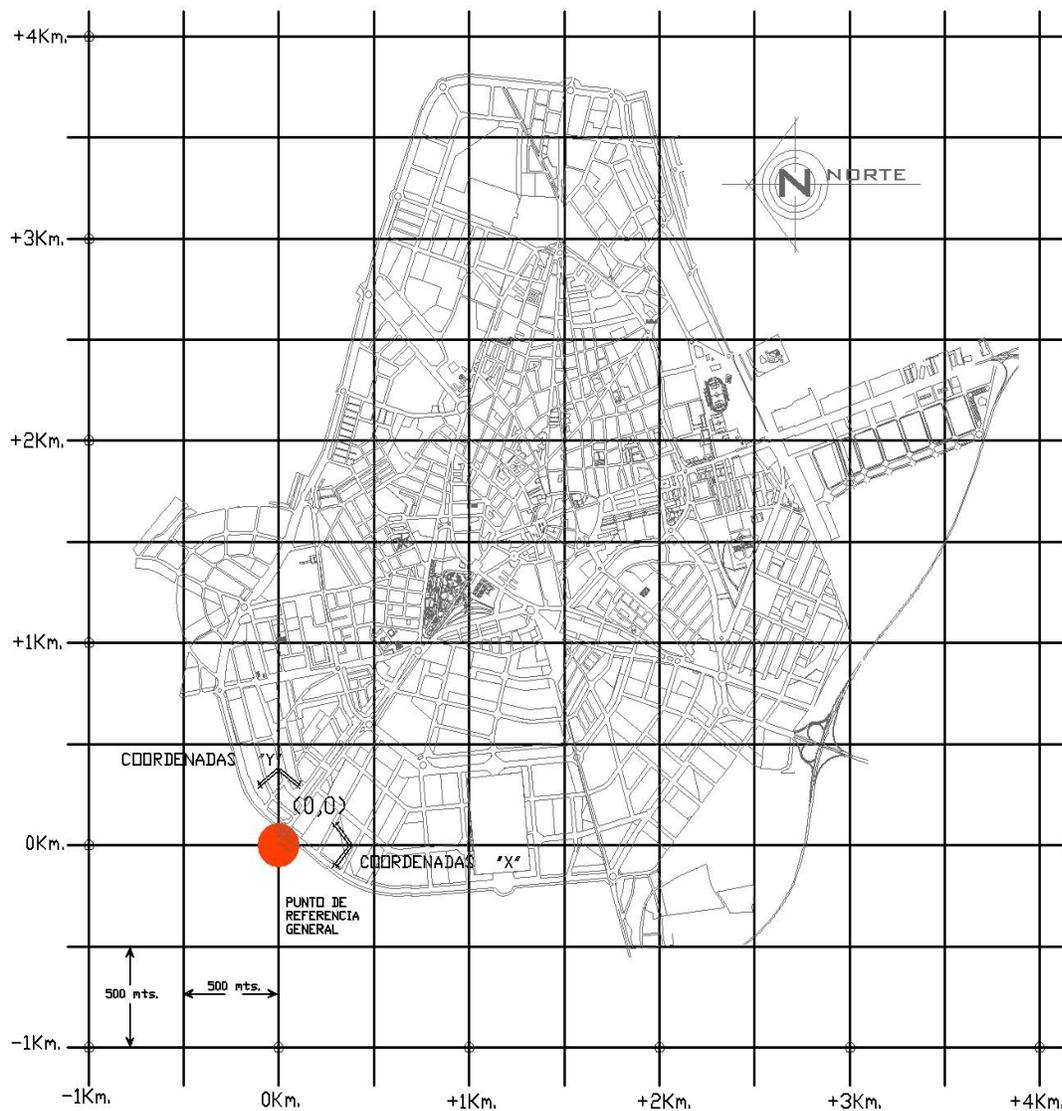


Fuente: Bloques Auto Cad.com



Paso No 3, en esta parte del estudio se traza una cuadrícula que en este caso debido a la dimensión del área que estamos estudiando se seleccionará una cuadrícula de 500X500 mts, esta cuadrícula debe estar perfectamente alineada con el punto de referencia, la cuadrícula puede ser de distintas escalas, según lo requiera el área a estudiar.

Figura 5. Cuadrícula Ciudad Real España

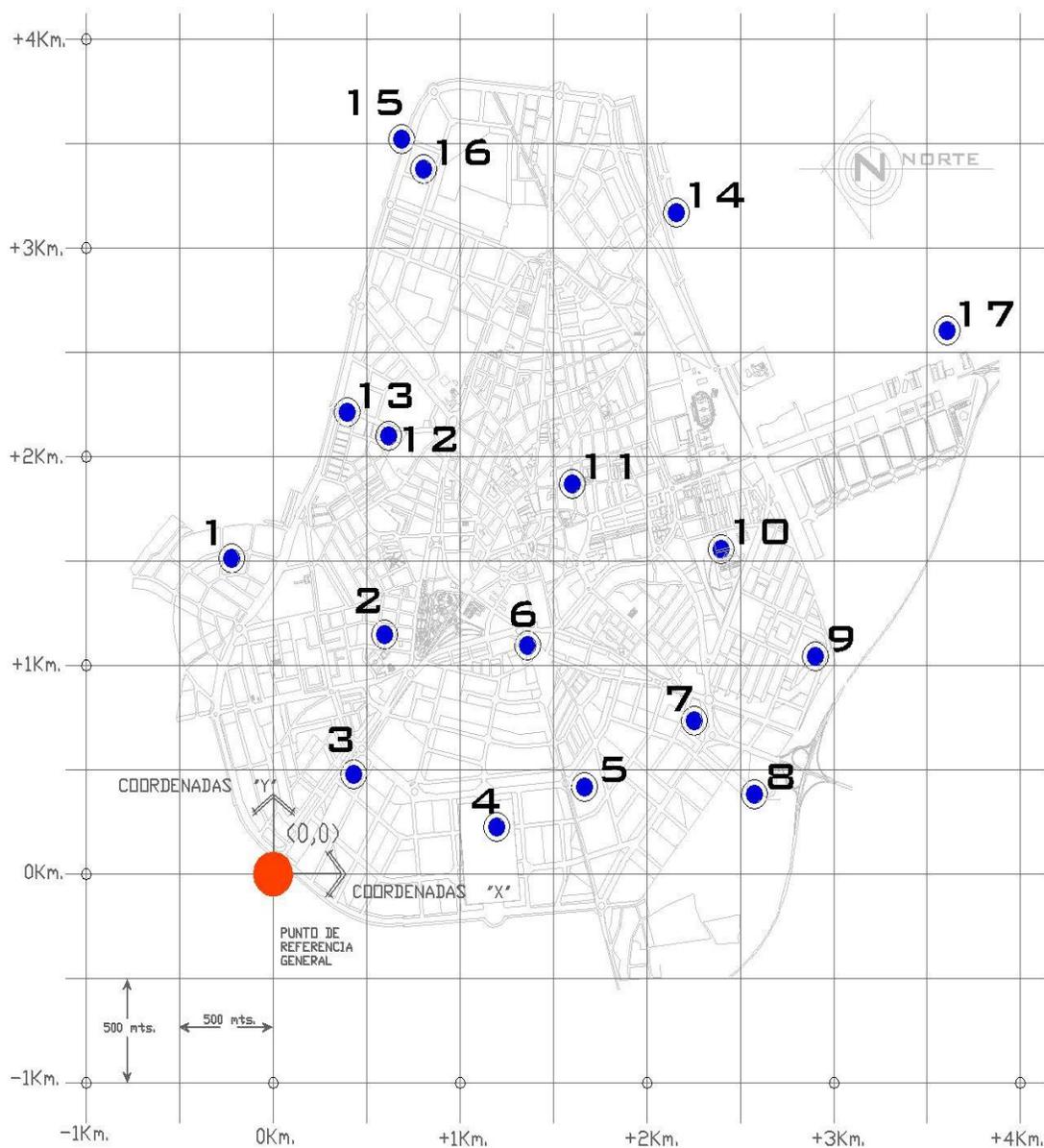


Fuente: Bloques Auto Cad.com



Paso No 4, se deben identificar perfectamente los puntos de demanda eléctrica en el área respectiva estos puntos de demanda deben estar perfectamente localizados en referencia a el punto de entrega de la energía, es decir donde se localizan los medidores o contadores de energía.

Figura 6. Puntos de Carga Eléctrica Ciudad Real España



Fuente: Bloques Auto Cad.com



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica**  
**Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12**

---

Paso No 5, en esta sección se identifican las coordenadas respecto al eje X y respecto al eje Y de cada punto de carga esto se realiza por medio de tablas o hojas de cálculo donde en este caso en particular se especifica el número que corresponde a cada punto y sus respectivas coordenadas.

**Tabla I. Localización de Puntos de Carga Eléctrica.**

<b>PUNTO No.</b>	<b>CONTADOR No.</b>	<b>CORDENADAS (X) (metros) DX_X</b>	<b>COORDENADAS (Y) (metros) DY_Y</b>
1	C-0001	-211.96	1524
2	C-0002	607.63	1160.89
3	C-0003	443.35	489.99
4	C-0004	1209.76	237
5	C-0005	1678	429.84
6	C-0006	1372.76	1109.87
7	C-0007	2264.24	748.05
8	C-0008	2589.82	396.32
9	C-0009	2916.32	1057.66
10	C-0010	2410.25	1570.45
11	C-0011	1614.7	1884.49
12	C-0012	629.68	2114.83
13	C-0013	407.42	2225.71
14	C-0014	2171.87	3183.77
15	C-0015	701.04	3535.57
16	C-0016	817.53	3390.17
17	C-0017	3618.79	2616.74

Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



Paso No 6, obtener información de demanda actual y de hace 5 años. En esta parte de nuestro estudio se procede a la obtención de la información de demanda de los distintos puntos de carga esta información la podemos obtener por medio de la empresa distribuidora de dicho sector o por medio de mediciones obtenidas a partir del administrador del punto de carga del lugar. En Esta parte del estudio al igual que en el paso anterior se organiza en tablas u hojas de cálculo la demanda actual y la demanda medida hace 5 años en dicho punto obteniendo así la diferencia que existe en la medición actual y la medición tiempo atrás, esta diferencia es el dato que utilizaremos en las fórmulas anteriormente descritas. En esta tabla se puede observar que las cargas eléctricas actuales son mayores que hace 5 años en la mayoría de los casos, pero también puede existir lo contrario que las cargas eléctricas actuales sean menores que hace 5 años, ese valor se toma como crecimiento cero.

Tabla II. **Información de demanda.**

<b>PUNTO No.</b>	<b>CONTADOR No.</b>	<b>DEMANDA (KVA) HACE 5 AÑOS</b>	<b>DEMANDA (KVA) ACTUAL</b>	<b><math>\Delta D</math> KVA</b>
1	C-0001	34	56	22
2	C-0002	105	142	37
3	C-0003	46	62	16
4	C-0004	256	321	65
5	C-0005	210	215	5
6	C-0006	46	52	6
7	C-0007	329	375	46
8	C-0008	43	44	1
9	C-0009	225	229	4
10	C-0010	0	115	115
11	C-0011	132	92	0
12	C-0012	543	578	35
13	C-0013	72	84	12



14	C-0014	132	156	24
15	C-0015	86	164	78
16	C-0016	245	321	76
17	C-0017	15	22	7

Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)

Paso No 7, en esta parte del estudio se procede con la realización de las operaciones aritméticas indicadas en las formulas anteriores, esta etapa es donde se realiza el procesamiento de toda la información que se obtuvo en los pasos anteriores y es la parte más importante del estudio debido que aquí es donde se obtiene la información de los momentos de carga y la ubicación de la coordenada donde se localizara la nueva subestación.

Con la aplicación de las fórmulas. Se obtiene

Momento de Carga Eléctrica, en el eje X.

Fórmula 23

$$M_x = \sum (KVA \times DX - X)$$

$M_x =$

$$(22*(-211.96))+(37*607.63)+(16*443.35)+(65*1,209.76)+(5*1,678)+$$
$$(6*1,372.76)+(46*2,264.24)+(1*2,589.82)+(4*2,916.32)+(115*2,410.25)+(0$$
$$*1,614.7) +(35*629.68)+(12*407.62)+(24*2,171.87)+(78*701.04)+$$
$$(76*817.53)+ (7*3,618.79)$$



$M_x =$

$$-4,663.1+2,2482.3+7,093.6+78,634.4+8,390+8,236.5+104,155.0 +2,589.8$$

$$+ 11,665.2 + 277,178.7 +0.00+22,038.8+4,889.0$$

$$+52,124.8+54,681.1+62,132.2+ 25,331.53$$

$M_x = 711,627.8$

Momento de carga eléctrica en el eje Y

Fórmula 24

$$M_y = \sum (KVA \times DY\_Y)$$

$M_y =$

$$(22*1,524)+(37*1,160.8)+(16*489.9)+(65*237)+(5*429.8)+(6*1,109.8)+$$

$$(46*748.0)+ (1*396.3)+(4*1,057.6)+(115*1,570.45)+(0*1,884.4)+$$

$$(35*2,114.8)+$$

$$(12*2,225.7)+(24*3,183.7)+(78*3,535.5)+(76*3,390.17)+(7*2,616.7)$$

$M_y =$

$$3,528+42,952.9+7,839.8+15,405+2,149.2+6,659.2+34,410.3+396.3+4,230.6+$$

$$180,601.7+0.00+74,019.0+26,708.5+76,410.4+275,774.4+257,652.9+ 18,317.1$$

$M_y = 1027,055.3$

Sumatoria aritmética de los crecimientos de demanda eléctrica

$$\sum KVA = 22+37+16+65+5+6+46+1+4+115+0.00+35+12+24+78+76+7$$

$$\sum KVA = 549$$



Coordenada en el Eje X de la ubicación de la subestación eléctrica

Fórmula 25

$$X_{cc} = \frac{Mx}{\sum KVA}$$

$$X_{cc} = 711,627.8/549$$

$$X_{cc} = 1,296.22 \text{ mts.}$$

Coordenada en el eje y de la ubicación de la subestación eléctrica

Fórmula 26

$$Y_{cc} = \frac{My}{\sum KVA}$$

$$Y_{cc} = 1027,055.3/549$$

$$Y_{cc} = 1,870.77 \text{ mts.}$$

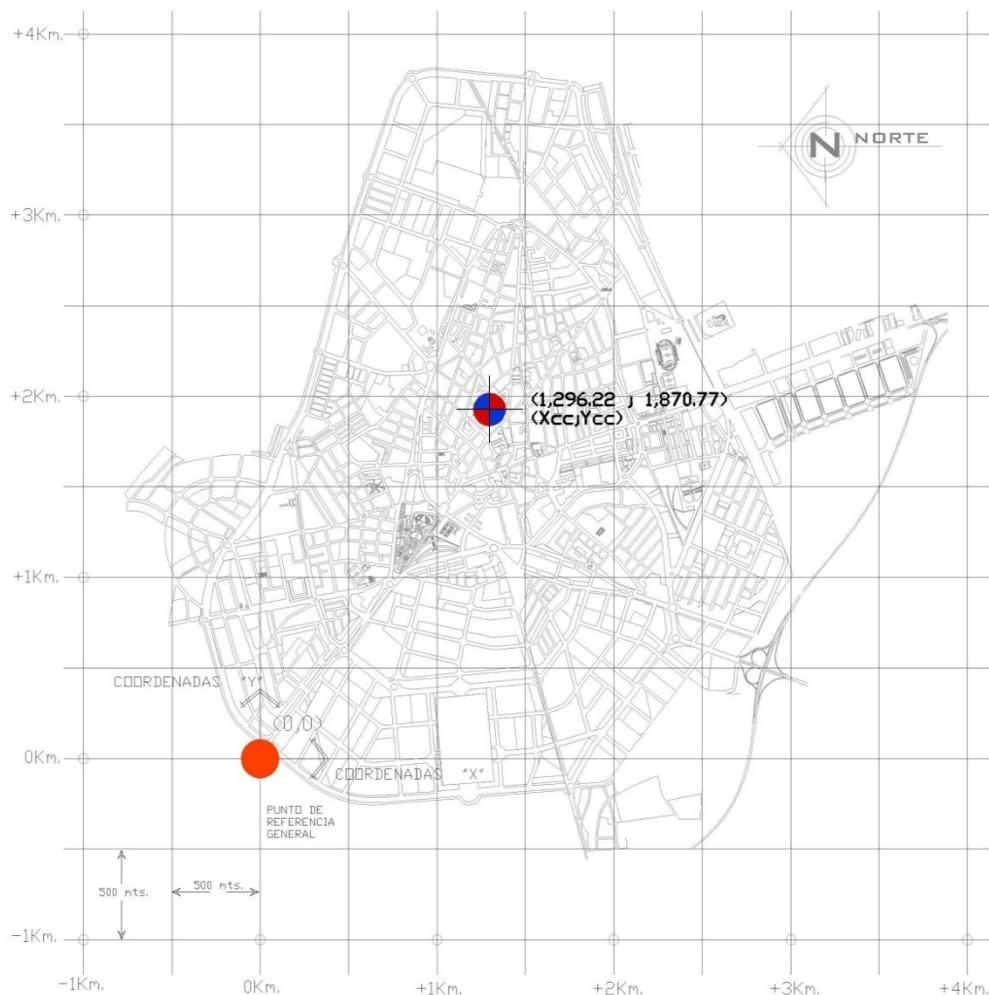
Punto de ubicación en plano.

$$(1,296.2 ; 1,870.77)$$



Paso No 8. Esta es la etapa de finalización de el estudio de Momentos de Carga Eléctrica debido a que en esta sección es donde se ilustra en un plano general el punto exacto de ubicación de la subestación en el área específica.

Figura 7. Ubicación geográfica de la subestación eléctrica Ciudad Real España



Fuente: Bloques Auto Cad.com

Este es el punto ideal donde es más conveniente realizar la construcción de una subestación eléctrica de distribución en dicha área.



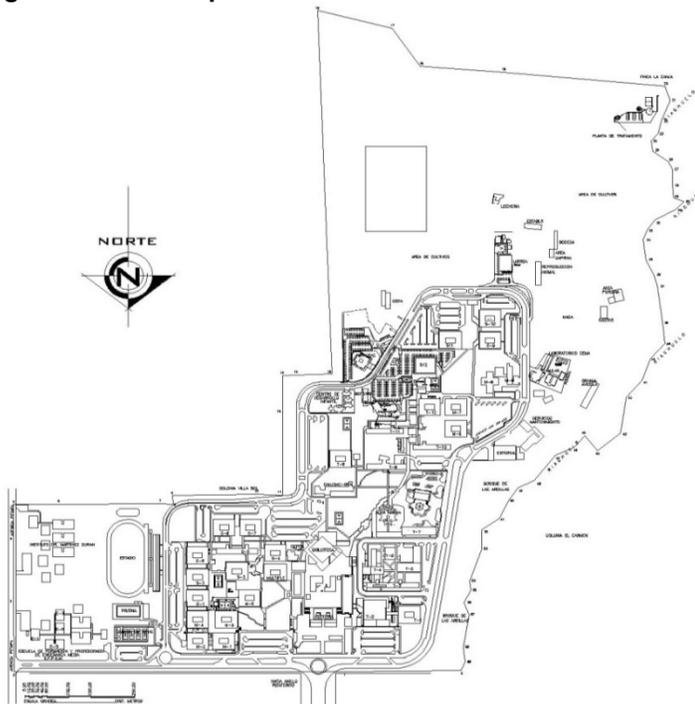


### **3. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS PUNTOS DE DEMANDA ELÉCTRICA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA**

#### **3.1 Información geográfica USAC Ciudad universitaria**

La Ciudad universitaria está localizada en un área urbana que consta de 4 fincas ubicadas dentro de la Ciudad de Guatemala ubicada en la Zona 12 del municipio de Guatemala dicha área consta de 1237,619.02 metros cuadrados a una altura de 1,632 metros sobre el nivel del mar con accesos vehiculares, parqueos y caminamientos, así también consta de edificios estudiantiles y laboratorios distribuidos en todo el sector, los cuales se comportan como una pequeña ciudad con demandas eléctricas pequeñas y demandas eléctricas grandes.

Figura 8. Plano general del Campus Central de la Ciudad Universitaria Zona 12 Guatemala.



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala (División de Servicios Generales)



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

Figura 9. Plano general de Distribución de Fincas del Campus Central USAC.



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala (División de Servicios Generales)



### 3.2 Estudio de facturación de las Cargas Eléctricas de la Ciudad Universitaria

En este estudio se llevó a cabo mediante una hoja de cálculo la cual nos describe el número de contador, número de punto de carga eléctrica, demanda mensual de energía en kwh, costos. En esta hoja de cálculo se aplicaron las siguientes fórmulas.

Costo usuario Normal = Tarifa Normal \* Demanda Mensual de Energía

Costo usuario Mayorista = Tarifa Mayorista \* Demanda Mensual de Energía

Donde.

Tarifa Normal = Q1.73

Tarifa Mayorista = Q1.30

**Tabla III. Costos de facturación**

<b>PUNTO No.</b>	<b>CONTADOR No.</b>	<b>DEMANDA MENSUAL DE ENERGIA (KWH)</b>	<b>COSTO USUARIO NORMAL (Q)</b>	<b>COSTO MAYORISTA (Q)</b>
1	J-38678	12960	22680	16848
2	L-92533	1016	1778	1320.8
3	A-46703	3431	6004.25	4460.3
4	J-39247	22640	39620	29432
5	J-67168	572	1001	743.6
6	J-38955	8640	15120	11232
7	H-93866	1670	2922.5	2171
8	T-00529	12560	21980	16328
9	T-00486	10840	18970	14092
10	H-57242	9037	15814.75	11748.1
11	T-00488	8320	14560	10816



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

12	J-39242	12160	21280	15808
13	T-00254	9000	15750	11700
14	J-39567	42420	74235	55146
15	L-92345	12609	22065.75	16391.7
16	J-63968	392	686	509.6
17	K-99512	1232	2156	1601.6
18	L-17641	1044	1827	1357.2
19	K-19701	5594	9789.5	7272.2
20	L-53713	1107	1937.25	1439.1
21	H-24240	225	393.75	292.5
22	J-39429	54040	94570	70252
23	K-14494	953	1667.75	1238.9
24	K-22663	17389	30430.75	22605.7
25	K-05019	1210	2117.5	1573
26	H-14052	843	1475.25	1095.9
27	J-80306	148	259	192.4
28	J-80391	329	575.75	427.7
29	J-19062	797	1394.75	1036.1
30	L-87104	500	875	650
31	J-34293	25	43.75	32.5
32	K-80330	357	624.75	464.1
33	L-31186	943	1650.25	1225.9
34	T-00071	45920	80360	59696
35	L-91710	3918	6856.5	5093.4
36	J-38385	4480	7840	5824
37	K-21123	8235	14411.25	10705.5
38	E-06927	135	236.25	175.5
39	H-90963	6	10.5	7.8



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

40	D-88336	157	274.75	204.1
41	I-77817	1648	2884	2142.4
42	F-67227	748	1309	972.4
43	F-00174	2	3.5	2.6
44	H-78222	53060	92855	68978
45	B-94566	2602	4553.5	3382.6
46	K-33260	776	1358	1008.8
47	K-06886	679	1188.25	882.7
48	K-83210	38	66.5	49.4
49	L-92290	14743	25800.25	19165.9
50	K-40496	258	451.5	335.4
51	K-43600	82	143.5	106.6
52	A-10275	8362	14633.5	10870.6
53	G-75082	2739	4793.25	3560.7
54	K-21983	7059	12353.25	9176.7
55	B-90610	1726	3020.5	2243.8
56	H-61275	5026	8795.5	6533.8
57	L-93005	2072	3626	2693.6
58	B-83928	1223	2140.25	1589.9
59	E-58506	895	1566.25	1163.5
60	O-62992	2680	4690	3484
61	L-22365	349	610.75	453.7
62	I-77988	13120	22960	17056
63	L-91622	863	1510.25	1121.9
64	L-11162	619	1083.25	804.7
65	K-72967	268	469	348.4
66	K-72965	3	5.25	3.9
67	I-78117	6818	11931.5	8863.4



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

68	H-77551	23	40.25	29.9
69	H-57401	1729	3025.75	2247.7
70	I-78138	733	1282.75	952.9
71	L-92458	12069	21120.75	15689.7
72	T-00097	8640	15120	11232
73	L-92239	7493	13112.75	9740.9
74	H-57114	2	3.5	2.6
75	K-20591	66	115.5	85.8
76	H-57592	249	435.75	323.7
77	H-78156	80	140	104
78	rect	41580	72765	54054

Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA)

TOTAL DE FACTURACION MENSUAL

USUARIO NORMAL = Q 908,208

TOTAL DE FACTURACION MENSUAL

USUARIO MAYORISTA = Q 674,668.8

Como se puede observar en los resultados totales de este estudio el costo de facturación mensual se reduciría un 26 % lo cual se traduce a un ahorro mensual de Q 233,540 con un proyecto que nos permita incorporarnos al mercado mayorista del país. Este estudio de Facturación se realizó con la colaboración del departamento de Servicios, el cual es el encargado de la administración de Energía Eléctrica en el área del Campus Central Universitario.



### 3.3 Información técnica de los distintos puntos de Carga

A continuación se describe la información técnica de los distintos puntos de carga Eléctrica dentro de la Ciudad universitaria por medio de tablas, especificando el número asignado a cada punto de Carga, el número de contador respectivo, el tipo de servicio, voltaje y descripción de ubicación.

Tabla IV. Información Técnica General de Puntos de Carga Eléctrica

<b>PUNTO No.</b>	<b>CONTADOR No.</b>	<b>TIPO DE SERVICIO</b>	<b>VOLTAJE (volts)</b>	<b>DESCRIPCION DE LA UBICACION PUNTOS DE DEMANDA ELECTRICA</b>
1	J-38678	Trifásico	120/208	Edificio EFPEM
2	L-92533	Trifásico	120/208	Edificio EFPEM 2
3	A-46703	Trifásico	120/240	Area Polideportiva USAC
4	J-39247	Trifásico	120/208	Edificio M2
5	J-67168	Monofásico	120/240	Cafeteria Edificio M3
6	J-38955	Trifásico	120/208	Edificio M3
7	H-93866	Monofásico	240	Cafeteria Edificio M3.2
8	T-00529	Trifásico	120/208	Edificio M4 Ciencias Médicas
9	T-00486	Trifásico	120/208	Edificio S1
10	H-57242	Trifásico	120/208	Edificio M5 Ciencias Médicas
11	T-00488	Trifásico	120/208	Edificio S3
12	J-39242	Trifásico	120/208	Edificio S2
13	T-00254	Trifásico	120/208	Edificio S6
14	J-39567	Trifásico	120/208	Edificio S5
15	L-92345	Trifásico	120/208	Edificio de Bienestar Estudiantil
16	J-63968	Monofásico	120/240	Banco Banrural
17	K-99512	Monofásico	120/240	Edificio de Recursos Educativos



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

18	L-17641	Trifásico	120/208	Edificio de Recursos Educativos
19	K-19701	Trifásico	120/208	Edificio de Recursos Educativos
20	L-53713	Monofásico	120/240	Edificio de Recursos Educativos
21	H-24240	Monofásico	120/240	Edificio de Recursos Educativos
22	J-39429	Trifásico	120/208	Biblioteca Central
23	K-14494	Monofásico	120	Edificio T2 Arquitectura
24	K-22663	Trifásico	120/208	Edificio T2 Arquitectura
25	K-05019	Monofásico	120/240	Edificio T2 Arquitectura
26	H-14052	Monofásico	120/240	Cafeteria T2
27	J-80306	Monofásico	120/240	Edificio T1 Ingeniería
28	J-80391	Monofásico	120/240	Edificio T1 Ingeniería
29	J-19062	Monofásico	120	Cafeteria de Ingeniería
30	L-87104	Monofásico	120/240	Aire Acondicionado Ingeniería
31	J-34293	Monofásico	120	Edificio T3 Ingeniería
32	K-80330	Monofásico	120	Cafeteria T3 Ingeniería
33	L-31186	Monofásico	120	Cafeteria T3 Ingeniería No.2
34	T-00071	Trifásico	120/208	Cuarto de Maquinas Edificio T3
35	L-91710	Trifásico	120/208	Edificio T4 Ingeniería
36	J-38385	Trifásico	120/240	Planta Piloto Edificio T5 Ingeniería
37	K-21123	Trifásico	120/240	Edificio T7 Ingeniería
38	E-06927	Monofásico	120/240	IGLU
39	H-90963	Monofásico	120	Caseta de Terminal
40	D-88336	Monofásico	120	Cafeteria Farmácia
41	I-77817	Trifásico	120/208	División de Desarrollo



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

42	F-67227	Monofásico	120/240	Caseta T8 de Agronomía
43	F-00174	Trifásico	120/208	Edificio T8 Agronomía
44	H-78222	Trifásico	120/208	Edificio T10 Farmacia
45	B-94566	Monofásico	120	Asociación de Estudiantes Universitarios
46	K-33260	Monofásico	120/240	Cafeteria Edificio T11
47	K-06886	Monofásico	120	Cafetería Farmacia
48	K-83210	Monofásico	120	Cafetería T9
49	L-92290	Trifásico	120/208	Edificio T9 Agronomía
50	K-40496	Monofásico	120/240	Edificio T9 Agronomía
51	K-43600	Monofásico	120/240	Edificio T9 Agronomía
52	A-10275	Trifásico	120/208	Editorial Universitaria
53	G-75082	Trifásico	120/240	Bodega de Mantenimiento
54	K-21983	Trifásico	120/208	Pozo de Veterinaria
55	B-90610	Monofásico	120/240	Jardín Infantil
56	H-61275	Trifásico	120/208	Edificio de Bioterio.
57	L-93005	Trifásico	120/208	Edificio T12 Farmacia
58	B-83928	Monofásico	120/240	Canchas De Farmacia
59	E-58506	Monofásico	120/240	Botánica y Zoología
60	O-62992	Trifásico	120/240	Edificio M8 Veterinaria
61	L-22365	Monofásico	120	Cafeteria S12
62	I-77988	Trifásico	120/240	Edificio S12
63	L-91622	Trifásico	120/208	Edificio S12
64	L-11162	Monofásico	120/240	Edificio S12
65	K-72967	Monofásico	120/240	Area de Prefabricados



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

66	K-72965	Monofásico	240	Area de Prefabricados
67	I-78117	Trifásico	120/240	Laboratorios CEMA
68	H-77551	Trifásico	120/240	MAGA
69	H-57401	Trifásico	120/208	Reproducción Animal Veterinaria
70	I-78138	Trifásico	120/208	Planta de Tratamiento
71	L-92458	Trifásico	120/208	Edificio S11
72	T-00097	Trifásico	120/208	Edificio S9
73	L-92239	Trifásico	120/208	Edificio S10
74	H-57114	Trifásico	120/240	Area de Cultivos Agronomía
75	K-20591	Trifásico	120/240	Area de Cultivos Agronomía
76	H-57592	Trifásico	120/208	CEDA
77	H-78156	Trifásico	120/208	FAUSAC
78	H00091	Trifásico	120/208	Rectoría

Fuente: División de Servicios Generales USAC

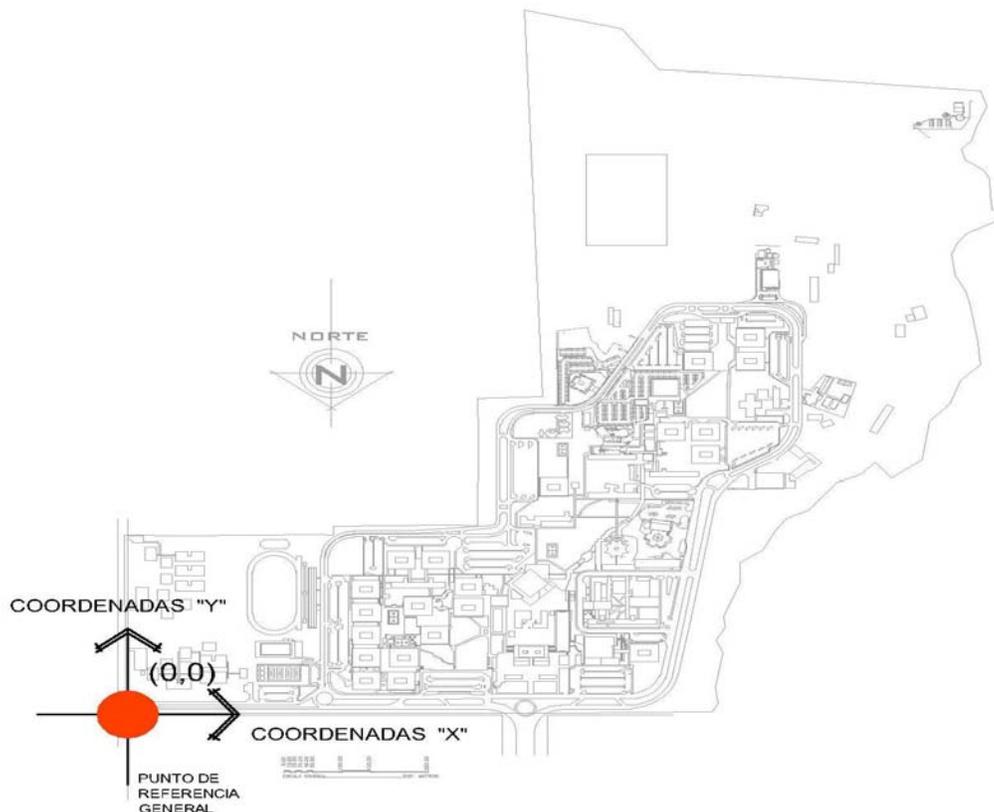


#### 4. MOMENTOS DE CARGA ELÉCTRICA CIUDAD UNIVERSITARIA.

##### 4.1 Punto de referencia para el Estudio de Momentos de Carga Eléctrica.

El punto de referencia determinado en este estudio, se realizó bajo el criterio de que todos los puntos de Carga Eléctrica dentro de la Ciudad Universitaria quedaran dentro del cuadrante positivo de las coordenadas cartesianas que se utilizan para el estudio, este criterio fue tomado en cuenta solamente para facilitar la operatoria del estudio. A continuación se ilustra gráficamente el punto de referencia dentro del plano de la Ciudad Universitaria.

Figura 10. Punto de referencia



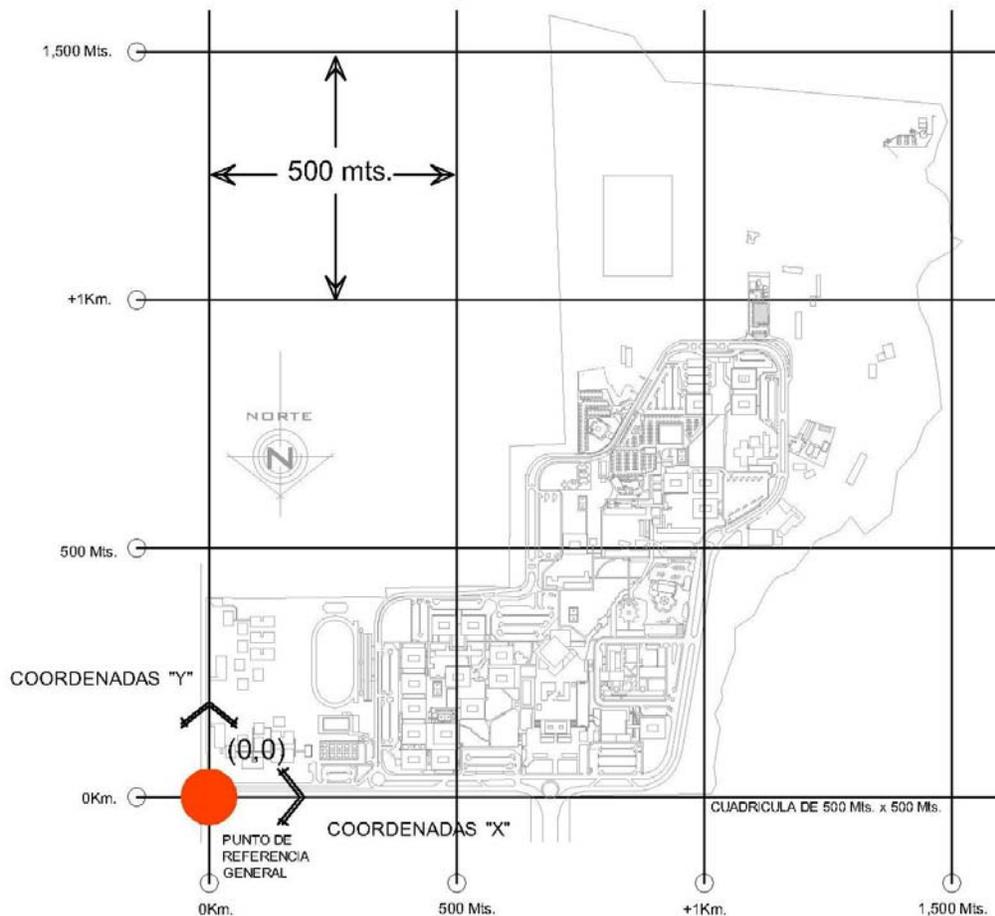
Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



#### 4.2 Cuadrícula a escala 500X500mts en el área.

En el siguiente grafico se ilustra de forma sencilla la cuadrícula utilizada dentro de la Ciudad Universitaria, dicha cuadrícula se estableció a una escala de 500X500 metros para observar la cuadrícula dentro del área determinada, la escala utilizada en este tipo de estudios se puede elegir de acuerdo al área a estudiar, por ejemplo, si el área fuera mayor podríamos utilizar una escala de 1000X1000 metros debido a que el área a estudiar es mucho mayor y los puntos de carga pueden estar a mayor distancia uno del otro. Pero hay que tomar en cuenta que en la operatoria aritmética también debe ser proporcional.

Figura 11. Cuadrícula



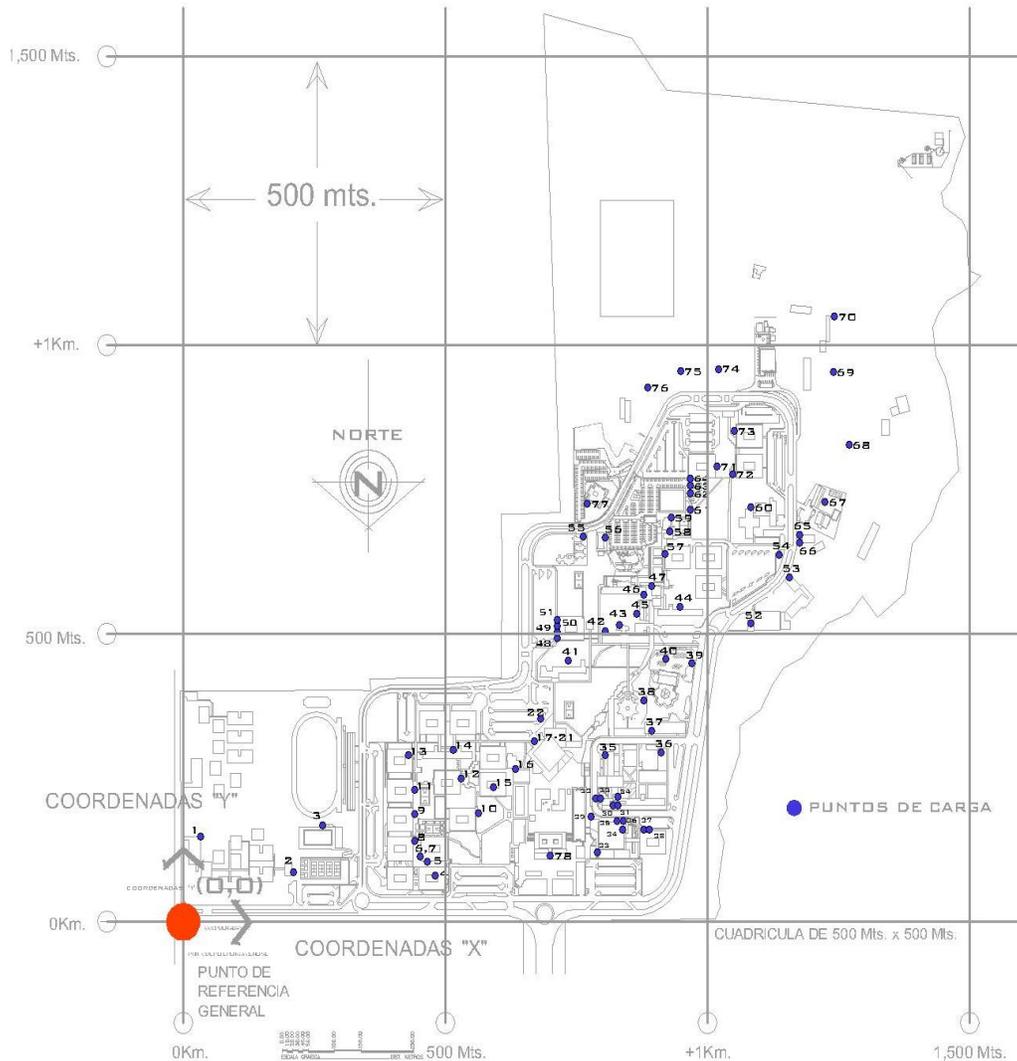
Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



### 4.3 Puntos de Carga Eléctrica en Ciudad Universitaria.

En esta etapa del estudio mediante una visita de campo en toda la Ciudad Universitaria se logro obtener la información de la ubicación geográfica de cada punto de Carga Eléctrica, mediante su respectivo número de Contador a cada contador se le asigno un numero de punto los cuales se describen en la gráfica siguiente.

Figura 12. Puntos de Carga Eléctrica

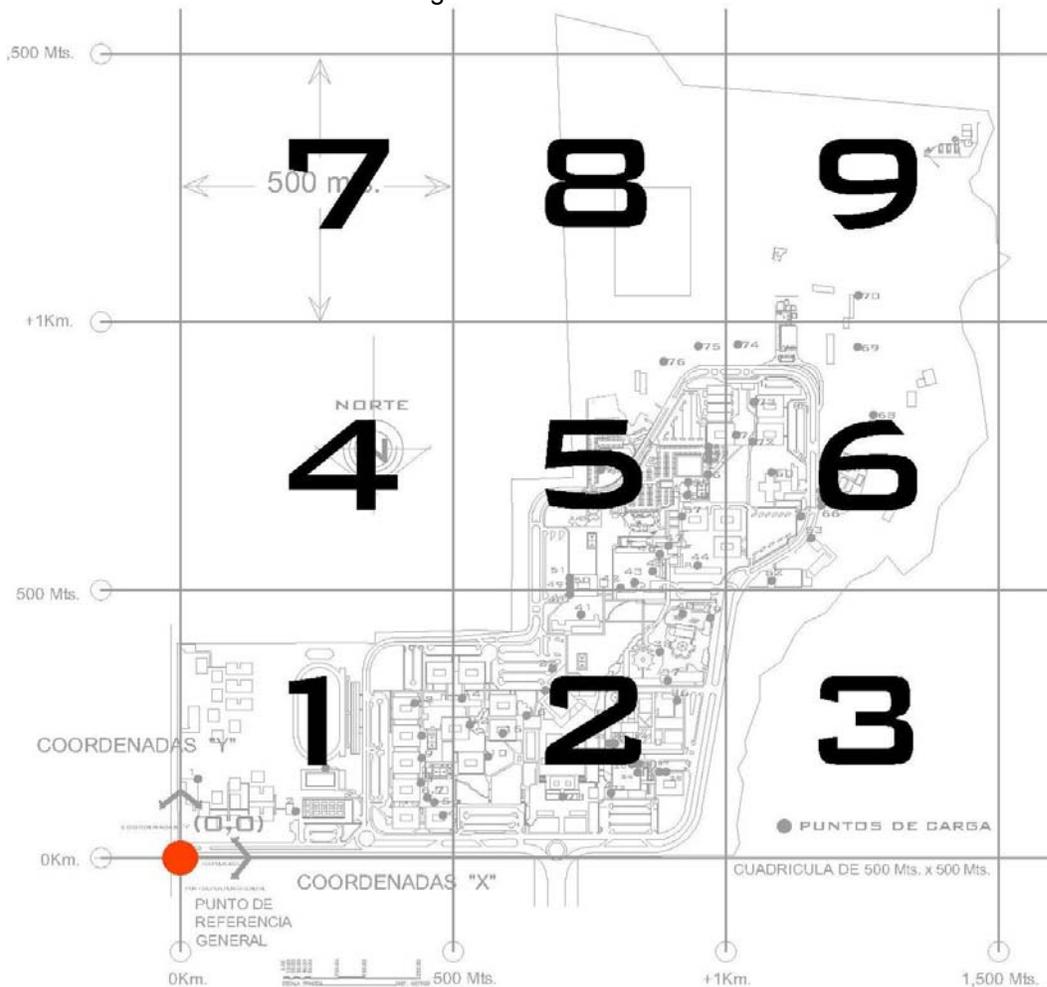


Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



Debido a la poca visualización de los puntos de carga, en la gráfica anterior se procedió a dividir la gráfica en 9 cuadrantes por motivos ilustrativos, Esta etapa no es necesaria para el estudio de momentos de carga general, en este caso se llevó a cabo, con el fin de lograr visualizar de mejor manera la ubicación de los puntos de carga dentro del área de la Ciudad Universitaria, sin embargo, en la realización de los momentos de carga sectorizados la gráfica es de gran utilidad. Si podemos observar los cuadrantes donde existen puntos de carga son los cuadrantes 1,2,5,6,9, por tal motivo, se realizó un Close Up de dichos cuadrantes para mejorar la percepción de los puntos

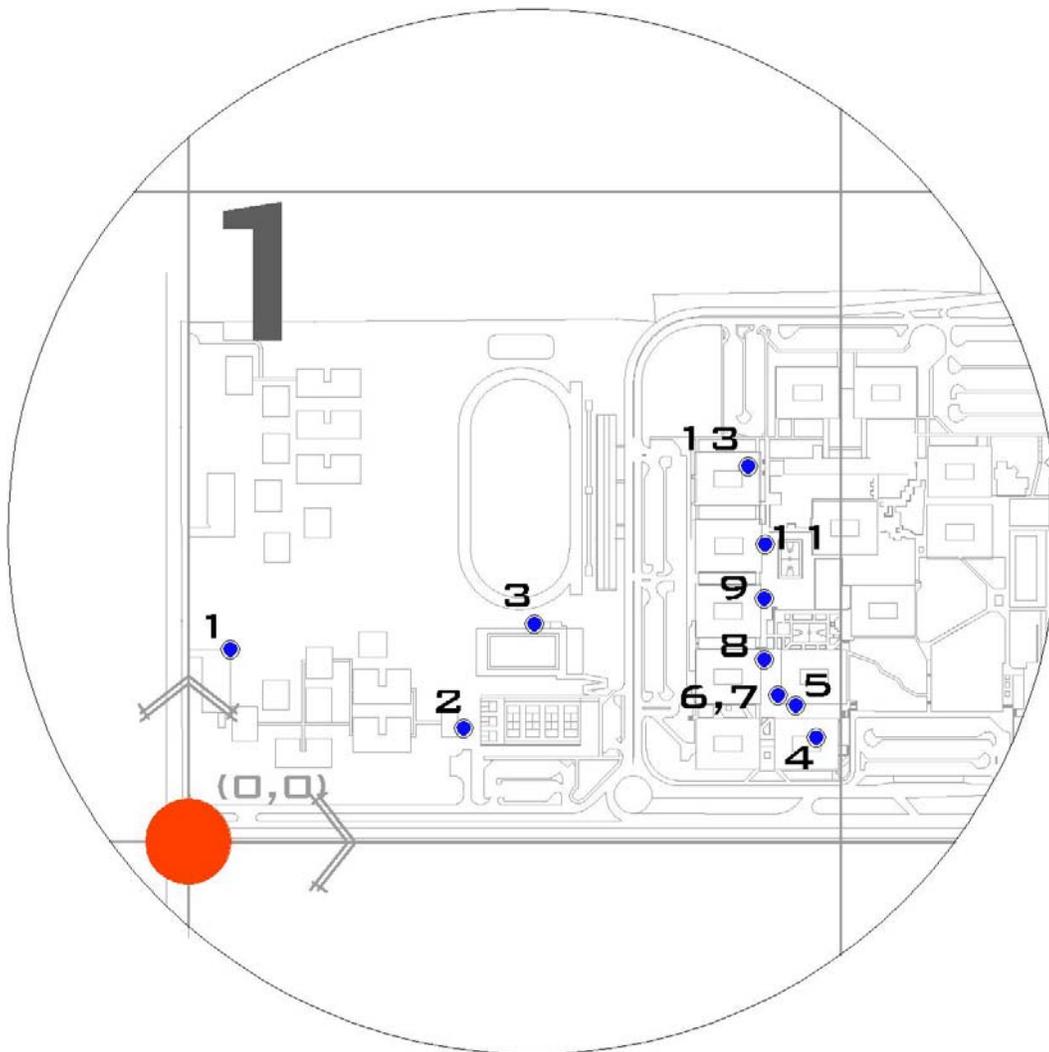
Figura 13. Cuadrantes



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



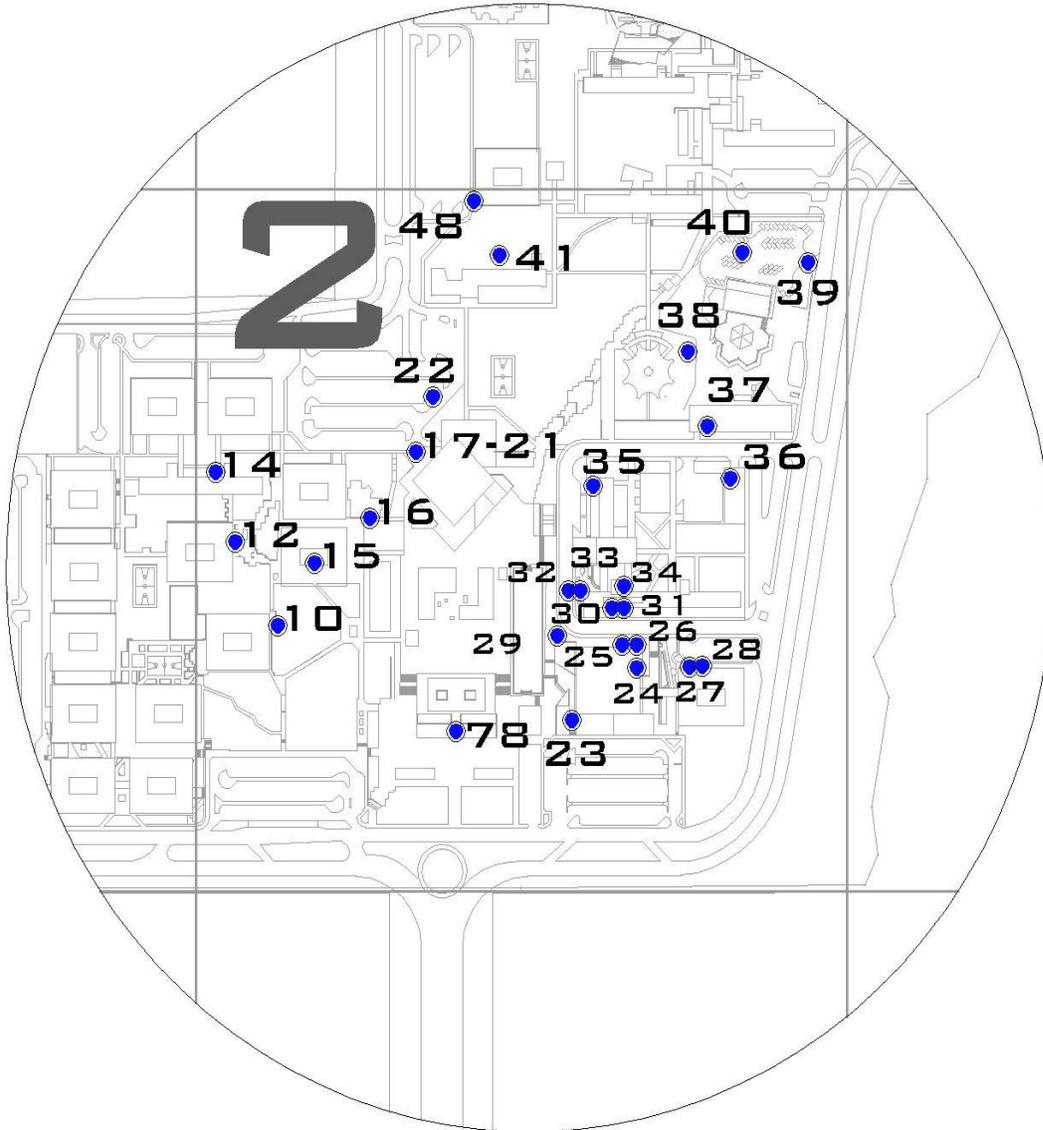
Figura 14. Puntos de Carga Cuadrante número 1



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



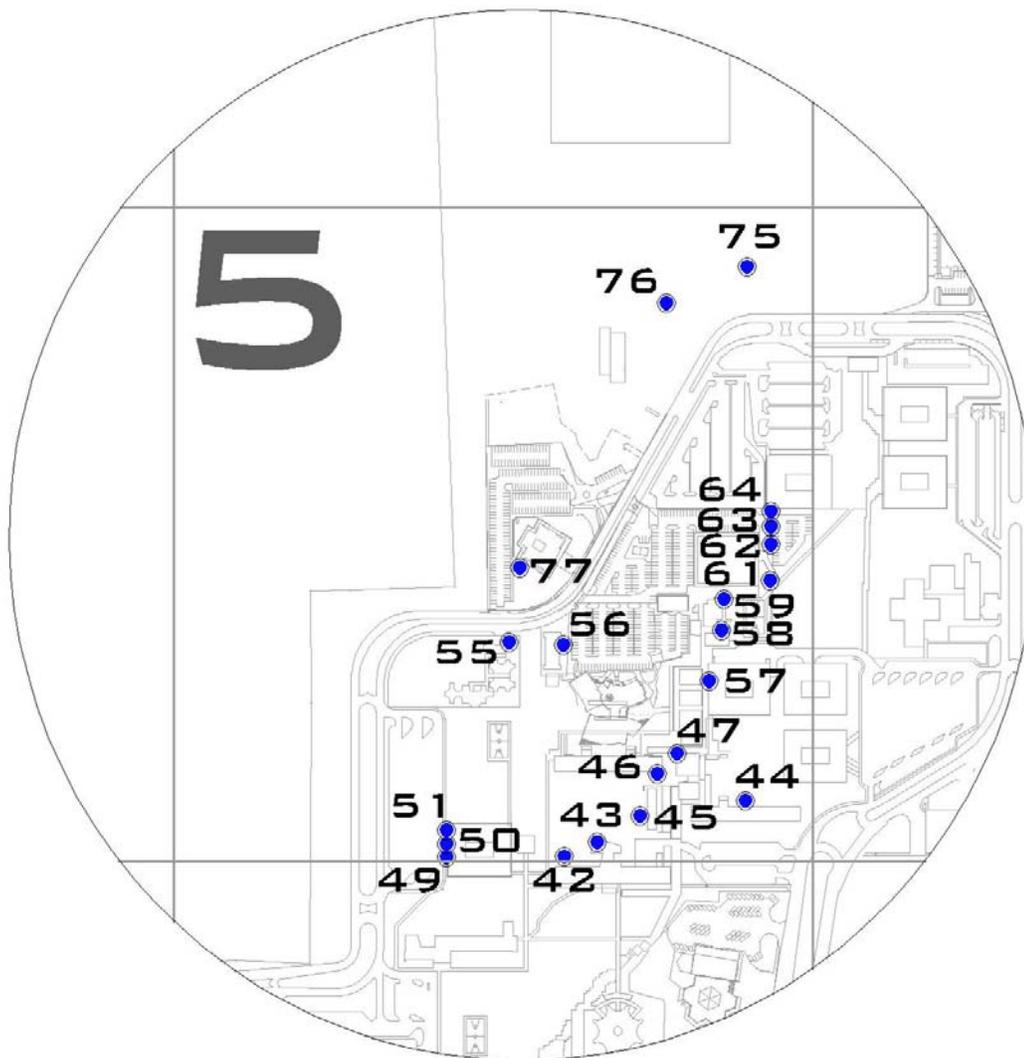
Figura 15. Puntos de Carga Cuadrante número 2



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



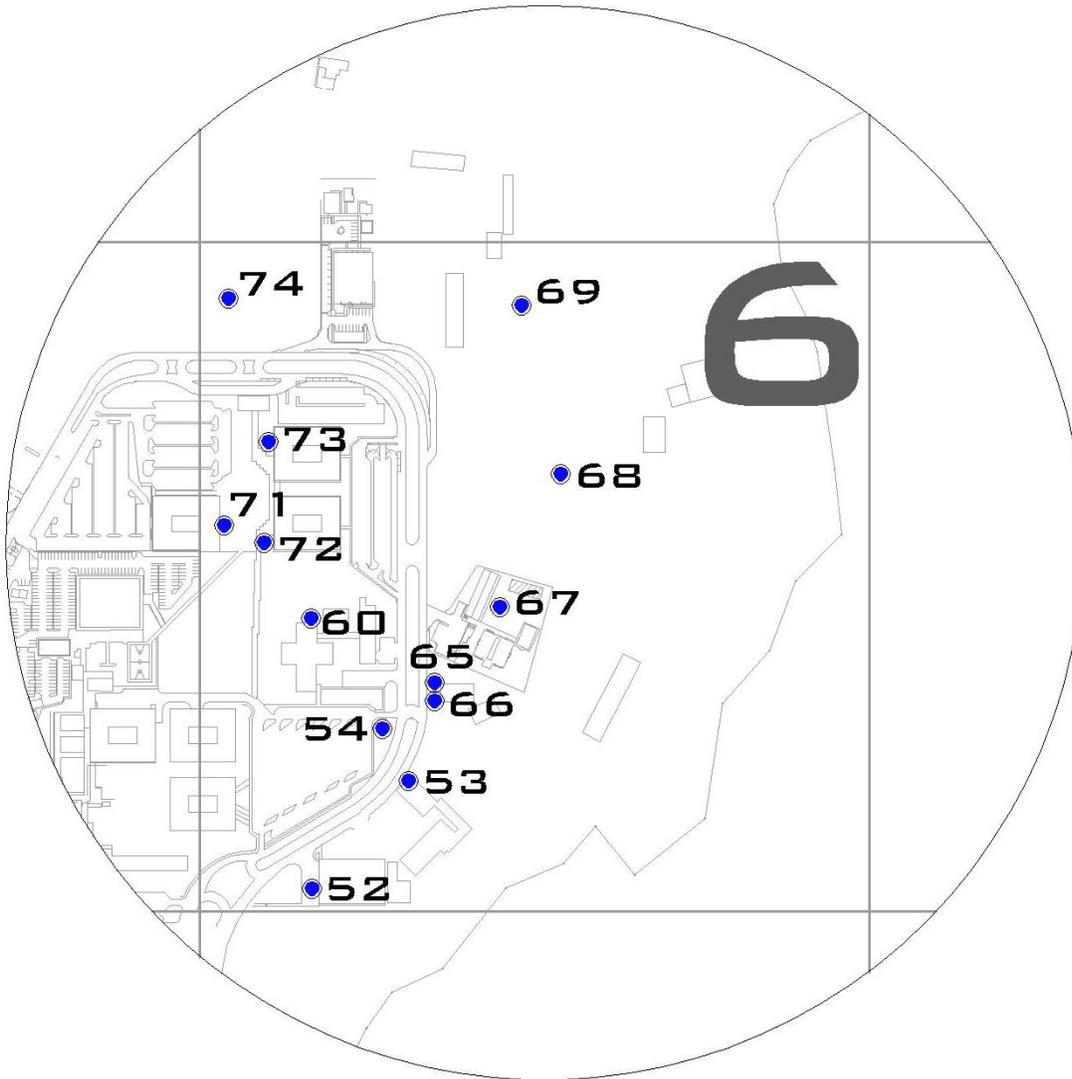
Figura 16. Puntos de Carga Cuadrante número 5



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



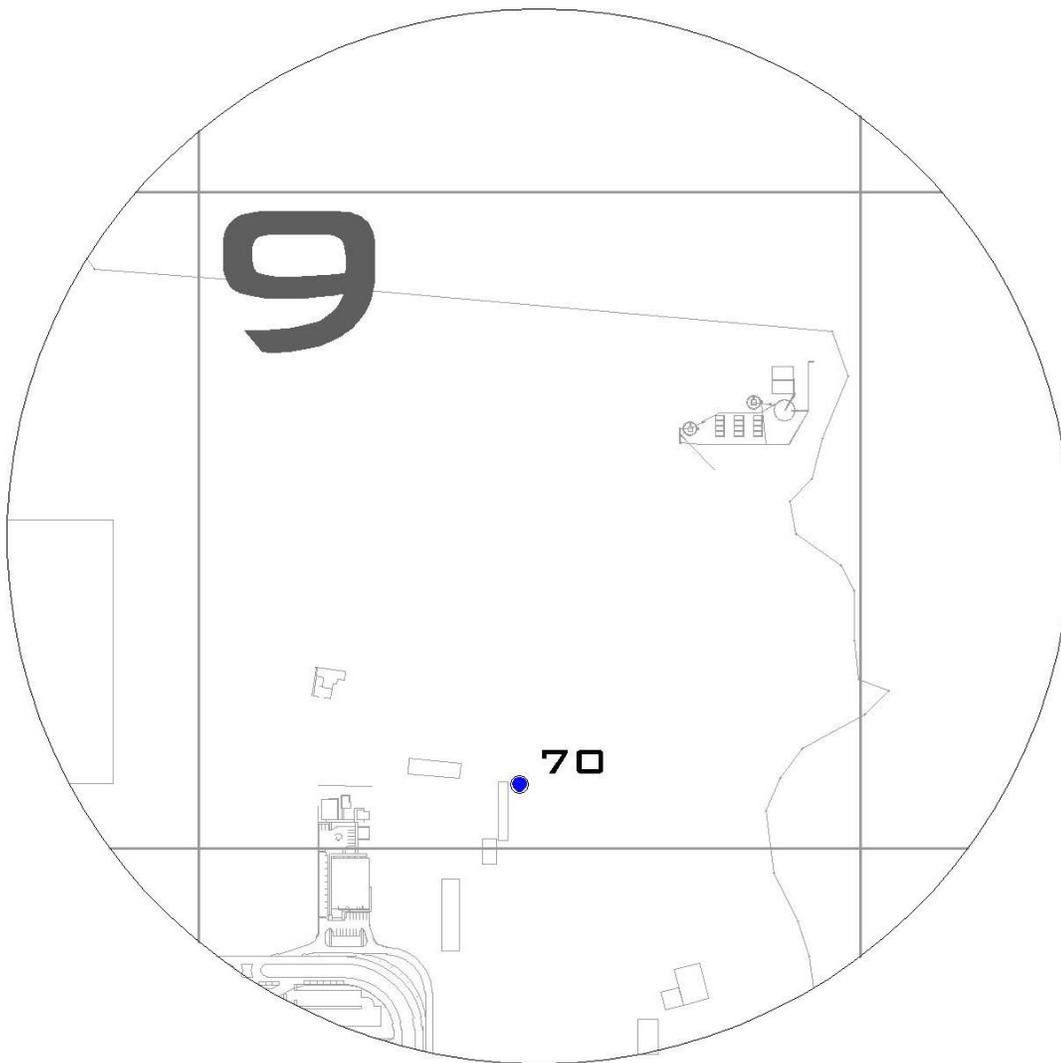
Figura 17. Puntos de Carga Cuadrante número 6



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



Figura 18. Puntos de Carga Cuadrante número 9



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



#### 4.4 Coordenadas de los distintos puntos de Carga Eléctrica.

Esta etapa es donde se obtiene la información de las coordenadas de los puntos de carga en el plano cartesiano respecto del punto de referencia, en esta etapa del estudio se requirió de el plano a escala, de la Ciudad Universitaria y por medio de un escalímetro se obtuvieron las distancias respecto del eje X y el eje Y, para obtener un dato más exacto se puede recurrir a programas como Auto Cad o Proyect para obtener las distancias exactas, pero para esto se requiere de los planos en formato digital.

Tabla V. Coordenadas de Puntos de Carga Eléctrica

<b>PUNTO No.</b>	<b>CORDENADAS (X) DX_X (metros)</b>	<b>COORDENADAS (Y) DY_Y (metros)</b>
1	32	149
2	210.5	88.06
3	265	168.35
4	480.74	80.86
5	465.28	105.9
6	451	113.85
7	451	113.85
8	440.69	141.6
9	441.18	187.83
10	562	190
11	441.555	229.64
12	530.07	249.82
13	428.69	289.78
14	515.25	299
15	591.3	234.57
16	633.74	266.6



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

17	669.13	313.72
18	669.13	313.72
19	669.13	313.72
20	669.13	313.72
21	669.13	313.72
22	682.1	353.2
23	788.95	122.6
24	838.18	160.35
25	827.62	176.68
26	838.52	176.73
27	878.83	161.18
28	889.06	161.33
29	777.43	183.41
30	819.45	202.73
31	828.89	202.73
32	786.06	215.17
33	795.5	215.17
34	828.3	218.28
35	804.83	290
36	910.63	294.85
37	890.54	332.54
38	878.09	385.35
39	970.08	448.87
40	919.84	456.24
41	733.3	454.2
42	805.24	505
43	831.26	551.587
44	947.52	547.2



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

45	864.85	535.79
46	878.42	567.96
47	893.86	583.59
48	713.11	492.89
49	713.11	503.89
50	713.11	514.34
51	713.11	524.73
52	1083.23	518.09
53	1155.62	598.46
54	1136.09	637.61
55	762.48	668.45
56	804.51	666.71
57	918.64	638.83
58	928.42	677.64
59	930.79	701.31
60	1082.96	720.06
61	966.34	715.85
62	967.44	743.57
63	967.44	756.95
64	967.56	768.69
65	1174.61	672.13
66	1174.91	628.23
67	1224.02	728.82
68	1260.71	827.79
69	1240.29	954.08
70	1241.99	1050.4
71	1018.06	789.99
72	1048.08	776.7



73	1050.95	852.18
74	1020.87	959.35
75	948.92	955.47
76	885.18	927.77
77	770.48	725.62
78	700	130

Fuente: Campus Central (USAC)

#### **4.5 Información respectiva de Demanda Eléctrica actual y Demanda Eléctrica de hace 5 años, según Empresa Eléctrica de Guatemala.**

En esta Sección se puede observar la tabla respectiva con la información de la demanda actual y la demanda que existió hace 5 años en cada punto de carga, proporcionada por la Empresa Eléctrica de Guatemala, esta tabla esta ordenada por numero asignado a cada punto de Carga Eléctrica, en esta sección del trabajo de investigación podemos observar que existen cargas nuevas es decir cargas que hace 5 años no existían y que actualmente existen dentro de la Ciudad Universitaria, así también podemos observar que existen cargas que eran mayores hace 5 años es decir hubo un decremento en su demanda Eléctrica. Este fenómeno se puede dar cuando existe abandono de edificios o la función que realizaban dichos edificios no es la misma en este rango de tiempo. Este valor se toma como crecimiento Cero al efectuar la operatoria.

Tabla VI. Puntos de Demanda Eléctrica

<b>PUNTO No.</b>	<b>DEMANDA (KVA) HACE 5 AÑOS</b>	<b>DEMANDA (KVA) ACTUAL</b>	<b><math>\Delta</math> D KVA</b>
1	63.11	59.55	0.00



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

2	5.66	7.67	2.01
3	15.44	25.2	9.76
4	72.88	113.77	40.89
5	2.4	3.2	0.8
6	1.32	1.85	0.53
7	1.43	2.65	1.22
8	38.22	67.55	29.33
9	46.66	72.88	26.22
10	25.91	40.74	14.83
11	66.66	72	5.34
12	72.4	68.44	0.00
13	50.66	52.88	2.22
14	74.66	76	1.34
15	28.77	50.08	21.31
16	0	3.2	3.2
17	0	2.64	2.64
18	0	2.03	2.03
19	0	8.43	8.43
20	0	3.12	3.12
21	0	0.45	0.45
22	192	264	72
23	1.25	2.8	1.55
24	73	84.02	11.02
25	0	4.2	4.2
26	2.3	2.54	0.24
27	0	4.2	4.2
28	3.23	5.43	2.2
29	4.05	7.2	3.15



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

30	0	6.72	6.72
31	2.3	2.4	0.1
32	3.65	3.92	0.27
33	1.32	1.65	0.33
34	134.22	168	33.78
35	0	3.26	3.26
36	60.44	26.66	0.00
37	32.45	46.72	14.27
38	5.26	6.21	0.95
39	2.1	1.8	0.00
40	3.2	3.6	0.4
41	7.01	10.16	3.15
42	3.4	4.2	0.8
43	92.3	127.34	35.04
44	195.65	210.66	15.01
45	12.45	18.2	5.75
46	0	3.56	3.56
47	1.9	3.8	1.9
48	0	1.8	1.8
49	2.54	2.9	0.36
50	8.2	9.87	1.67
51	3.12	3.89	0.77
52	38.88	47.77	8.89
53	8.23	15.65	7.42
54	51.23	42.45	0.00
55	3.4	4.2	0.8
56	4.65	18.21	13.56
57	0	9.92	9.92



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

58	2.02	3.05	1.03
59	0.5	0.8	0.3
60	24.8	27.4	2.6
61	0	2.3	2.3
62	66.66	85.33	18.67
63	0	1.43	1.43
64	1.23	2.45	1.22
65	5.2	3.45	0.00
66	0	2.32	2.32
67	7	10.16	3.16
68	133.33	14.22	0.00
69	25.05	33.91	8.86
70	3.55	4.85	1.3
71	43.22	48.21	4.99
72	5.45	0	0.00
73	54.33	57.17	2.84
74	62.22	62.4	0.18
75	8.88	13.88	5
76	12.77	15.36	2.59
77	0	4.8	4.8
78	70.987	122.345	51.358

Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA)



## 4.6 Localización Geográfica de la Subestación Eléctrica General

### 4.6.1 Operatoria.

Momento de Carga en el eje X.

Fórmula No. 27

$$M_x = \sum (KVA \times DX - X)$$

$$\begin{aligned} M_x = & (0.00*32)+(2.01*210.50)+(9.76*265)+(40.89*480.74)+(0.80*465.28)+ \\ & (0.53*451)+(1.22*451)+(29.33*440.69)+(26.22*441.18)+(14.83*562)+ \\ & (5.34*441.55)+(0.00*530.07)+(2.22*428.6)+(1.34*515.25)+(21.31*591.30)+ \\ & (3.20*633.74)+(2.64*669.13)+(2.03*669.13)+(8.43*669.13)+(3.12*669.13)+ \\ & (0.45*669.13)+(72*682.10)+(1.55*788.95)+(11.02*838.18)+(4.20*827.62)+ \\ & (0.24*838.52)+(4.2*827.62)+(0.24*828.52)+(4.20*878.83)+(2.20*889.06)+ \\ & (3.15*777.43)+(6.72*819.45)+(0.10*828.89)+(0.27*786.06)+(0.33*795.5)+ \\ & (33.78*828.30)+(3.26*804.83)+(0.00*910.63)+(14.27*890.54)+ \\ & (0.95*878.09)+ (0.00*970.08)+(0.40*919.84)+(3.15*733.30)+(0.80*805.24)+ \\ & (35.04*831.26)+(15.01*947.52)+(5.75*864.85)+(3.56*878.42)+ \\ & (1.90*893.86)+(1.80*713.11)+(0.36*713.11)+(1.67*713.11)+(0.77*713.11)+ \\ & (8.89*1,083.23)+(7.42*1,155.62)+(0.00*1,136.09)+(0.80*762.48)+ \\ & (13.56*804.51)+(9.92*918.64)+(1.03*928.42)+(0.30*930.79)+ \\ & (2.60*1,082.96)+(2.30*966.34)+(18.67*967.44)+(1.43*967.44)+ \\ & (1.22*967.56)+(0.00*1,174.61)+(2.32*1,174.91)+(3.16*1,224.02)+ \\ & (0.00*1,260.71)+(8.86*1,240.29)+(1.30*1,241.99)+(4.99*1,018.06)+ \\ & (0.00*1,048.08)+(2.84*1,050.95)+(0.18*1,020.87)+(5*948.92)+ \\ & (2.59*885.18)+(4.80*770.48)+(51.35*700) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} M_x = & 0.00+423.10+2,586.40+19,657.45+372.22+239.03+550.22+12,925.43+ \\ & 11,567.73+8,334.46+2,357.90+0.00+951.69+690.43+12,600.60+2,027.96+ \\ & 1,766.50+1,358.33+5,640.76+2,087.68+301.10+49,111.20+1,222.87+9,236.74+ \\ & 3,476+201.24+3,691.08+1,955.93+2,448.90+5,506.70+82.88+212.23+262.51+2 \\ & 7,979.97+2,623.74+0.00+12,708+834.18-291.02+367.93+2,309.89+ \\ & 644.19+29,127.35+14,222.27+4,972.88+3,127.17+1,698.33+1,283.59+256.71+ \\ & 1,190.89+549.09+9,629.91+8,574.70-9,974.87+609.98+10,909.15+ \\ & 9,112.90+956.27+279.23+2,815.69+2,222.58+18,062.10+1,383.43+ \quad 1180.42- \\ & 2,055.56+2,725.79+3,867.90-150,163.16+10,988.96+1,614.58+ \\ & 5,080.11+0.00+2,984.69+183.75+4,744.60+2,292.61+3,698.30+35,950.60 \end{aligned}$$

$$M_x = 407,612.03$$

Momento de Carga en el eje Y

Fórmula No. 28

$$M_y = \sum (KVA \times DY - Y)$$

$$\begin{aligned} M_y = & (0.00 \times 149) + (2.01 \times 88.06) + (9.76 \times 168.35) + (40.89 \times 80.86) + (0.8 \times 105.90) + \\ & (0.53 \times 113.85) + (1.22 \times 113.85) + (29.33 \times 141.60) + (26.22 \times 187.83) + (14.83 \times 190) + \\ & (5.34 \times 229.64) + (0.00 \times 249.82) + (2.22 \times 289.78) + (1.34 \times 299) + (21.31 \times 234.57) + \\ & (3.2 \times 266.6) + (2.64 \times 313.72) + (2.03 \times 313.72) + (8.43 \times 313.72) + (3.12 \times 313.72) + \\ & (0.45 \times 313.72) + (72 \times 353.2) + (1.55 \times 122.60) + (11.02 \times 160.35) + (4.20 \times 176.68) + \\ & (0.24 \times 176.73) + (4.20 \times 161.18) + (2.20 \times 161.33) + (3.15 \times 183.41) + (6.72 \times 202.73) + \\ & (0.10 \times 202.73) + (0.27 \times 215.17) + (0.33 \times 215.17) + (33.78 \times 218.28) + (3.26 \times 290) + \\ & 0.00 \times 294.85) + (14.27 \times 332.54) + (0.95 \times 385.35) + (0.00 \times 448.87) + (0.4 \times 456.24) + \\ & (3.15 \times 454.20) + (0.80 \times 505) + (35.04 \times 551.58) + (15.01 \times 547.20) + (5.75 \times 535.79) + \\ & (3.56 \times 567.96) + (1.90 \times 583.59) + (1.80 \times 492.89) + (0.36 \times 503.89) + (1.67 \times 514.34) + \\ & (0.77 \times 524.73) + (8.89 \times 518.09) + (7.42 \times 598.46) + (0.00 \times 637.61) + (0.80 \times 668.45) + \end{aligned}$$



$$(13.56*666.71)+(9.92*638.83)+(1.03*677.64)+(0.30*701.31)+(2.60*720.06)+$$
$$(2.30*715.85)+(18.67*743.57)+(1.43*756.95)+(1.22*768.69)+(0.00*672.13)+$$
$$(2.32*628.23)+(3.16*728.82)+(0.00*827.79)+(8.86*954.08)+(1.30*1,050.40)+$$
$$(4.99*789.99)+(0.00*776.7)+(2.84*852.18)+(0.18*959.35)+(5*955.47)+$$
$$(2.59*927.77)+(4.80*725.62)+(51.35*130)$$

$$My=0.00+177+1,643.09+3,306.36+84.72+60.34+138.89+4,153.12+$$
$$4,924.90+2,817.70+1,226.27+0.00+643.31+400.66+4998.68+853.12+$$
$$828.33+636.85+2,644.65+978.80+141.17+25,430.40+190.03+1,767.05+$$
$$742.05+42.41+676.95+354.92+577.74+1,362.34+20.27+58.09+71.00+7,373.49$$
$$+945.40+0.00+4,745.34+366.08+0.00+182.49+1,430.73+404+19,327.60+8,213.$$
$$47+3,080.79+2,021.93+1,108.82+887.20+181.40+858.94+404.04+4,605.82+4,4$$
$$40.57-5598.21+534.76+9,040.58+6,337.19+697.96+210.39+$$
$$1,872.15+1,646.45+13,882.45+1,082.43+937.80+0.00+1,457.49+2,303.07-$$
$$98,598.06+8,453.14+1,365.52+3,942.05+0.00+2,420.19+172.68+4,777.35+$$
$$2,402.92+3,482.97+6,676.54$$

$$MY=196,225.54$$

Sumatoria Aritmética de los crecimientos de demanda Eléctrica

Fórmula 29

$$\sum KVA$$

$$\sum KVA=+0.00+2.01+9.76+40.89+0.8+0.53+1.22+29.33+26.22+14.83+5.34+$$
$$0.003.96+2.22+1.34+21.31+3.20+2.64+2.03+8.43+3.12+0.45+72+1.55+11.02+$$
$$4.20+0.24+4.20+2.20+3.15+6.72+0.10+0.27+0.33+33.78+3.26-33.78+$$
$$14.27+0.95+0.00+0.40+3.15+0.80+35.04+15.01+5.75+3.56+1.90+1.80+$$



0.36+1.67+0.77+8.89+7.42+0.00+0.80+13.56+9.92+1.03+0.30+2.60+2.30+18.6  
7+1.43+1.22+0.00+2.32+3.16+0.00+8.86+1.30+4.99-5.45+2.84+0.18+  
0.50+2.59+4.80+51.36

$$\sum KVA = 559.7$$

#### 4.6.2 Cálculo de Coordenadas

Coordenada en el Eje X de la Ubicación de la Subestación Eléctrica

Fórmula 30

$$X_{cc} = \frac{M_x}{\sum KVA}$$

$$X_{cc} = 407,612.03/559.7$$

$$X_{cc} = 728.32 \text{ mts}$$

Coordenada en el eje y de la ubicación de la Subestación Eléctrica

Fórmula 31

$$Y_{cc} = \frac{M_y}{\sum KVA}$$

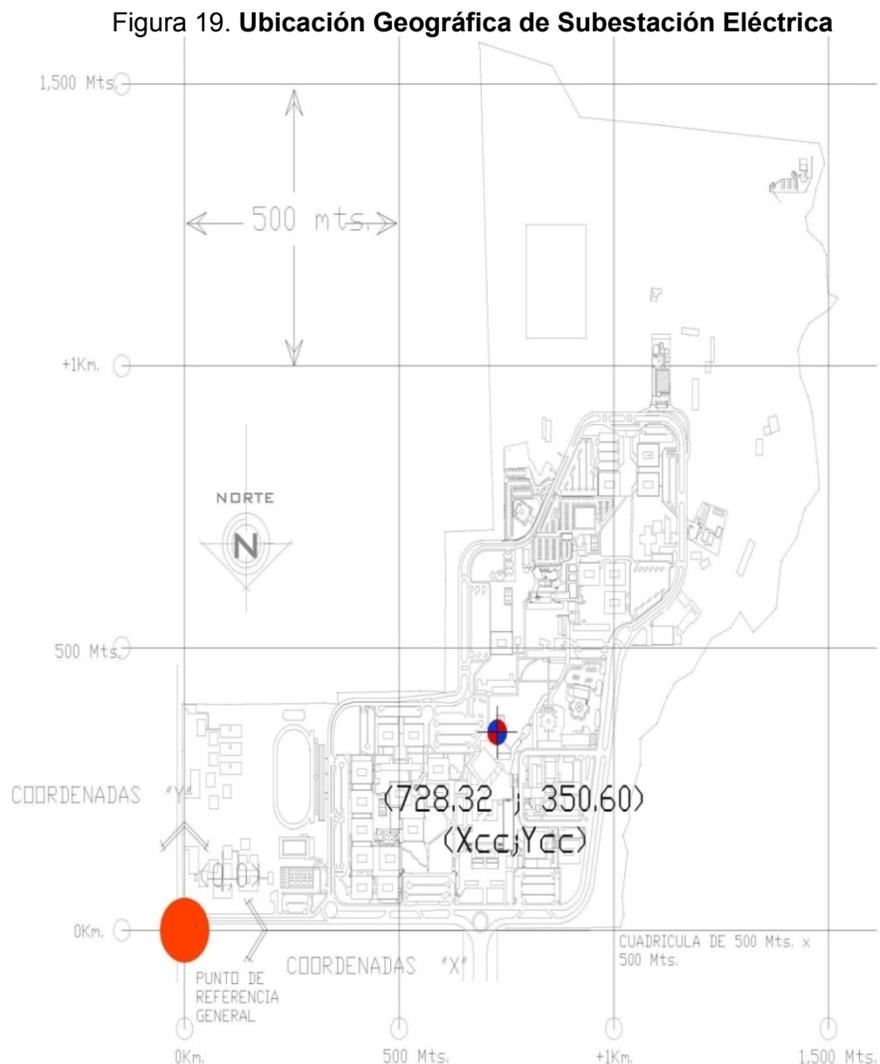
$$Y_{cc} = 196,225.54/559.7$$

$$Y_{cc} = 350.6 \text{ mts}$$



#### 4.7 Ubicación general

En la gráfica siguiente se puede ilustrar el punto ideal para la construcción de una subestación de distribución para proveer de energía eléctrica a todo el sector de la Ciudad Universitaria, esta ubicación es el punto de partida en la construcción de subestaciones debido a que este punto nos indica el lugar exacto donde la distribución será más rentable y funcional. Y prácticamente es la finalización del tema a que se refiere este trabajo de graduación.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



*Universidad de San Carlos de Guatemala*  
*Facultad de Ingeniería Escuela Mecánica Eléctrica*  
*Estudios de Momento de Carga Eléctrica de la Ciudad Universitaria zona 12*

---

En el estudio de Momentos de Carga Eléctrica se obtuvo, mediante formulas estadísticas el lugar ideal para la construcción de una subestación en la Ciudad Universitaria, pero dicho proyecto es de gran complejidad cuyo alcance de este trabajo de graduación no cubrirá pero atreves de este estudio se puede obtener un apoyo confiable de las necesidades que se tienen en dicho sector debido a que se recabo información importante de comportamiento de la Demanda Eléctrica ubicación de Cargas así también como tipos de Servicio en cada edificio y en el próximo capítulo se llevara a cabo el planteamiento de un servicio de distribución eléctrica unificado por medio del estudio de Momentos de Carga sectorizados.



## **5. MOMENTOS DE CARGA SECTORIZADOS.**

Actualmente en el Campus Central de la Ciudad Universitaria Zona 12 está en proceso la realización del proyecto llamado Red de Servicios Integrados, el cual es un proyecto que nació de la necesidad de crear una red de telecomunicaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala, acompañado de esto se pudo observar que el Servicio Eléctrico era deficiente y de mínima capacidad como para poder respaldar el correcto funcionamiento de La Red de Servicios Integrados, a raíz de este problema en el año 2006, se realizó un contrato ampliatorio a la Contratista, dicho contrato consistía en el mejoramiento de las instalaciones Eléctricas de algunos edificios por medio de subestaciones tipo pad mounted las cuales van a respaldar la carga existente y la carga adicional que dicho proyecto conllevaría. De ahí nace la necesidad que en este proyecto se realice un estudio de momentos de carga sectorizados debido a que ya se disponen de 4 subestaciones tipo pad mounted y la universidad esta en una fase de crecimiento eléctrico, dicho estudio servirá para orientar dicho crecimiento.

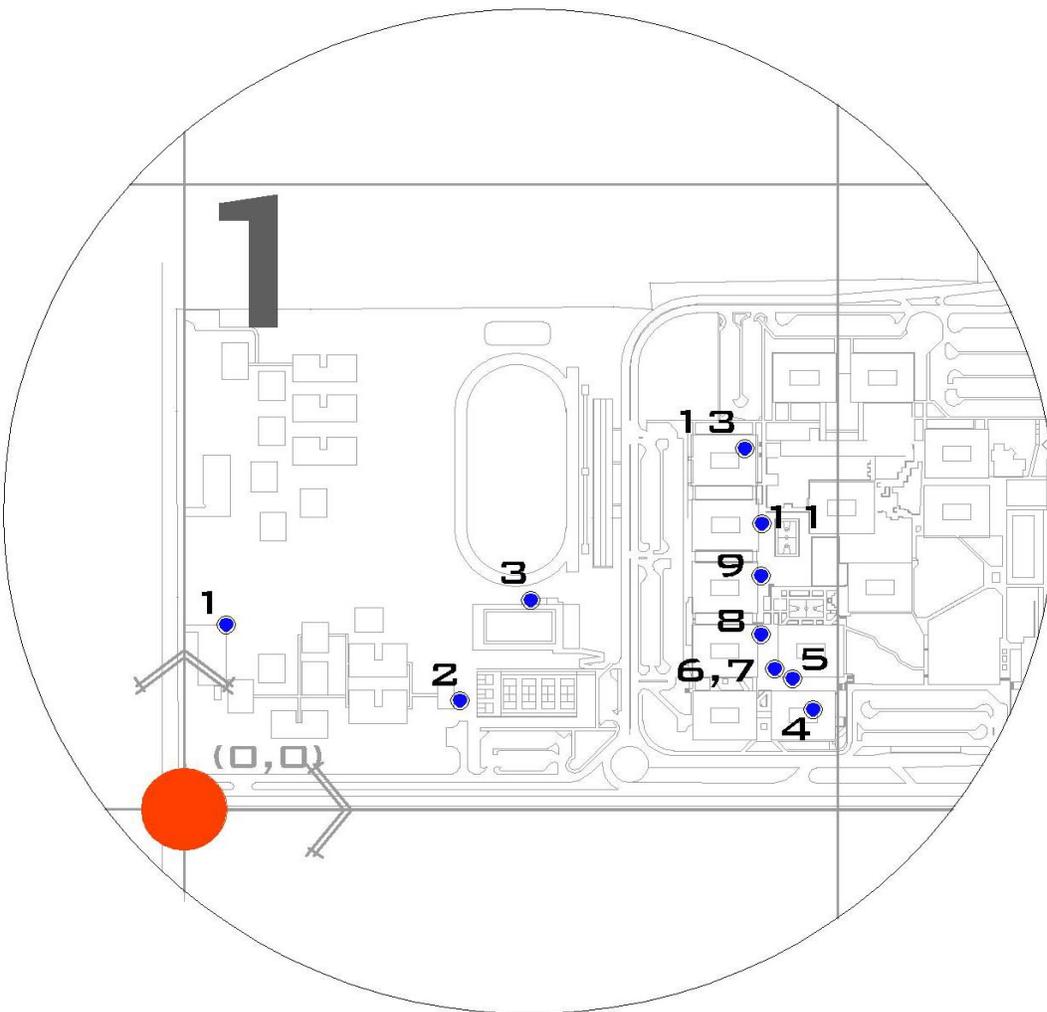
Como se pudo observar en capítulos anteriores, el plano general del campus central se dividió en 9 cuadrantes para mejor visualización de los puntos de carga eléctrica, dicha gráfica (gráfica 13) también nos sirve para analizar cada cuadrante en particular y lograr conseguir su respectivo momento de carga eléctrica. Los cuadrantes que se analizaran son los cuadrantes 1, 2, 5, 6 debido a que en estos cuadrantes es donde se concentra la carga eléctrica distribuida dentro del Campus Central.



### 5.1 Momento de carga en el Cuadrante 1

A continuación se realizará el estudio de momento de carga eléctrica del cuadrante Numero 1 el cual pertenece a el área Este de La ubicación geográfica del Campus central. Este sector comprende el área de EFPEM, Canchas deportivas, Odontología y la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.

Figura 20 Puntos de Carga en el Cuadrante número 1



Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



Tabla VII. Puntos de Carga en el cuadrante número 1

<b>PUNTO No.</b>	<b>CONTADOR No.</b>	<b>COORDENADAS (X) DX_X (metros)</b>	<b>COORDENADAS (Y) DY_Y (metros)</b>	<b>Δ D KVA</b>
1	J-38678	32	149	0.00
2	L-92533	210.5	88.06	2.01
3	A-46703	265	168.35	9.76
4	J-39247	480.74	80.86	40.89
5	J-67168	465.28	105.9	0.8
6	J-38955	451	113.85	0.53
7	H-93866	451	113.85	1.22
8	T-00529	440.69	141.6	29.33
9	T-00486	441.18	187.83	26.22
11	T-00488	441.555	229.64	5.34
13	T-00254	428.69	289.78	2.22

Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)

Información necesaria para el Estudio de Momento de Carga.

Operatoria.

Momento de Carga en el eje X.

$$M_x = (0.00*32)+(2.01*210.5)+(9.76*265)+(40.89*480.74)+(0.8*465.28)+ \\ 0.53*451)+(1.22*451)+(29.33*440.69)+(26.22*441.18)+(5.34*441.55)+ \\ (2.22*428.69)$$

$$M_x = 51,631.21$$



Momento de Carga en el eje Y

$$\begin{aligned} My = & (0.00*149)+(2.01*88.06)+(9.76*168.35)+(40.89*80.86)+(0.8*105.9)+ \\ & (0.53*113.85)+(1.22*113.85)+(29.33*141.6)+(26.22*187.83)+ \\ & (5.34*229.64)+(2.22*289.78) \end{aligned}$$

$$My = 16,358.03$$

Sumatoria Aritmética de los crecimientos de demanda Eléctrica

$$\sum KVA = 0.00+2.01+9.76+40.89+0.8+0.53+1.22+29.33+26.22+5.34+2.22$$

$$\sum KVA = 118.32$$

Coordenada en el Eje X Sectorizada.

$$X_{cc} = 51,631.31/118.32$$

$$X_{cc} = 436.37 \text{ mts}$$

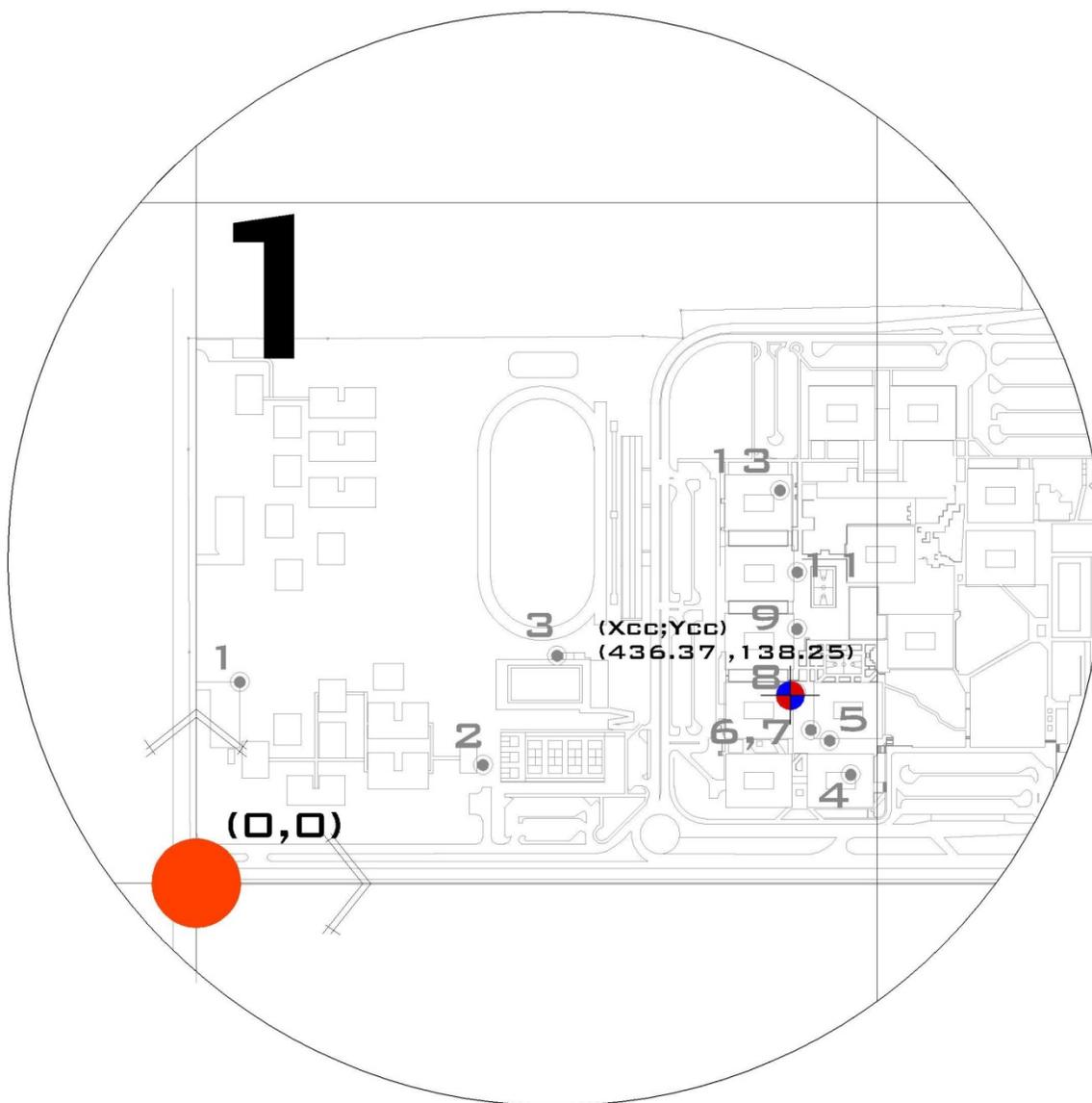
Coordenada en el Eje Y Sectorizada.

$$Y_{cc} = 16,358.03/118.32$$

$$Y_{cc} = 138.25 \text{ mts}$$



Figura 21 Ubicación del Momento de carga en el Cuadrante 1



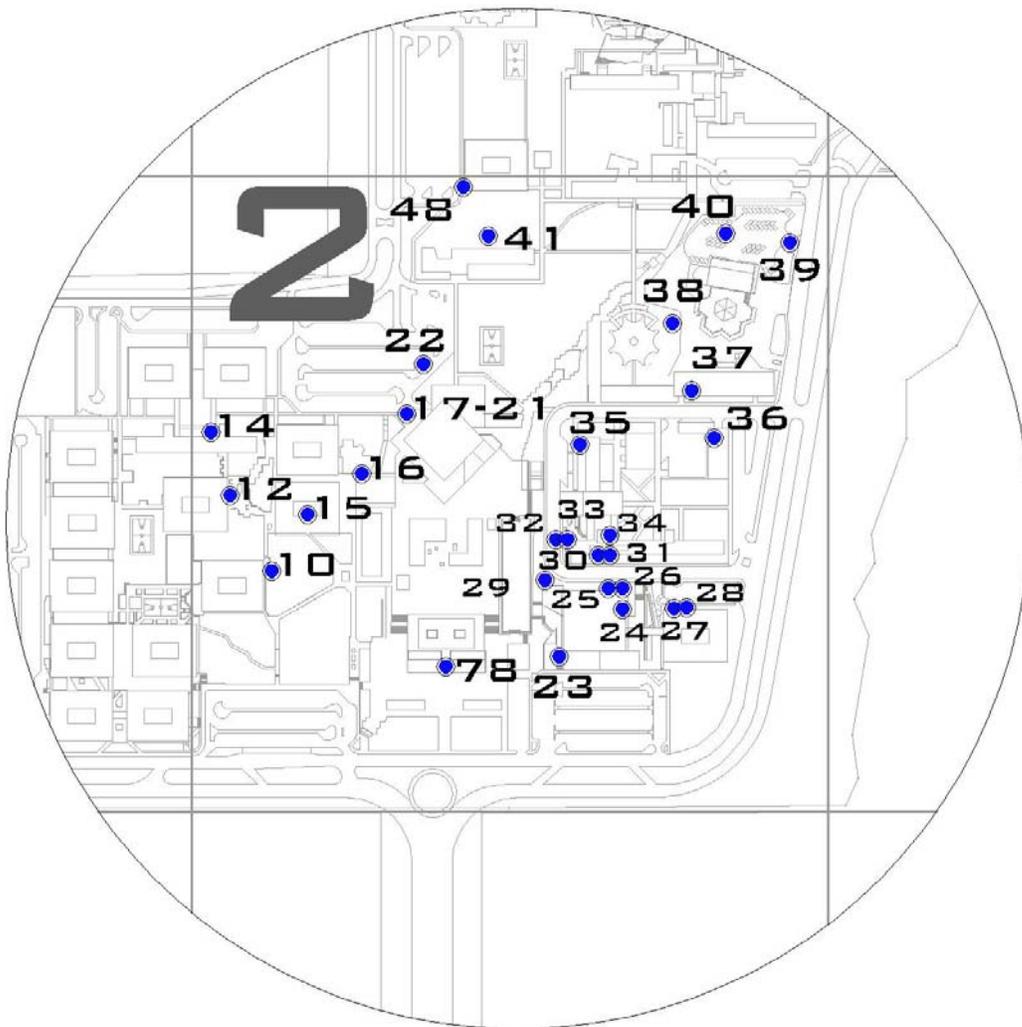
Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



## 5.2 Momento de carga en el Cuadrante 2

El Estudio de Momento de Carga Eléctrica del cuadrante Numero 2 el cual pertenece al área Central de La ubicación geográfica del Campus central. Este sector comprende el área de Rectoría, Ingeniería, Arquitectura, Agronomía y Recursos Educativos.

Figura 22 Puntos de Carga en el Cuadrante 2



Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



Información Necesaria para El Estudio de Momento de Carga.

Tabla VIII. Puntos de Carga en el Cuadrante No.2

<b>PUNTO No.</b>	<b>CONTADOR No.</b>	<b>COORDENADAS (X) DX_X (metros)</b>	<b>COORDENADAS (Y) DY_Y (metros)</b>	<b><math>\Delta D</math> KVA</b>
12	J-39242	530.07	249.82	0.00
14	J-39567	515.25	299	1.34
15	L-92345	591.3	234.57	21.31
16	J-63968	633.74	266.6	3.2
17	K-99512	669.13	313.72	2.64
18	L-17641	669.13	313.72	2.03
19	K-19701	669.13	313.72	8.43
20	L-53713	669.13	313.72	3.12
21	H-24240	669.13	313.72	0.45
22	J-39429	682.1	353.2	72
23	K-14494	788.95	122.6	1.55
24	K-22663	838.18	160.35	11.02
25	K-05019	827.62	176.68	4.2
26	H-14052	838.52	176.73	0.24
27	J-80306	878.83	161.18	4.2
28	J-80391	889.06	161.33	2.2
29	J-19062	777.43	183.41	3.15
30	L-87104	819.45	202.73	6.72
31	J-34293	828.89	202.73	0.1
32	K-80330	786.06	215.17	0.27
33	L-31186	795.5	215.17	0.33
34	T-00071	828.3	218.28	33.78
35	L-91710	804.83	290	3.26



36	J-38385	910.63	294.85	0.00
37	K-21123	890.54	332.54	14.27
38	E-06927	878.09	385.35	0.95
39	H-90963	970.08	448.87	0.00
40	D-88336	919.84	456.24	0.4
41	I-77817	733.3	454.2	3.15
48	K-83210	713.11	492.89	1.8
78	H00091	700	130	51.358

Operatoria.

Momento de Carga en el eje X.

$$\begin{aligned} M_x = & (0.00*530.07)+(1.34*515.25)+(21.31*591.3)+(3.2*633.74)+ \\ & (2.64*669.13)+(2.03*669.13)+(8.43*669.13)+(3.12*669.13)+(0.45*669.13)+ \\ & (72*682.1)+(1.55*788.95)+(11.02*838.18)+(4.2*827.62)+(0.24*838.52)+ \\ & (4.2*827.62)+(2.2*889.06)+(3.15*777.43)+(6.72*819.45)+(0.1*828.89)+ \\ & (0.27*786.06)+(0.33*795.5)+(33.78*828.3)+(3.26*804.83)+(0.00*910.63)+ \\ & (14.27*890.54)+(0.95*878.09)+(0.00*970.08)+(0.4*919.84)+(3.15*733.3)+(1.8*7 \\ & 13.11)+(51.358*700) \end{aligned}$$

$$M_x = 187,939.67$$

Momento de Carga en el eje Y

$$\begin{aligned} M_y = & (0.00*249.82)+(1.34*299)+(21.31*234.57)+(3.2*266.6)+(2.64*313.72)+ \\ & (2.03*313.72)+(8.43*313.72)+(3.12*313.72)+(0.45*313.72)+(72*353.2)+ \\ & (1.55*122.6)+(11.02*160.35)+(4.2*176.68)+(0.24*176.73)+(4.2*161.18)+ \\ & (2.2*161.33)+(3.15*183.41)+(6.72*202.73)+(0.1*202.73)+(0.27*215.17)+ \\ & (0.33*215.17)+(33.78*218.28)+(3.26*290)+(0.00*294.85)+(14.27*332.54)+ \end{aligned}$$



$$(0.95*385.35)+(0.00*448.87)+(0.4*456.24)+(3.15*454.2)+(1.8*492.89)+$$
$$(51.35*130)$$

$$M_y = 65,382.77$$

Sumatoria Aritmética de los crecimientos de demanda Eléctrica

$$\sum KVA = 0.00+1.34+21.31+3.2+2.64+2.03+8.43+3.12+0.45+72+1.55+11.02+$$
$$4.2+0.24+4.2+2.2+3.15+6.72+0.1+0.27+0.33+33.78+3.26+0.00+14.27+$$
$$0.95+0.00+0.4+3.15+1.8+51.35$$

$$\sum KVA = 257.46$$

Coordenada en el Eje X Sectorizada.

$$X_{cc} = 187,939.67/257.46$$

$$X_{cc} = 729.97 \text{ mts}$$

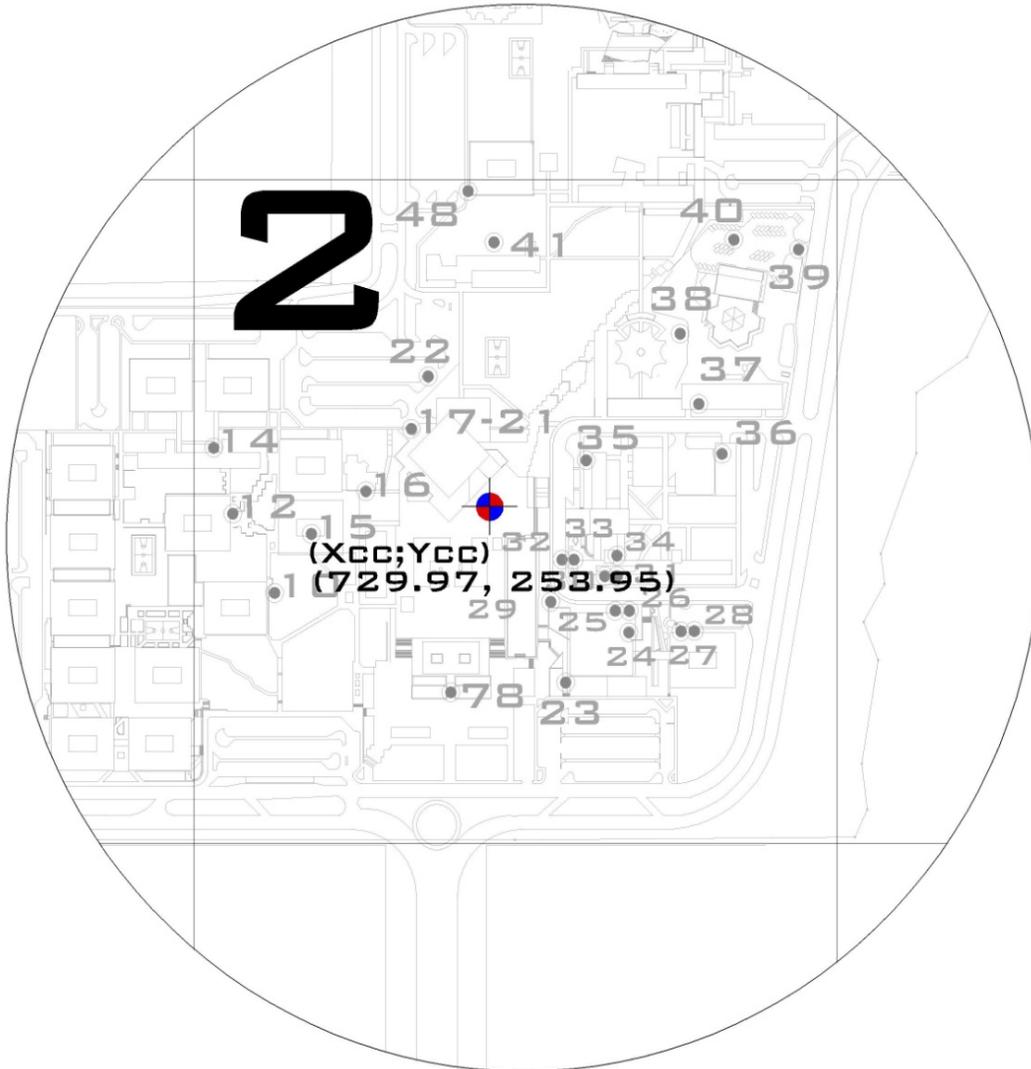
Coordenada en el Eje Y Sectorizada.

$$Y_{cc} = 65,382.77/257.46$$

$$Y_{cc} = 253.95 \text{ mts}$$



Figura 23 Ubicación de Momento de carga en el cuadrante 2



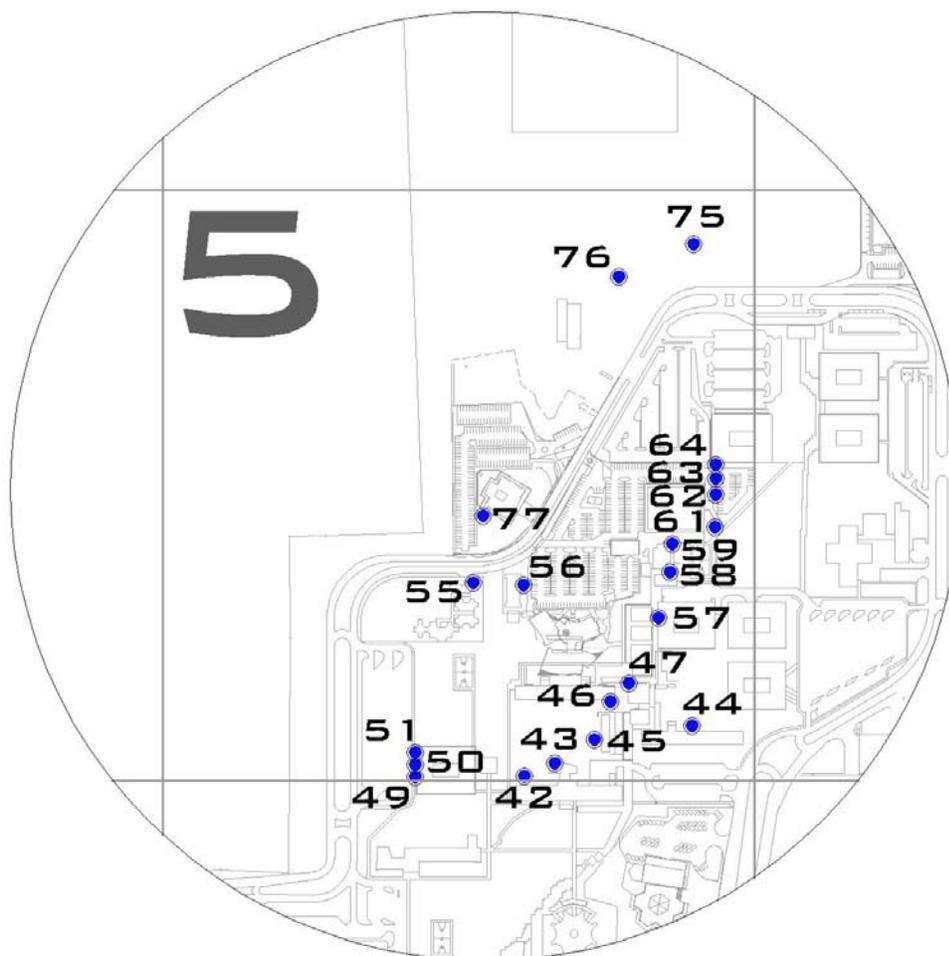
Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



### 5.3 Momento de carga en el Cuadrante No.5

El Estudio de Momento de Carga Eléctrica del cuadrante número 5 el cual pertenece a el área Sur de La ubicación geográfica del Campus central. Este sector comprende el sector donde actualmente esta ubicada la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, así también parte de la facultad de Agronomía como lo es el Centro de Vinculación, Bioterio, Jardín Infantil.

Figura 24 Puntos de Carga en el Cuadrante No.5



Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



Información Necesaria para El Estudio de Momento de Carga.

Tabla IX. **Puntos de Carga en el Cuadrante No.5**

<b>PUNTO No.</b>	<b>CONTADOR No.</b>	<b>COORDENADAS (X) DX_X (metros)</b>	<b>COORDENADAS (Y) DY_Y (metros)</b>	<b><math>\Delta D</math> KVA</b>
42	F-67227	805.24	505	0.8
43	F-00174	831.26	551.587	35.04
44	H-78222	947.52	547.2	15.01
45	B-94566	864.85	535.79	5.75
46	K-33260	878.42	567.96	3.56
47	K-06886	893.86	583.59	1.9
49	L-92290	713.11	503.89	0.36
50	K-40496	713.11	514.34	1.67
51	K-43600	713.11	524.73	0.77
55	B-90610	762.48	668.45	0.8
56	H-61275	804.51	666.71	13.56
57	L-93005	918.64	638.83	9.92
58	B-83928	928.42	677.64	1.03
59	E-58506	930.79	701.31	0.3
61	L-22365	966.34	715.85	2.3
62	I-77988	967.44	743.57	18.67
63	L-91622	967.44	756.95	1.43
64	L-11162	967.56	768.69	1.22
75	K-20591	948.92	955.47	5
76	H-57592	885.18	927.77	2.59
77	H-78156	770.48	725.62	4.8

Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)



Operatoria.

Momento de Carga en el eje X.

$$\begin{aligned} M_x = & (0.8*805.24)+(35.04*831.26)+(15.01*947.52)+(5.75*864.85)+ \\ & (3.56*878.42)+(1.9*893.86)+(0.36*713.11)+(1.67*713.11)+(0.77*713.11)+ \\ & (0.8*762.48)+(13.56*804.51)+(9.92*918.64)+(1.03*928.42)+(0.3*930.79)+ \\ & (2.3*966.34)+(18.67*967.44)+(1.43*967.44)+(1.22*967.56)+(5*948.92)+ \\ & (2.59*885.18)+(4.8*770.48) \end{aligned}$$

$$M_x = 111,240.55$$

Momento de Carga en el eje Y

$$\begin{aligned} M_y = & (0.8*505)+(35.04*551.58)+(15.01*547.2)+(5.75*535.79)+(3.56*567.96)+ \\ & (1.9*583.59)+(0.36*503.89)+(1.67*514.34)+(0.77*524.73)+(0.8*668.45)+ \\ & (13.56*666.71)+(9.92*638.83)+(1.03*677.64)+(0.3*701.31)+(2.3*715.85)+ \\ & (18.67*743.57)+(1.43*756.95)+(1.22*768.69)+(5*955.47)+(2.59*927.77)+ \\ & (4.8*725.62) \end{aligned}$$

$$M_y = 80,634.3228$$

Sumatoria Aritmética de los crecimientos de demanda Eléctrica

$$\begin{aligned} \Sigma KVA = & 0.8+35.04+15.01+5.75+3.56+1.9+0.36+1.67+0.77+0.8+13.56+9.92+ \\ & 1.03+0.3+2.3+18.67+1.43+1.22+5+2.59+4.8 \end{aligned}$$

$$\Sigma KVA = 126.48$$



Coordenada en el Eje X Sectorizada.

$X_{cc} = 111,240.55/126.48$

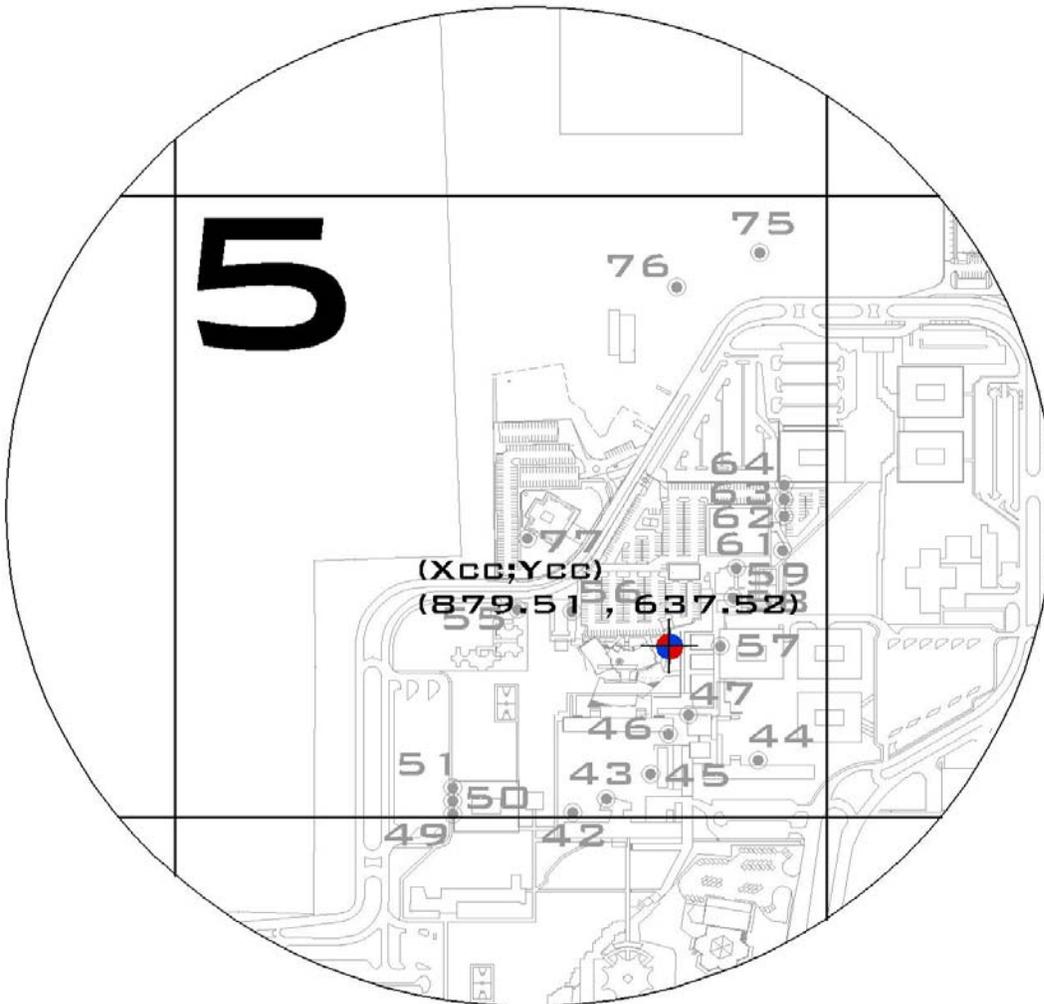
$X_{cc} = 879.51$  mts

Coordenada en el Eje Y Sectorizada.

$Y_{cc} = 80,634.32/126.48$

$Y_{cc} = 637.52$  mts.

Figura 25 Ubicación del Momento de carga en el cuadrante 5



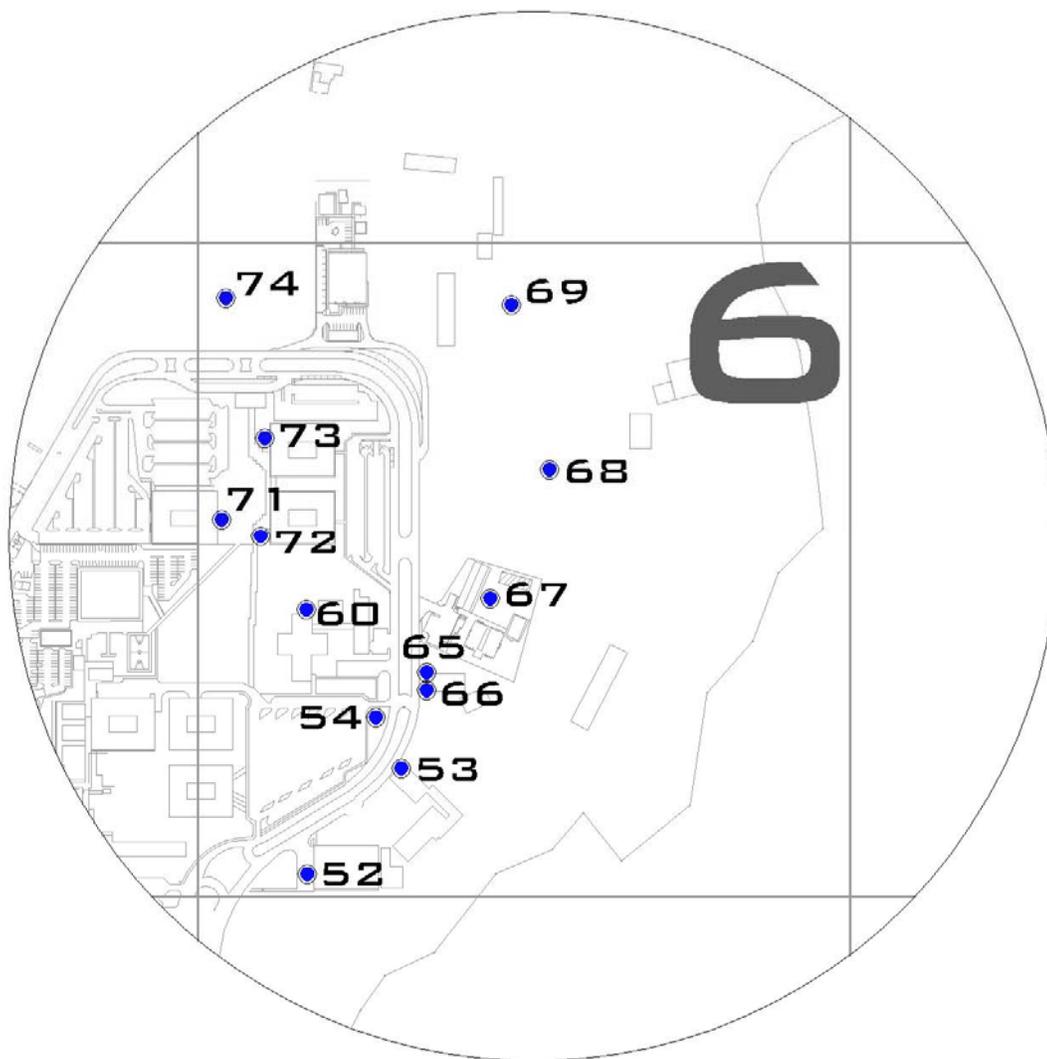
Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



#### 5.4 Momento de carga en el Cuadrante 6

El estudio de momento de carga eléctrica del cuadrante Numero 6 el cual pertenece al área Oeste de La ubicación geográfica del Campus central. Este sector comprende el sector donde actualmente esta ubicada la Facultad de Veterinaria, Ciencias Económicas, Talleres de Mantenimiento, Planta de Tratamiento, y el Área de Cultivos y Ganadería, y el hospital de Animales.

Figura 26 Puntos de Carga en el Cuadrante 6



Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



Información Necesaria para El Estudio de Momento de Carga.

Tabla X. Puntos de Carga en el Cuadrante No.6

<b>PUNTO No.</b>	<b>CONTADOR No.</b>	<b>COORDENADAS (X) DX_X (metros)</b>	<b>COORDENADAS (Y) DY_Y (metros)</b>	<b>Δ D KVA</b>
52	A-10275	1083.23	518.09	8.89
53	G-75082	1155.62	598.46	7.42
54	K-21983	1136.09	637.61	0.00
60	0-62992	1082.96	720.06	2.6
65	K-72967	1174.61	672.13	0.00
66	K-72965	1174.91	628.23	2.32
67	I-78117	1224.02	728.82	3.16
68	H-77551	1260.71	827.79	0.00
69	H-57401	1240.29	954.08	8.86
70	I-78138	1241.99	1050.4	1.3
71	L-92458	1018.06	789.99	4.99
72	T-00097	1048.08	776.7	0.00
73	L-92239	1050.95	852.18	2.84
74	H-57114	1020.87	959.35	0.18

Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez (DSG)

Operatoria.

Momento de Carga en el eje X.

$$\begin{aligned} M_x = & (8.89 \cdot 1,083.23) + (7.42 \cdot 1,155.62) + (0.00 \cdot 1,136.09) + (2.6 \cdot 1,082.96) + \\ & (0.00 \cdot 1,174.61) + (2.32 \cdot 1,174.91) + (3.16 \cdot 1,224.02) + (0.00 \cdot 1,260.71) + \\ & (8.86 \cdot 1,240.29) + (1.3 \cdot 1,241.99) + (4.99 \cdot 1,018.06) + (0.00 \cdot 1,048.08) + \\ & (2.84 \cdot 1,050.95) + (0.18 \cdot 1,020.87) \end{aligned}$$



$$M_x = 48,466.13$$

Momento de Carga en el eje Y

$$M_y = (8.89*518.09)+(7.42*598.46)+(0.00*637.71)+(2.6*720.06)+ \\ (0.00*672.13)+(2.32*628.23)+(3.16*728.82)+(0.00*827.79)+(8.86*954.08)+ \\ (1.3*1,050.4)+(4.99*789.99)+(0.00*776.7)+(2.84*852.18)+(0.18*959.13)$$

$$M_y = 31,032.70$$

Sumatoria Aritmética de los crecimientos de demanda Eléctrica

$$\sum KVA = 8.89+7.42- \\ 8.78+2.6+0.00+2.32+3.16+0.00+8.86+1.3+4.99+0.00+2.84+0.18$$

$$\sum KVA = 42.56$$

Coordenada en el Eje X Sectorizada.

$$X_{cc} = 48,466.13/42.56$$

$$X_{cc} = 1,138.77 \text{ mts}$$

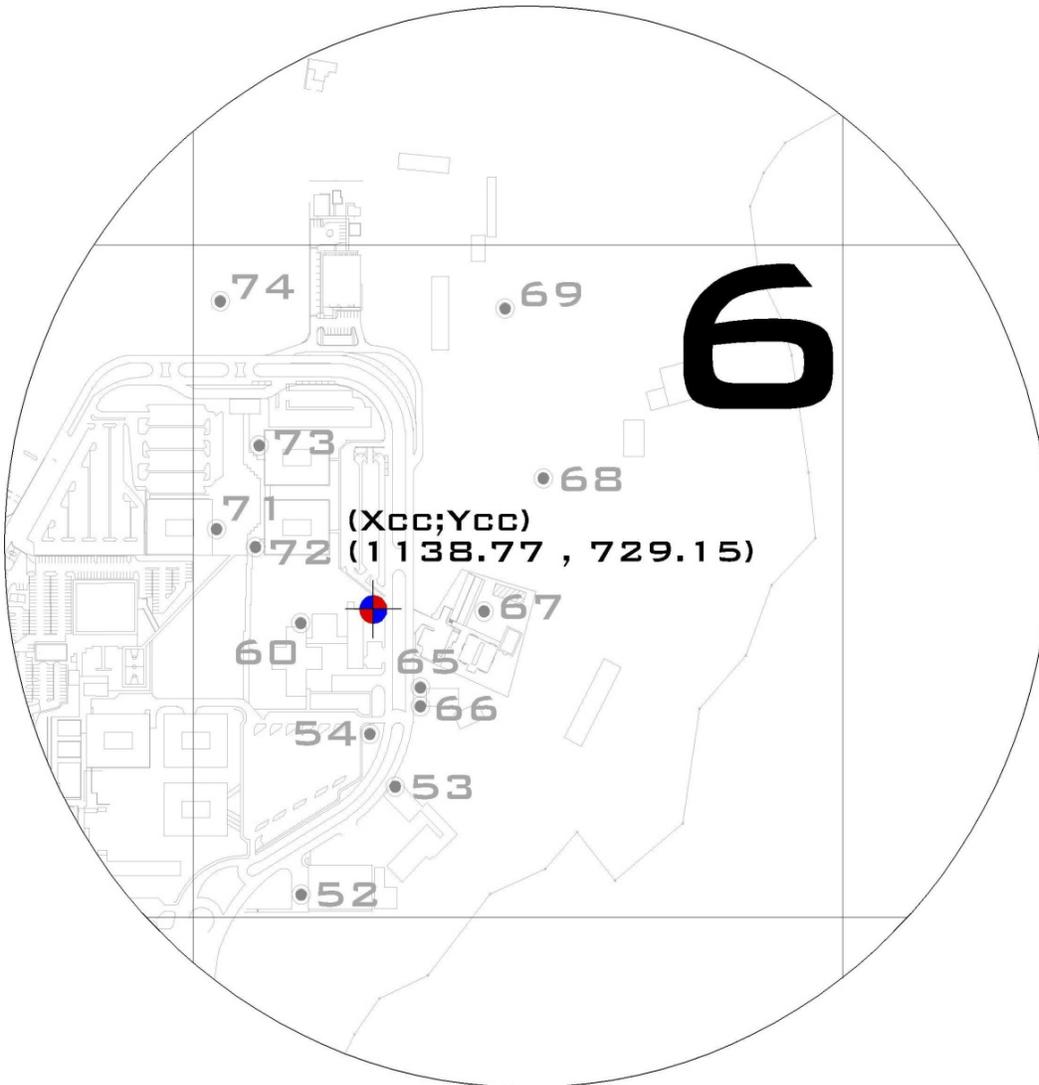
Coordenada en el Eje Y Sectorizada.

$$Y_{cc} = 31,032.70/42.56$$

$$Y_{cc} = 729.15 \text{ mts}$$



Figura No. 27 Ubicación del Momento de carga en el cuadrante 6

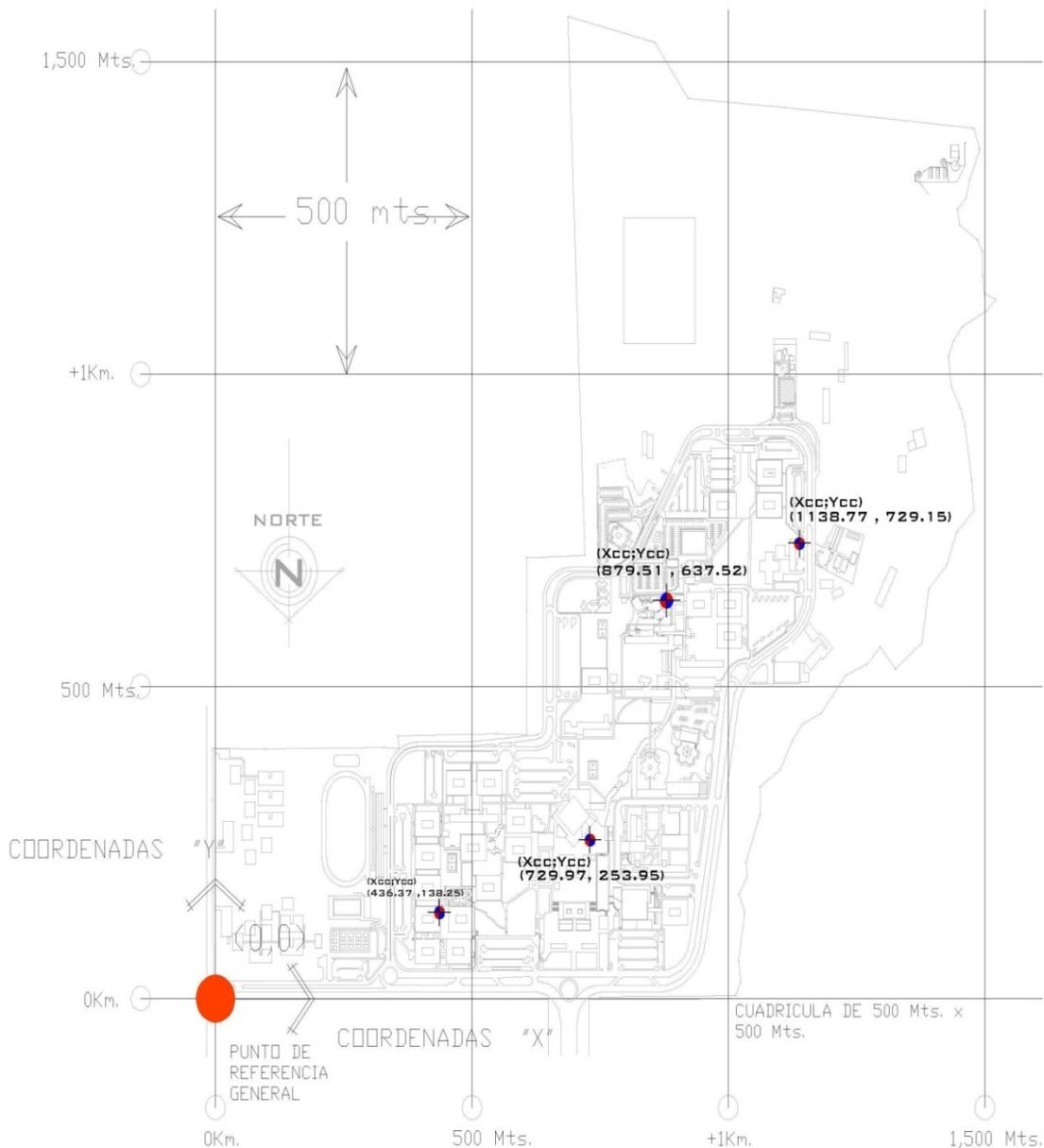


Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



Plano general de subestaciones obtenidas a base del Estudio de Momentos de Carga sectorizada.

Figura 28 Ubicación Geográfica de Momentos de Carga eléctrica



Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12.



Como se puede observar en esta grafica, a través del estudio de momentos de carga sectorizados se puede obtener una distribución de subestaciones en un área determinada con el fin de tener un sistema eléctrico que distribuirá a cargas pertenecientes a cada cuadrante en particular.

#### ANALOGÌA ENTRE EL ESTUDIO DE MOMENTOS DE CARGA ELÈCTRICO SECTORIZADO Y LA RED DE SERVICIOS INTEGRADOS.

Como anteriormente fue expuesto el objetivo fundamental del el Estudio de momentos de carga sectorizados es para orientar geográficamente el crecimiento actual y futuro de la distribución eléctrica con el fin de tener una red de servicio eléctrico unificada y no tan dispersa, y a continuación nos hacemos una pregunta, ¿ Para que nos sirve un servicio de distribución eléctrico unificado? La respuesta es simple el objetivo de un servicio unificado es puramente económico y funcional,

Objetivo económico.

Actualmente como se pudo observar a lo largo de todo este estudio, El Campus Central posee un servicio disperso por medio de 78 puntos de medición los cuales repercuten en la tarifa de energía eléctrica, debido a esto es que la universidad está sujeta el precio de Q 1.75 el kwh.



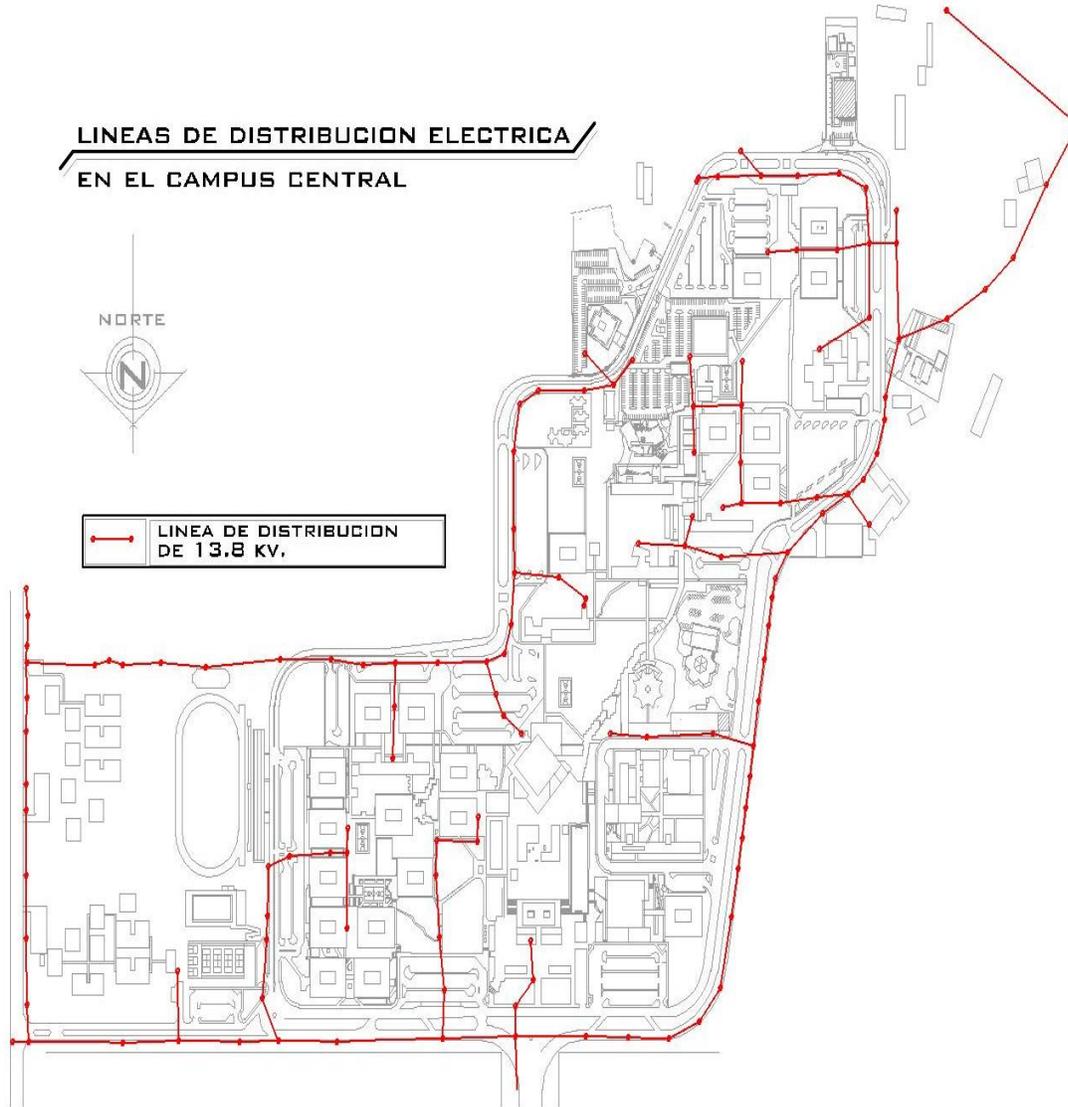
Mientras que con un servicio eléctrico unificado por medio de 4 subestaciones eléctricas es decir 4 bloques de energía, la universidad lograría incorporarse a la tarifa de el mercado mayorista y así lograr una sustancial reducción en sus pagos lo cual se traduce a un ahorro económico aproximado del 26% en sus tarifas mensuales, este dato depende de los contratos con las comercializadoras de energía Eléctrica. Justificando Así la realización de un proyecto futuro de tal dimensión. Esto se puede observar de mejor manera en el estudio de Facturación realizado en esta investigación.

Actualmente la universidad Por medio de el Proyecto de la Red de Servicios Integrados instalo 4 subestaciones de tipo Pad Mounted de 500KVA las cuales distribuyen a edificios que pertenecen a las áreas de Derecho, Ingeniería, Rectoría, y Farmacia cuyas especificaciones técnicas y características se describen a continuación

La gráfica siguiente pertenece a la red de distribución existente dentro del campus central la cual pertenece a la Empresa Eléctrica de Guatemala, esta grafica nos describe en forma general el la ubicación de las líneas de 13.2 kv dentro del Campus Central, esto es de vital importancia para el análisis de factibilidad de la red de distribución que se propondrá mas adelante.



Figura 29 Distribución de líneas de distribución 13.2KV

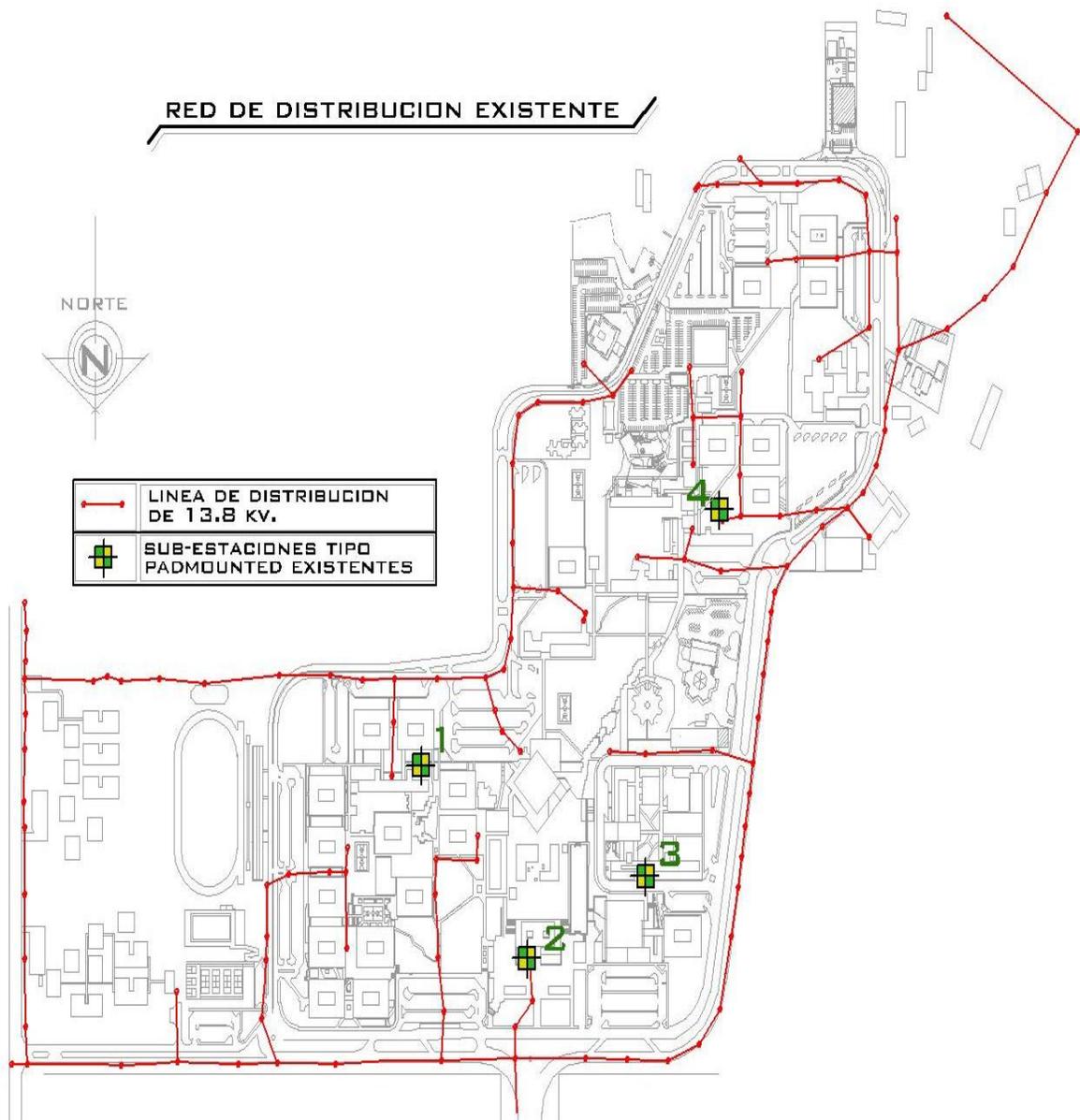


Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12

La red de distribución eléctrica concebida a partir del proyecto de la Red de Servicios Generales en el año 2006 se describe a continuación: Plano de Ubicación de subestaciones tipo Padmounted, Especificaciones de Cada Subestación, y Capacidades. En esta gráfica se le asigna un número a cada subestación, el cual sirve para la identificación de las mismas.



Figura 30 **Distribución de subestaciones existentes**



Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



Especificaciones eléctricas de la Red de Servicios Integrados.

Subestación tipo Padmounted existente No. 1

Ubicación: Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales.

Capacidad: 500 KVA

Tipo de Medición: Primaria CTs y PTs

Voltaje Primario. 13.2 KV

Conexión en Primario. Delta

Voltaje Secundario: 208/120 voltios

Conexión en Secundario: Estrella

Fusibles en Primario: T-30

Interruptor Principal en Secundario: Trifásico 2,000 amperios

Cable Primario. URD número 2

Tipo de red de Tierras: Tipo Malla con soldadura Cadwell

Edificios Alimentados: S-2 S-4 S-5 S-7 S-8

Nota. Ver Anexo

Subestación tipo Padmounted existente No. 2

Ubicación: Edificio Rectoría.

Capacidad: 500 KVA

Tipo de Medición: Primaria CTs y PTs

Voltaje Primario: 13.2 KV

Conexión en Primario: Delta

Voltaje Secundario: 208/120 voltios

Conexión en Secundario: Estrella

Fusibles en Primario: T-30

Interruptor Principal en Secundario: Trifásico 2,000 Amperios

Cable Primario: URD número 2

Tipo de red de Tierras: Tipo Malla con soldadura Cadwell



Edificios Alimentados: Edificio central de Rectoría

Nota. Ver Anexo

Subestación tipo Padmounted existente No. 3

Ubicación: Facultad de Ingeniería Edificio T-3

Capacidad: 500 KVA

Tipo de Medición: Primaria CTs y PTs

Voltaje Primario: 13.2 KV

Conexión en Primario: Delta

Voltaje Secundario: 208/120 voltios

Conexión en Secundario: Estrella

Fusibles en Primario: T-30

Interruptor Principal en Secundario: Trifásico 2,000 Amperios

Cable Primario: URD número 2

Tipo de red de Tierras: Tipo Malla con Soldadura Cadwell

Edificios Alimentados: T-3 T-2 T-4 T-5

Nota. Ver Anexo

Subestación tipo Padmounted existente No. 4

Ubicación: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia Edificio T-10.

Capacidad: 500 KVA

Tipo de Medición: Primaria CTs y PTs

Voltaje Primario: 13.2 KV

Conexión en Primario: Delta

Voltaje Secundario: 208/120 voltios

Conexión en Secundario: Estrella

Fusibles en Primario: T-30

Interruptor Principal en Secundario: Trifásico 2,000 Amperios

Cable Primario: URD número 2



Tipo de red de Tierras: Tipo Malla con Soldadura Cadwell

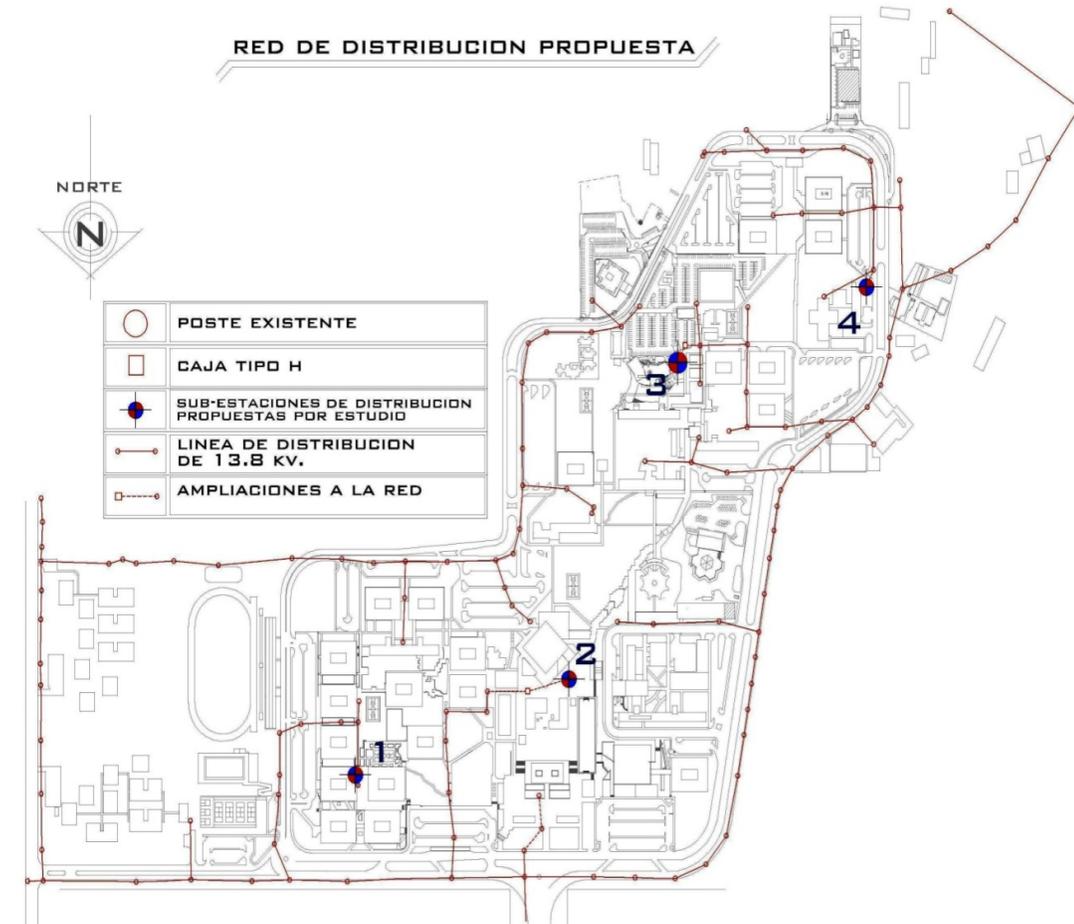
Edificios Alimentados: T-10 M-6 M-7 T-11 T-12

Nota. Ver Anexo

Como se pudo observar dicho proyecto fue concebido sin un estudio fundamental de Momentos de Carga Eléctrica, sino bajo el criterio de que las subestaciones deberían de estar ubicadas de manera muy cercana a las instalaciones ya existentes en los edificios más importantes del Campus central sin tomar en cuenta las cargas aledañas a estos edificios. Es por eso que a continuación se hace una analogía entre la red existente y sus capacidades y La red ideal que nos describe el Estudio de Momentos de carga eléctrica sectorizados para que en futuros crecimientos se tome en cuenta este diagrama o se gestionen las correctas ubicaciones de todas las subestaciones existentes a las ubicaciones geográficas que nos indica este Estudio. Y así lograr la unificación del Servicio eléctrico en el campus Central.



Figura No 31 **Red de Distribución Propuesta.**



Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12

Como se puede observar en la anterior gráfica, la distribución Eléctrica que nos indica el Estudio de Momentos de Carga Eléctrica sectorizados, es totalmente factible, debido a la cercanía que hay con las líneas de 13.2 KV por lo cual la inversión se reduce considerablemente debido a que las extensiones de líneas que se tendrían que realizar serian mínimas. A continuación se describen las especificaciones eléctricas generales que deberán de tener las subestaciones futuras o la adecuación y movilización de las subestaciones ya existentes.



Especificaciones eléctricas de la Red de Distribución Propuesta.

Subestación tipo Padmounted propuesta No. 1

Ubicación: Facultad de Odontología

Capacidad: 500 KVA

Tipo de Medición: Primaria CTs y PTs

Voltaje Primario: 13,200 voltios

Conexión en Primario:

Voltaje Secundario. 208/120 voltios

Conexión en Secundario: Estrella

Fusibles en Primario. T30

Interruptor Principal en Secundario: Trifásico de 2,000 amperios

Cable Primario. URD número 2

Tipo de red de tierras: Tipo Malla

Edificios Alimentados: Puntos de Carga del cuadrante Numero 1

Subestación tipo Padmounted Propuesta No. 2

Ubicación: Edificio de Recursos Educativos

Capacidad: 1,000 KVA

Tipo de Medición: Primaria CTs y PTs

Voltaje Primario: 13,200 voltios

Conexión en Primario: Delta

Voltaje Secundario: 120/208 voltios

Conexión en Secundario: Estrella

Fusibles en Primario. T60

Interruptor Principal en Secundario: Trifásico 3,500 Amperios

Cable Primario. URD número 2

Tipo de red de tierras: Tipo Malla

Edificios Alimentados: Puntos de Carga del Cuadrante Numero 2



Subestación tipo Padmounted Propuesta No. 3

Ubicación: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Capacidad: 600 KVA

Tipo de Medición: Primaria CTs y PTs

Voltaje Primario: 13,200 voltios

Conexión en Primario: Delta

Voltaje Secundario: 208/120 voltios

Conexión en Secundario: Estrella

Fusibles en Primario: T-30

Interruptor Principal en Secundario. Trifásico de 2,500 Amperios

Cable Primario: URD número 2

Tipo de red de tierras: Tipo Malla

Edificios Alimentados: Puntos de Carga del Cuadrante Numero 5

Subestación tipo Padmounted Propuesta No. 4

Ubicación: Área de Ganadería del Campus Central

Capacidad: 500 KVA

Tipo de Medición: Primaria CTs y PTs

Voltaje Primario: 13,200 voltios

Conexión en Primario: Delta

Voltaje Secundario: 120/208

Conexión en Secundario: Estrella

Fusibles en Primario: T-30

Interruptor Principal en Secundario: Trifásico 2,000 Amperios

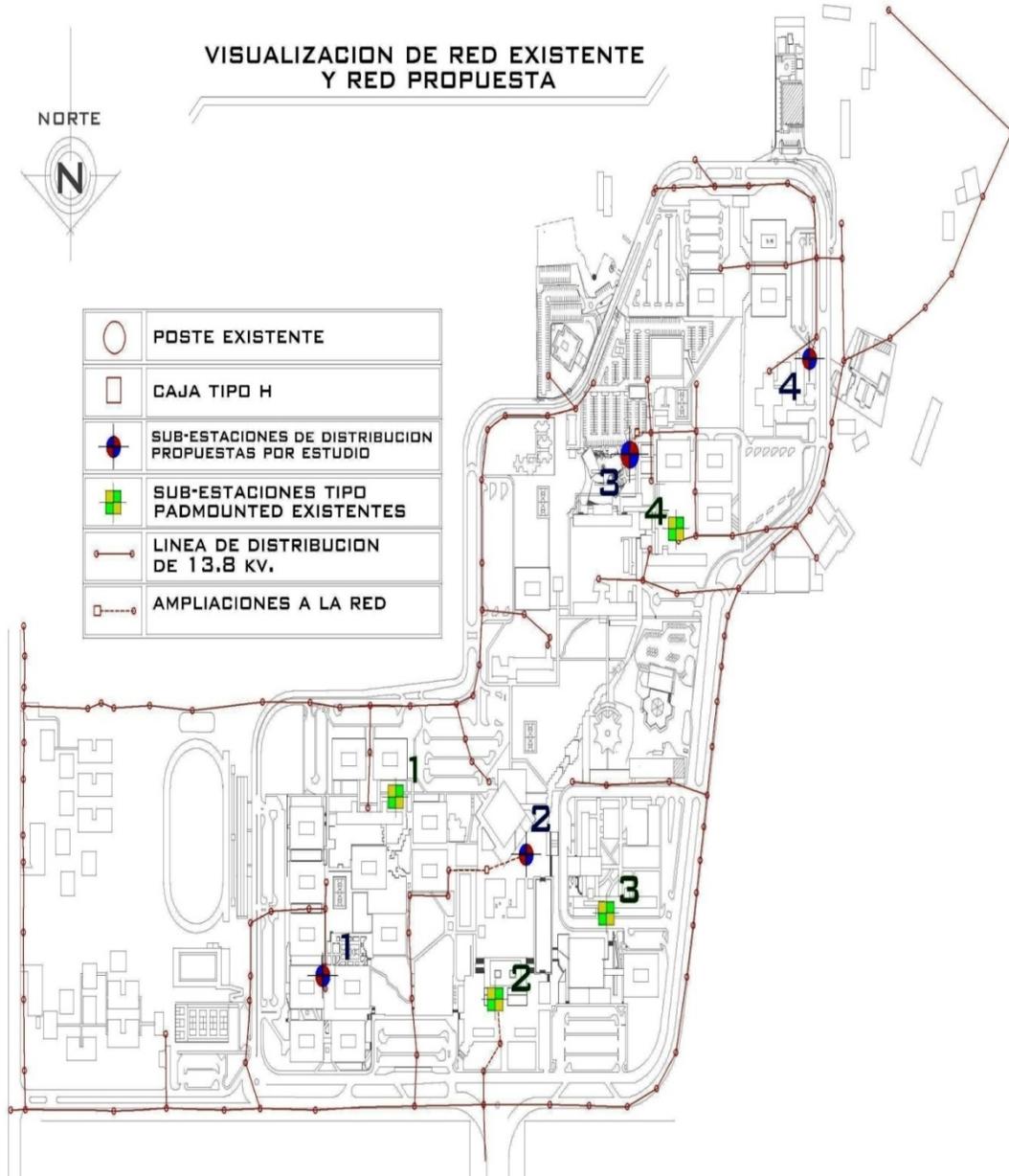
Cable Primario: URD número 2

Tipo de red de tierras: Tipo Malla

Edificios Alimentados: Puntos de Carga del Cuadrante número 6 y 9



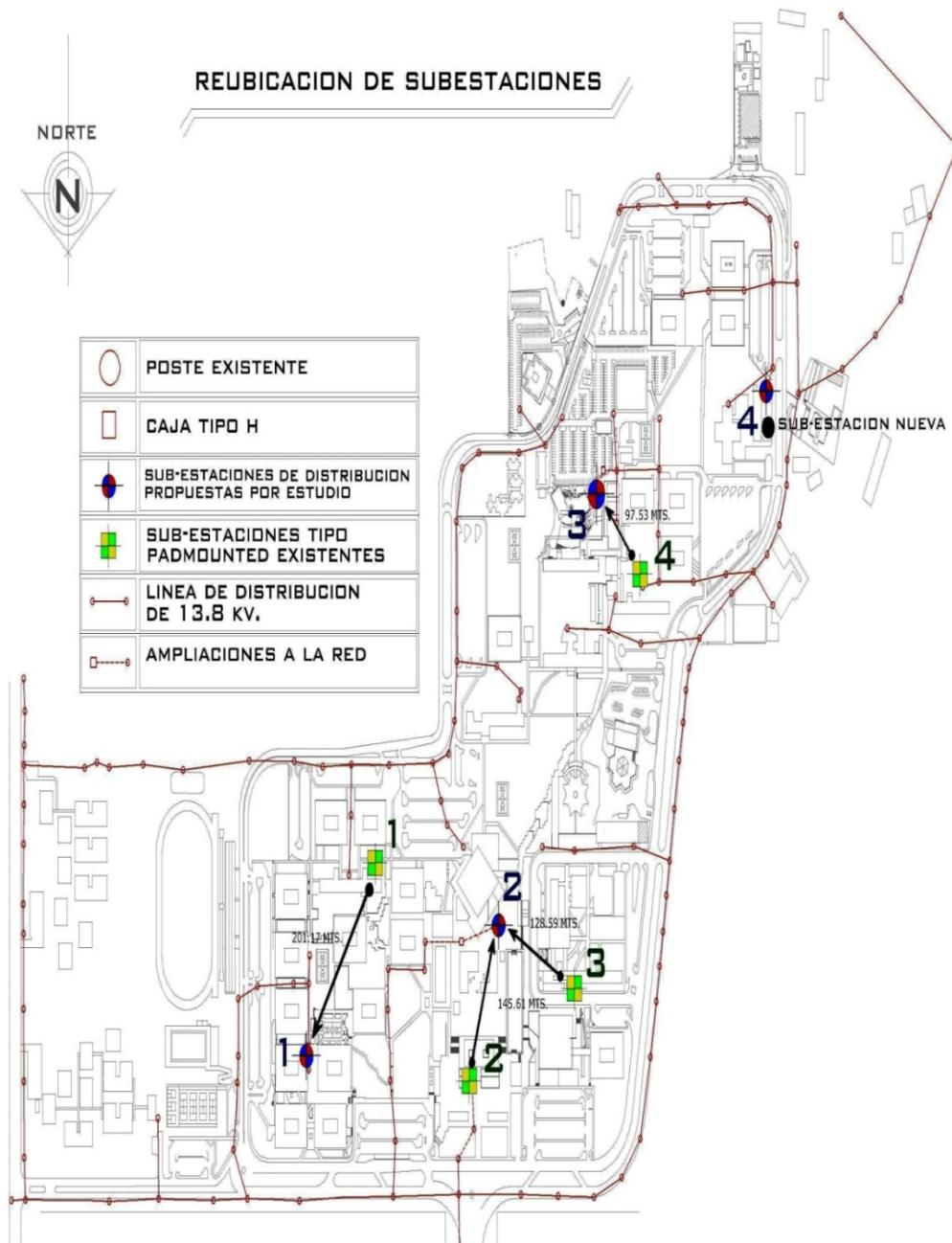
Figura 32 Plano de Ubicación de Red propuesta y Red Existente



Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12



Figura 33 Plano General de Reubicación de Las Subestaciones



Fuente: Ciudad Universitaria Zona 12





### **CONCLUSIONES.**

1. Se concluyó de manera exitosa que la localización ideal para llevar a cabo la construcción de una Subestación General Eléctrica de Distribución es en las coordenadas (728.32 ; 350.6) dada en metros respecto al punto de referencia cuya jurisdicción pertenece al área de Recursos Educativos de la Universidad de San Carlos de Guatemala cuyo proyecto no es tan factible debido a las subestaciones ya existentes que pertenecen al proyecto de la Red de Servicios Integrados
  
2. El punto geográfico que se logró obtener mediante este estudio, está ubicado en dicho sector, debido a que en este sector se ha observado un incremento sustancial de la demanda de Energía Eléctrica en los últimos cinco años, mientras que en las otras áreas se observó un poco incremento y además un sustancial decremento de demanda de energía eléctrica debido al cambio de funciones que realizaban dichos edificios.
  
3. Mediante la descripción fotográfica del área se concluyó que existe la factibilidad de disponer de un área de construcción para una Subestación de Distribución Eléctrica debido a que en esta área no existe construcción alguna.
  
4. Se concluyó de manera visible, mediante pruebas, que la ubicación de el Momento de Carga Eléctrica depende en gran manera del incremento de demanda eléctrica dentro de un área determinada, es decir, el punto estará mas cercano al punto de demanda eléctrica que haya registrado mayor incremento de Carga Eléctrica durante un tiempo determinado.



5. En el Estudio de Momentos de Carga sectorizados se pudo observar que un proyecto sectorizado de momentos de carga Eléctrica es total mente factible y adaptable al equipo existente sin la necesidad de tanta inversión como se pudo observar en el capítulo cinco, Por medio de la propuesta de 4 subestaciones tipo pad mounted distribuidas en el área que alimentaran a los puntos de Carga descritos en los cuadrantes.
  
6. Las Capacidades de las subestaciones propuestas en el capítulo 5 son las capacidades mas convenientes actualmente pero hay que tomar en cuenta y hacer un estudio de proyección de crecimiento de demanda eléctrica para dimensionar las capacidades a un futuro cercano.
  
7. También se concluyó de manera veraz que el costo de facturación dentro de la Ciudad Universitaria se puede reducir un 26% mensual, lo cual es la principal justificación para la gestión de dicho proyecto.
  
8. Se observó que las nuevas subestaciones deben de estar ligadas al voltaje de distribución existente en el Campus Central, lo cual nos indica 13,200 voltios.



## RECOMENDACIONES

1. Como se pudo observar en esta investigación la readecuación del sistema eléctrico de distribución es totalmente factible debido a las rutas de las líneas de 13.2 KV por lo tanto se sugiere. Gestionar a las autoridades del área técnica de la Universidad de San Carlos de Guatemala la creación de un Proyecto integral de distribución eléctrica unificada en el Campus Central y seguir las recomendaciones siguientes en cada área.
2. En el cuadrante número 1: Reubicar la subestación tipo pad mounted existente número 1, y trasladarla al Área de Odontología como no lo indica la gráfica de Red de Distribución propuesta (Gráfica No. 31) y distribuir a los puntos de carga pertenecientes a el cuadrante numero 1 (Gráfica No. 20) esto se puede lograr utilizando el mismo equipo ya adquirido de la red de Servicios Integrados cuya capacidad es de 500 KVA, y coordinando la canalización de ductos para alimentar los distintos puntos de carga eléctrica indicados en el cuadrante. Y así obtener una sola medición del sector.
3. En el cuadrante número 2: Reubicar las subestaciones existentes Números 2 y 3, y trasladarla al área de Recursos Educativos como lo indica la grafica de la Red de distribución Propuesta (Gráfica No. 31) y distribuir a los puntos de carga pertenecientes a el cuadrante numero dos (Gráfica No.22) esto se logra a partir de la unificación de las dos subestaciones existentes cuya capacidad unificada es de 1,000 KVA, la cual es la capacidad propuesta en este sector.



4. En el Cuadrante número 5: Reubicar la subestación tipo pad mounted existente número 4, y trasladarla al Área de Sur de la Facultad de Ciencias Químicas como no lo indica la grafica de Red de Distribución propuesta (Gráfica No. 31) y distribuir a los puntos de carga pertenecientes a el cuadrante número 5 gráfica (24), esto se puede lograr utilizando el mismo equipo ya adquirido de la red de Servicios Integrados, cuya capacidad es de 500 KVA, y coordinando la canalización de ductos para alimentar los distintos puntos de carga eléctrica indicados en el cuadrante. Y así obtener una sola medición del sector.
  
5. En el Cuadrante número 6: Adquirir el equipo nuevo para la construcción de una nueva subestación tipo pad mounted y así lograr alimentar los puntos de carga eléctrica pertenecientes al Cuadrante número 6 y 7, esta nueva subestación debe ser de la capacidad descrita en dicha investigación, y de igual manera coordinando la canalización de ductos para alimentar los distintos puntos de carga eléctrica indicados en los cuadrantes.
  
6. Se recomienda realizar y evaluar los contratos que conllevaría incorporarse al Mercado Mayorista, ya que las tarifas de energía eléctrica pueden variar dependiendo del contratista en este caso las empresas comercializadoras del país.



## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. José Raul Martín. Diseño de Subestaciones Eléctricas, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Segunda Edición, 2,000.
2. Santiago Fernández. Estadística Descriptiva, Editorial ESIC, Segunda Edición, 2002.
3. Carlos Muñoz. Estudios de Mercado, Editorial Norma, Segunda Edición, 1965.
4. Enríquez Harper. Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión, Editorial Limusa, Edición Única, 2,000.
5. Wolfgang Muller. Electrotecnia de Potencia, Editorial Reverte, Edición Única, 1994.
6. Adolf Senner. Principios de Electrotecnia, Editorial Reverte, Edición Única, 1994.
7. Wikipedia.com Enciclopedia libre.





## ANEXO

### Fotografías de los Distintos Puntos de Demanda Eléctrica.

Figura 34. **Contador J38678**

Punto No. 1  
No. Contador: J38678  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio EFPEM



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 35. **Contador L92533**

Punto No. 2  
No. Contador: L92533  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio  
EFPEM 2



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 36. **Contador A46703**

Punto No. 3  
No. Contador: A46703  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: Área  
Polideportiva



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 37. **Contador J39247**

Punto No. 4  
No. Contador: J39247  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio M2



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 38. **Contador J67168**

Punto No. 5  
No. Contador: J67168  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería M3



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 39. **Contador J38955**

Punto No. 6  
No. Contador: J38955  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio M3



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 40. **Contador H93866**

Punto No. 7  
No. Contador: H93866  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería M3.2



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 41. **Contador T00529**

Punto No. 8  
No. Contador: T00529  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio M4



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 42. **Contador T00486**

Punto No. 9  
No. Contador: T00486  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio S1



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 43. **Contador H57242**

Punto No. 10  
No. Contador: H57242  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio M5



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 44. **Contador T00488**

Punto No. 11  
No. Contador: T00488  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio S3



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 45. **Contador J39242**

Punto No. 12  
No. Contador: J39242  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio S2



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 46. **Contador T00254**

Punto No. 13  
No. Contador: T00254  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio S6



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 47. **Contador J39567**

Punto No. 14  
No. Contador: J39567  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio S5



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 48. Contador L92345

Punto No. 15  
No. Contador: L92345  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio Bienestar  
Estudiantil



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 49. Contador J63968

Punto No. 16  
No. Contador: J63968  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Banrural Caja.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 50. **Contador K99512**

Punto No. 17  
No. Contador: K99512  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Recursos Educ.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 51. **Contador L17641**

Punto No. 18  
No. Contador: L17641  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Recursos Educ.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 52. **Contador K19701**

Punto No. 19  
No. Contador: K19701  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Recursos Educ.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 53. **Contador L53713**

Punto No. 20  
No. Contador: L53713  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Recursos Educ.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 54. **Contador H24240**

Punto No. 21  
No. Contador: H24240  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Recursos Educ.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 55. **Contador J39429**

Punto No. 22  
No. Contador: J39429  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Biblioteca  
Central.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 56. **Contador K14494**

Punto No. 23  
No. Contador: K14494  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Edificio T2.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 57. **Contador K22663**

Punto No. 24  
No. Contador: K22663  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio T2.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 58. **Contador K05019**

Punto No. 25  
No. Contador: K05019  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Edificio T2.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 59. **Contador H14052**

Punto No. 26  
No. Contador: H14052  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería T2.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 60. **Contador J80306**

Punto No. 27  
No. Contador: J80306  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Edificio T1.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 61. **Contador J80391**

Punto No. 28  
No. Contador: J80391  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Edificio T1.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 62. **Contador J19062**

Punto No. 29  
No. Contador: J19062  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería T3



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 63. **Contador L87104**

Punto No. 30  
No. Contador: L87104  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: A/C T3



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 64. **Contador J34293**

Punto No. 31  
No. Contador: J34293  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Edificio T3



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 65. **Contador K80330**

Punto No. 32  
No. Contador: K80330  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería T3



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 66. **Contador L31186**

Punto No. 33  
No. Contador: L31186  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería T3.2



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 67. **Contador T00071**

Punto No. 34  
No. Contador: T00071  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio T3



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 68. **Contador L91710**

Punto No. 35  
No. Contador: L91710  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio T4



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 69. **Contador J38385**

Punto No. 36  
No. Contador: J38385  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: Planta Piloto T5



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 70. **Contador K21123**

Punto No. 37  
No. Contador: K21123  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: Edificio T7



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 71. **Contador E06927**

Punto No. 38  
No. Contador: E06927  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: IGLU



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 72. **Contador H90963**

Punto No. 39  
No. Contador: H90963  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería Termina



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 73. **Contador D88336**

Punto No. 40  
No. Contador: D88336  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería Farmac



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 74. **Contador I77817**

Punto No. 41  
No. Contador: I77817  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: DIDEA



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 75. **Contador F67227**

Punto No. 42  
No. Contador: F67227  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Caseta T8



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 76. **Contador F00174**

Punto No. 43  
No. Contador: F00174  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio T8



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 77. **Contador H78222**

Punto No. 44  
No. Contador: H78222  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Veterinaria T10



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 78. **Contador B94566**

Punto No. 45  
No. Contador: B945666  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: A.E.U.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 79. **Contador K33260**

Punto No. 46  
No. Contador: K33260  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería T11



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 80. **Contador K06886**

Punto No. 47  
No. Contador: K06886  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería  
Farmacia



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 81. **Contador K83210**

Punto No. 48  
No. Contador: K83210  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería T9



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 82. **Contador L92290**

Punto No. 49  
No. Contador: L92290  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio T9



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 83. **Contador K40496**

Punto No. 50  
No. Contador: K40496  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Edificio T9



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 84. **Contador K43600**

Punto No. 51  
No. Contador: K43600  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Edificio T9



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 85. **Contador A10275**

Punto No. 52  
No. Contador: A10275  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Editorial USAC



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 86. **Contador G75082**

Punto No. 53  
No. Contador: G75082  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Mantenimiento



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 87. **Contador K21983**

Punto No. 54  
No. Contador: K21983  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: Pozo Veterinaria



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



**Figura 88. Contador B90610**

Punto No. 55  
No. Contador: B90610  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Jardín Infantil



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

**Figura 89. Contador H61275**

Punto No. 56  
No. Contador: H61275  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Bioterio



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 90. **Contador L93005**

Punto No. 57  
No. Contador: L93005  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio T12



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 91. **Contador B83928**

Punto No. 58  
No. Contador: B83928  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Canchas Farmaci



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 92. **Contador E58506**

Punto No. 59  
No. Contador: E58506  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Botánica y  
Zoología



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 93. **Contador 062992**

Punto No. 60  
No. Contador: O62992  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: Edificio M8



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 94. **Contador L22365**

Punto No. 61  
No. Contador: L22365  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Cafetería S12



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 95. **Contador I77988**

Punto No. 62  
No. Contador: I77988  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: Edificio S12



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 96. **Contador L91622**

Punto No. 63  
No. Contador: L91622  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio S12



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 97. **Contador L11162**

Punto No. 64  
No. Contador: L11162  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Edificio S12



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 98. **Contador K72967**

Punto No. 65  
No. Contador: K72967  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Prefabricados



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 99. **Contador K72965**

Punto No. 66  
No. Contador: K72965  
Tipo de Servicio: Monofásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Monofásica  
Ubicación: Prefabricados



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 100. **Contador I78117**

Punto No. 67  
No. Contador: I78117  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: Laboratorios  
CEMA



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 101. **Contador H77551**

Punto No. 68  
No. Contador: H77551  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: MAGA.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 102. **Contador H57401**

Punto No. 69  
No. Contador: H57401  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Reproduc. Anima



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 103. **Contador I78138**

Punto No. 70  
No. Contador: I78138  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Planta de  
Tratamiento



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 104. **Contador L92458**

Punto No. 71  
No. Contador: L92458  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio S11



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 105. **Contador T00097**

Punto No. 72  
No. Contador: T00097  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio S9



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 106. **Contador L92239**

Punto No. 73  
No. Contador: L92239  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: Edificio S10



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 107. **Contador H57114**

Punto No. 74  
No. Contador: H57114  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: Centro de Cultivo



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 108. **Contador K20591**

Punto No. 75  
No. Contador: K20591  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Delta  
Ubicación: Centro de  
Cultivos



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 109. **Contador H57592**

Punto No. 76  
No. Contador: H57592  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/240  
Conexión: Estrella  
Ubicación: CEDA.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



Figura 110. **Contador H78156**

Punto No. 77  
No. Contador: H78156  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: FAUSAC.



Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)

Figura 111. **Contador H00091**

Punto No. 78  
No. Contador: H00091  
Tipo de Servicio: Trifásico  
Voltaje: 120/208  
Conexión: Estrella  
Ubicación: FAUSAC.

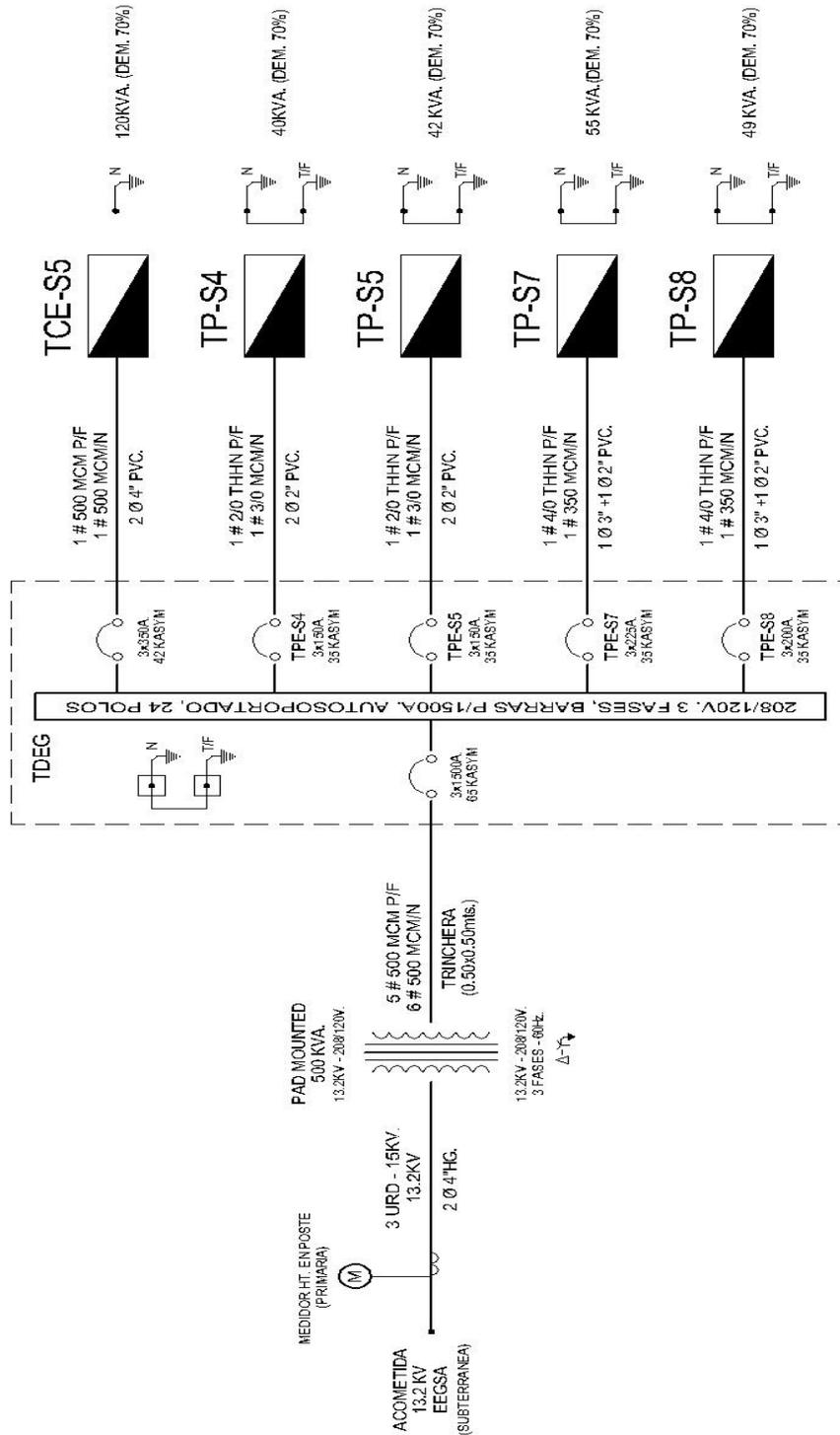


Fuente: Carlos Alberto Fuentes Juárez. (DSG)



## DIAGRAMAS UNIFILARES DE SUBESTACIONES EXISTENTES

### Subestación No. 1 Existente

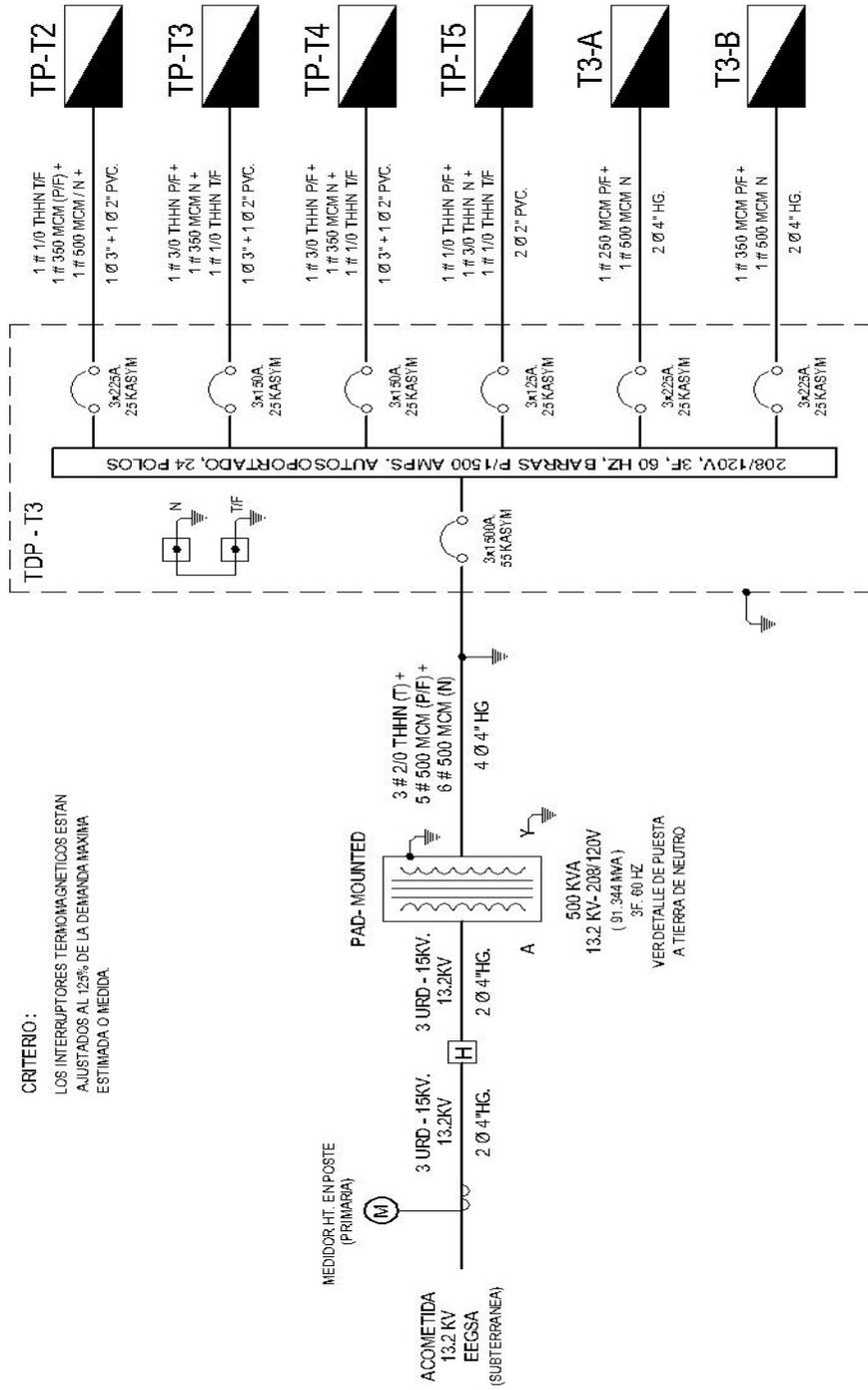


SIN ESCALA





### Subestación No. 3 Existente

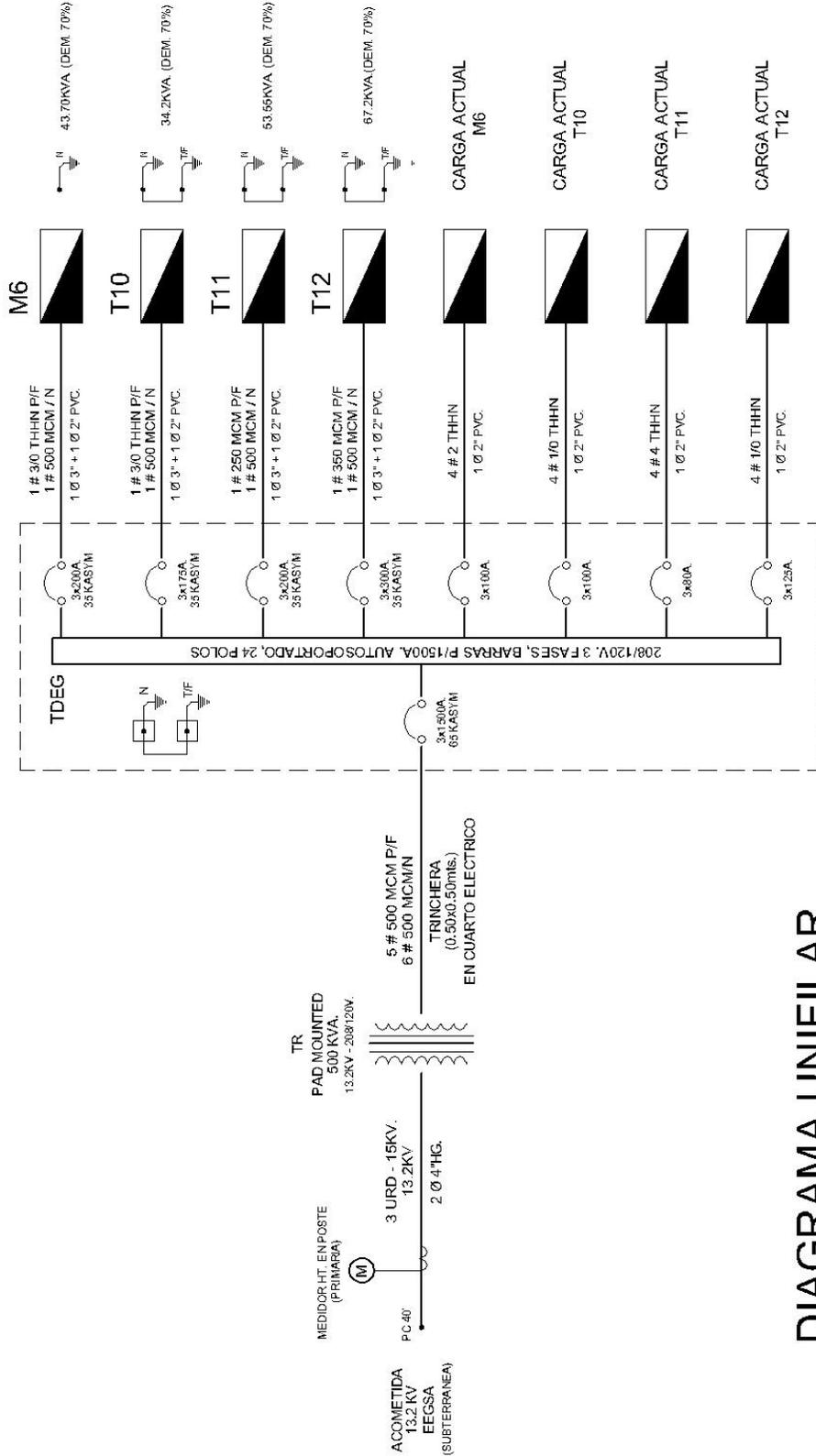


**DIAGRAMA UNIFILAR SUB-T3**

SIN ESCALA



### Subestación No. 4 Existente



**DIAGRAMA UNIFILAR**

SIN ESCALA



## APENDICE.

Santiago Fernández. **Estadística Descriptiva.** ( 2ª Edición; España: Editorial ESIC, 2002) p. 253.

Carlos Muñoz. **Estudios de mercado.** (2ª Edición; Colombia: Editorial Norma, 1965) pp.23-31.

Enríquez Harper. **Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión (Edición única; México: Editorial Limusa, 2000) pp. 17-22.**

Wolfgang Müller. *Electrotecnia de potencia:*( Alemania. 1994Publicado por Reverté) p. 342

**Jose Raul Martin. Diseño de Subestaciones Eléctrica. (2ª Edición; México: UNAM, 2,000) p. 1-3.**