



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**  
**“ARAGÓN”**

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS Y ACTUALIZACIÓN  
DEL DIAGRAMA UNIFILAR DE LA  
FES ARAGÓN

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**  
AREA: ELÉCTRICA - ELECTRÓNICA

PRESENTA:

**MARTINEZ VALENCIA ISRAEL**

ASESOR:

**M. EN I. DAVID FRANCO MARTÍNEZ**

CDA. NEZAHUALCOYOTL, SAN JUAN DE ARAGÓN EDO. MÉXICO

NOVIEMBRE DEL 2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



*Ye momamana, ye momana ya in tocuic.  
Maquizcalitec zan teocuitlacafico  
Moyahua in Xochin Cuahuítl oo.*

*Ye mohuifuijohua in zan ye motzetzelohua.  
Ma in tlachichina quetzaltototl,  
Ma in tlachichina in zacuan quetchol, An ohuaya.  
Xochin cuahuítl timochiuh,  
Timaxelihuí, timotolihuí:  
O ya timoquetzaco in yehuan  
Ispan timomati. Tehuan nepapan xochítl a ohuaya ohuaya.  
Ma oc xon ya tica oc xon cuepontica  
In tlalticpac in.*

*Timofinia: tepehui xochítl,  
Timotzetzaloa yehuaya ohuaya  
Ah tlamiz noxochiuh  
Ah tlamiz nocuic in noconyayehua aaya  
Zan nicuicanítl. Huiya  
Xexelihuí ya moyahua yaho  
Cozahua ya xochítl  
Zan ye on calaquilo  
Zacuan calitic. Ah ohuaya ohuaya.*

*In cacalo xochítl in mayexochítl aya ohuaya  
Tic ya moyahua, tic ya tzetzelohua  
Xochincalitec. Ohuaya ohuaya.  
Yyayohue, ye noncuiltonohua  
On nitepilzin ni Nezahualcoyotl huiya  
Nic nechico cozcatl in quetzalín patlahuac  
Ye non nic iximati chalchiuítl. Yaho in tepilhuan  
Ixco nontlachia nepapan cuahítl ocelotl,  
Ye non iximati chalchiuítl in maquiztli.  
Ya ohueya.*

*Chalchiuítlamatítl maquiztli ipopoca  
Yehuaya anmoyollo in anmotlatol  
An tetcutin in Nezahualcoyotzin Motecuzomatzin.  
Anquincacahuazque in quemanian in anmacehual  
A ohuaya.  
Oc xon mocuiltonocan itloc inahuac in ipalnemoani, aya  
Ayoppan teuctihua o a in tlalticpac.  
Anquincacahuazque in anmacehual. A ohuaya.*

*Oc xon mocuiltono yahua  
Oc xon moquimilo  
In ti tepiltzin Nezahualcoyotzin  
Xocón motlacuí in ixochiuh in ipaltnemi.  
On ciahuitiuh on tlatzihuitiuh ye nican:  
In quemanian coninayaz in itleyo in imahuizzo:  
Zan cué achic on netlanehuilo antepilhuan. Ohuaya ohuaya.*

*Ma oc ye xicyocoya in Nezahualcoyotzin  
Anca hual ichian aya ipalnemoani;  
Zan itlan conantinemi in ipetl in icpal  
Zan co ya mahmatinemi in tlalticpac in ihuicatl ayahue.  
Zan ye huellamatiz ompa ye conmanatiuh  
In inecuiltonol. Ohuaya ohuaya.  
Tiyazque yehuaya xon ahuiacan.  
Niquitoa ni Nezahualcoyotl huiya.*

*¿ cuix oc nellí nemohua oa in tlalticpac? ihui ohuaye.  
jan nochipa tlalticpac:  
zan achica ye nican! Ohuaye ohueya.  
Tel ca chalchihuítl no xamani,  
No teocuitlatl in tlapani,  
No quetzalli poztequi yahui ohuaya.  
jan nochipa tlalticpac:  
zan achica ye nican! Ohuaye ohuaye.*

**Nezahualcoyotl**



## *El Árbol florido*

*Ya se difunde, ya se difunde nuestro canto.  
En medio de joyas, en medio de oro  
Se ensancha el Árbol florido.  
Ya se estremece, ya se esparce.  
¡Chupe miel al ave quetzal,  
Chupe miel el dorado quéchi!*

*Tú te has convertido en árbol florido:  
Abres tus ramas y te doblégas:  
Te has presentado ante el dador de la vida:  
En su presencia abres tus ramas:  
Nosotros somos variadas flores.*

*Perdura aun allí,  
Abre tus corolas aun en esta tierra.  
Si tu te mueves, caen las flores:  
Eres tu mismo el que te esparces.*

*No acabaran mis flores,  
No acabaran mis cantos  
Yo los elevo: soy cantor.*

*Se esparcen, se derraman,  
Amarillecen las flores:  
Son llevadas al interior de lo dorado.*

*Flores de cuervo, flores de manita  
Tú esparces, tú haces caer  
En medo de las flores.*

*Ah, si yo soy feliz,  
Yo el príncipe Nezahualcoyotl  
Juntando estoy joyas, anchos penachos de quetzal,  
Estoy contemplando el rostro de los jades:  
¡Son príncipes!  
Viendo estoy el rostro de Águilas y Jaguares,  
Estoy contemplando el rostro de jades y joyas.*

*El resplandor de una ajorca cuajada de jades:  
Eso es vuestra palabra y vuestro pensamiento,  
Ho vosotros reyes, Moctecuzomantzin y Nezahualcoyotzin:  
Y tendrás que dejar huérfanos alguna vez a nuestros vasallos  
Ahora, ser felices al lado, a la vera del que da la vida:  
¡No por segunda vez se es rey en la tierra:  
Tendrás que dejar huérfanos alguna vez a nuestro vasallos!  
Ahora se feliz, ahora engalánate,  
Tú príncipe Nezahualcoyotl:  
Toma para ti las flores de aquel por quien vivimos.*

*Va a cansarse, va a hastiarse aquí:  
Alguna vez ocultara su gloria y su renombre:  
Por muy breve tiempo se dan en préstamo, oh príncipes.*

*Piensa, Nezahualcoyotl:  
Que allá solamente es la casa del autor de la vida:  
Solo anda tomando el trono y el solio,  
Solo está andando la tierra y el cielo.*

*Allá será feliz y dará su dicha.*

*Nos iremos, ay . . . ¡gozaos!  
Lo digo yo, Nezahualcoyotl  
¿es que acaso se vive de verdad en la tierra?  
¡No por siempre en la tierra,  
Sólo breve tiempo aquí!  
Aunque sea de jade: también se quiebra,  
Aunque sea de oro, también se hiende,  
y aun el plumaje de quetzal se desgarras:  
¡No por siempre en la tierra:  
Sólo breve tiempo aquí!*

*Nezahualcoyotl*



*AGRADECIMIENTOS*





## OMÉ - TEO

*Le agradezco a Dios por toda su infinita grandeza y sabiduría, como toda su creación visible e invisible que hace posible de todo lo que existe en este mundo tan hermoso llamado Tierra (Tonanzi Tlalli), así de igual manera le agradezco todo lo que me ha dado, brindado y enseñado a través de los años en esta dimensión y que hoy vivo día con día, por medio de mis padres que me dieron la vida a los cuales amo de igual manera gracias.*





## *A MIS PADRES*

*Antes que nada gracias a los dos seres que pusieron cada uno la semilla para darme la vida, verme nacer y crecer hasta florecer.*

*A mi madre Martha que con ese amor, constancia, trabajo, humildad, y que nunca desistes, en todo lo que haces, además de que me has apoyado en todo lo que esta a tu alcance hasta el día de hoy, gracias.*

*A mi padre José Luis que con su trabajo, disciplina y su gran esfuerzo de demostrarme día con día todo lo que ha construyo para su familia, como el amor a mi madre, gracias*

*Mil gracias por todo lo que me han dado y brindado*

## *A mis hermanas, cuñados, sobrinos y sobrinas*

*Gracias Adri y Belí por su apoyo incondicional, a Israel R. y Gerardo M. gracias, a mis sobrinos Samuel, Saúl, Ximena, Alejandra y Camila, nunca dejen de soñar para que algún día se realice todo lo que llevan en su corazón.*

## *A mi Tía Graciela y mi Abue Esperanza*

*Gracias por cuidarme en mi niñez, y por que nunca falto un plato de comida en la casa, además de compartirme momentos muy agradables de su vida con la mía.*

## *A mis Abuelos Lorenzo y Asencia †*

*Aun que nunca te haya conocido gracias Abuelo Lorenzo, por darme la fuerza y el conocimiento ancestral de los antiguos hombres del Anahuac, gracias Abuela Asencia por tu humildad, fortaleza y ese recibimiento tan agradable que siempre me diste cuando te visitaba, descansen en paz los dos, que algún día nos reuniremos nuevamente.*

## *A todas las familias que me han abierto las puertas de su casa*

*A la Familia Martínez Valencia  
A la Familia Rodríguez Villanueva  
A la Familia Martínez Montes  
A la Familia Rodríguez Martínez  
A la Familia Martos Martínez  
A la familia Campos Valencia  
A la Familia Monroy González  
A la familia Trevilla Monje  
A la familia Enrique Sánchez  
A la familia Ortiz Villaseñor*

*Y a todas aquellas que me faltaron gracias...*





## *A Rosa Maria Monroy González*

*La persona más especial de mi vida y de cada momento e instante, por que me has dado y enseñado hacer un hombre verdadero, más completo e integro en esta tierra, quiero darte las gracias por todas las atenciones, compañía, amistad, amor, cariño y sueños que me brindas todos los días y todas las noches.*

*Quiero pedirle por este medio que seas mi esposa, mi amiga, mi pareja, mi dualidad, mi complemento, para compartir cada instante y momento de nuestras vidas, como además de disfrutar todo lo que nos ha dado el divino Maestro, creador de esta tierra y del universo entero Ipalnemohuani.*

*Con todo el amor y cariño infinito, para ti flechadora de corazones, del Tal-I para la Tal-Mara*

*Tah ti un yulu  
Tah a ti un yuliz  
Teh wa ti un chiyaliz  
Teh wa ti un te teyul  
Te wa ti un ihzelil*

## *A mis hijos*

*Que aun que todavía no nacen y no los conozco solamente les diré algo desde lo mas profundo de mi ser y de mi corazón, ya que será una bendición ese día como ese momento,  
.....Los amo.....*





## *A mi Asesor*

*Gracias David por todo lo que me has enseñado y brindado, dándome la oportunidad de trabajar y laborar junto a ti, y por que se que eres un hombre verdadero en tus pensamientos, palabras y acciones*  
*Temachtiani Tonaltekitl*

## *A mis hermanos y amigos que siempre están y estuvieron en todos los momentos*

*Rafael Trevilla Aztecoyotl, Fernando Castro, Gabriel Mendoza, J.Carlos Atlahua, Emilia A., Ruben Dario, Brenda M., Gabriel Machuca, Heidi, S., Abraham V., Faustino R., Eduardo y los que me faltaron*

*Amo el canto de zenzontle  
pájaro de cuatrocientas voces,  
amo el color del jade  
y el enervante perfume de las flores,  
pero más amo a mi hermano: el hombre.*

## *A la Danza Mexica y del Sol*

*Por la armonía, equilibrio, conocimiento, entrega y fuerza del movimiento que da la vida, al macro y al micro cosmos, por todos los seres visibles e invisibles que formamos parte de este universo de energía, y que cada uno con su danza forma el crecimiento continuo de un todo en este circulo infinito.*

## *A mis instructores de Xilam*

*Marisela Ugalde y Carlos Camili por su amistad y conocimiento de Xilam,  
como a todos mis compañeros que comparten el esfuerzo y entrega por convertirse en los  
guerreros Águilas (Cuauhtli) y Jaguares (Ocelotl), que en su camino transformar el nuevo amanecer.  
Y no olviden que el guerrero es aquel que hace cada acto de su vida un arte.*

## *A la UNAM*

*Gracias a la Máxima Casa de Estudios por abrirme las puertas, para que en mi camino tuviera la  
oportunidad de prepararme como un profesionista y aportar mis conocimientos para crecer y dar lo mejor  
a mi pueblo y a mi país que es México.  
Por mi Raza Hablara mi Espíritu*

## *A mis Sinodales*

*Pablo Luna, Constantino García, Fernando Mtz., Jose L, García  
Gracias por su apoyo y ejemplo en su labor diaria, como por transmitirnos los conocimientos necesarios y  
seguir formando hombres y mujeres mexicanos de una grandeza infinita  
Para nuestra máxima casa de estudios.*

## *Al Mundo y a todas la Naciones*

*Los hombres y mujeres tenemos la obligación y función de mantener el orden y el equilibrio de todo el mundo, cuidemos de el . . . por que esta es nuestra casa, nuestra tierra, nuestra amada Tonanzin Tlalli*





# ÍNDICE



<b>ÍNDICE</b>	i
<b>Índice de figuras</b>	iv
<b>Índice de tablas</b>	vi
<b>Índice de graficas</b>	vi
<b>Introducción</b>	vii
<b>Objetivos</b>	ix
• <b>Objetivo General</b>	
• <b>Objetivo del Proyecto</b>	
• <b>Objetivo Particular</b>	
• <b>Objetivo Específico</b>	
<b>Justificación</b>	x
<b>CAPITULO I</b>	1
• <b>DIAGRAMAS UNIFILARES</b> (Teoría y Conceptos de Diagramas Unifilares)	
Objetivo.	1
1.1 Introducción.	3
1.2 Diagramas	3
1.3 Diagrama Unifilar.	4
1.4 Suministro de Energía Eléctrica.	6
1.5 Arreglos Básicos del Sistema de distribución Eléctrica. (Diagramas Unifilares en B.T., M.T.)	7
<b>CAPITULO II</b>	13
• <b>SUBESTACIONES ELÉCTRICAS EN MT Y BT</b> (Conceptos básicos)	
Objetivo	13
2.1 Introducción	15
2.2 Subestaciones y Estructura de una Subestación Eléctrica	15
2.3 Sistemas de una Subestación	23
2.4 Estructura de los Cuatro Módulos en la Instalación de una Subestación Eléctrica	26
2.5 Clasificación de Subestaciones Eléctricas	28
2.6 Elementos que Constituyen una Subestación Eléctrica	29
2.7 Plantas Generadoras.	49
<b>CAPITULO III</b>	53
• <b>CALIDAD DE LA ENERGIA EN SISTEMAS ELECTRICOS</b>	
Objetivo	53
3.1 Introducción.	55
3.2 Calidad de energía	55

3.3 Tipos de perturbaciones en los sistemas eléctricos	57
3.4 Fuentes de disturbios en los sistemas eléctricos	63
3.5 Fuentes armónicas	66
3.6 El factor K en los transformadores	70
3.7 Factor de Potencia	72
3.8 Sistema de tierras	76
3.9 Equipos y dispositivos para la calidad de energía eléctrica	82
<b>CAPITULO IV</b>	<b>87</b>
• METODOLOGIA DE ANALISIS DE UN SISTEMA ELECTRICO	
Objetivo	87
4.1 Introducción	89
4.2 ¿Qué es una metodología eléctrica?	89
4.3 ¿Como realizar un Diagnostico Energético?	93
4.4 Facturación Eléctrica	103
4.5 Conocimiento de las Normas y Reglamentos Eléctricos	110
4.6 Equipo de medición para el Diagnostico Energético	113
4.7 Propuestas de: Mantenimiento y ahorro de energía	114
<b>CAPITULO V</b>	
• REVISION DEL SISTEMA ACTUAL DE LA FES ARAGÓN	
Objetivo	117
5.1 Introducción	119
5.2 Obtención de datos de la FES Aragón	119
5.3 Determinación del análisis de datos	122
5.4 Levantamiento eléctrico y mediciones de campo en la red eléctrica	123
5.5 Determinación de la situación real y existente	126
5.6 Mediciones eléctricas en las instalaciones	129
5.7 Evaluación de viabilidad técnica económica	131
5.8 Establecimiento de una o varias alternativas	143
5.9 Determinación de las opciones para su mejora	143
5.10 Recomendaciones del sistema eléctrico	144
5.11 Justificación de viabilidad del proyecto	145
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>147</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>149</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>151</b>
<b>A</b>	<b>153</b>
<b>B</b>	<b>155</b>
<b>C</b>	<b>157</b>
<b>D</b>	<b>169</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

## Capítulo I

Fig. 1. 1a) Diagrama para flujo de cargas	6
Fig. 1.1 b) Tabla de coordinación de protecciones	6
Fig. 1.2 b) Sistema radial expandido	8
Fig. 1.2 a) Sistema radial simple	8
Fig. 1.3 a) Sistema en anillo abierto	9
Fig. 1.3 b) Sistema primario en anillo	9
Fig. 1.4 Sistema derivación doble	9
Fig. 1.5 Sistema mancha de red	10
Fig. 1.7 Sistema secundario selectivo	11
Fig. 1.6 Sistema primario selectivo	11
Fig. 1.8 Red Eléctrica de México y Anillo central de Interconexión	12

## Capítulo II

Fig. 2.1 a) Subestación compacta	16
Fig. 2.1 b) subestación abierta	16
Fig. 2.2 Subestaciones tipo intemperie	17
Fig. 2.3 Subestación Tipo Interior	17
Fig. 2.4 Subestación aérea tipo poste	18
Fig. 2.5 a) Subestación encapsulada	19
Fig. 2.5 b) Diagrama unifilar y esquema de una subestación encapsulada	20
Fig. 2.6 Subestaciones tipo Pedestal	21
Fig. 2.7 Subestación Subterránea	22
Fig. 2.8 Distribución general de equipos de una subestación eléctrica	28
Fig. 2.9 Transformador en aceite y sus partes esenciales	30
Fig. 2.10 Transformador tipo seco	33
Fig. 2.11 Interruptor de Gran Volumen de Aceite	36
Fig. 2.12 Interruptores de pequeño volumen de aceite	37
Fig. 2.13 Interruptor neumático	37
Fig. 2.14 Interruptor en Vacío	38
Fig. 2.15 Restaurador	40
Fig. 2.16 Cuchillas desconectoras	41
Fig. 2.17 a) Apartarrayos con explosores	45
Fig. 2.17 b) Apartarrayos con resistencia variable	45
Fig. 2.18 Onda de choque de apartarrayos	46
Fig. 2.19 Apartarrayos en Subestaciones	46
Fig. 2.20 Transformador de Corriente	48
Fig. 2. 21 Transformadores de Potencia	48
Fig. 2.22 a) Planta de Emergencia	51
Fig. 2.22 b) Switch de transferencia	51
Fig. 2.23 Sistema Auxiliar (Transferencia de Alimentación Eléctrica)	51



### Capítulo III

Fig. 3.1 Corriente producida por una descarga atmosférica	58
Fig. 3.2 Sistema eléctrico que presenta fallas en diversos puntos	61
Fig. 3.3 Fluctuaciones de Voltaje	63
Fig. 3.4 Sobretensiones transitorias	64
Fig. 3.5 Interrupciones instantáneas	64
Fig. 3.6 Interrupciones temporales	65
Fig. 3.7 Ruido Eléctrico	65
Fig. 3.8 Distorsión armónica	65
Fig. 3.9 Superposición de una armónica sobre la fundamental inicialmente en fase	66
Fig. 3.10 Diagrama de potencias	73
Fig. 3.11 Diagrama fasorial de una planta operando con un bajo FP atrasado	75
Fig. 3.12 Diagrama fasorial, corrección del factor de potencia por adición de potencia reactiva en oposición de fase.	75
Fig. 3.13 Elementos básicos de un sistema de protección aterrizado	78
Fig. 3.14 Configuración de un sistema con un solo punto de tierra	79
Fig. 3.15 Aterrizamiento de equipo	80
Fig. 3.16 Variación de la resistividad con la temperatura y humedad	81

### Capítulo IV

Fig. 4.1 Demanda Máxima Medida	104
Fig. 4.2 Periodos de Punta, Intermedio y Base Demanda Máxima Medida	107
Fig. 4.3 Horario de verano en México base, intermedio y punta (a)	108
Fig. 4.3 Horario de verano en México base, intermedio y punta (b)	108
Fig. 4.4 Regiones del sistema de tarifas en México	108

### Capítulo V

Fig.5.1 a) Líquido aislante	127
Fig.5.1 b) Corrosión	127
Fig.5.2 Conductores con más de 120 ° C	127
Fig.5.3 Sanitarios, lámparas, tubos, cables telefónicos, pacas de estopa	127
Fig.5.4 Tableros de la subestación sin identificación	128
Fig.5.5 Transformadores principales en condiciones no adecuadas	128
Fig.5.6 a) Registros inundados	129
Fig.5.6 b) empalmes de conductores mal realizados	129
Fig.5.7 Equipo eléctrico descompuesto	129





## ÍNDICE DE TABLAS

### Capítulo III

Tabla 3.1 Clasificación e transitorios oscilatorios	59
Tabla 3.2 Principales Fuentes de Armónicas	70
Tabla 3.3 Ejemplo de calculo de factor K	72
Tabla 3.4 Valores de resistividad del terreno	81

### Capítulo IV

Tabla 4.1 Datos generales del inmueble	97
Tabla 4.2 Datos generales del personal y horarios	98
Tabla 4.3 Zonificación de Áreas	99
Tabla 4.4 Equipo Eléctrico	100
Tabla. 4.5 Penalización y bonificación del Factor de Potencia	106
Tabla 4.6 Datos de facturación	110
Tabla 4.7 Normas Eléctricas en México	111

### Capítulo V

Tabla 5.1 Área total y metros de construcción	121
Tabla 5.2 Numero de edificios y zona	123
Tabla 5.3 Descripción de gabinetes	124
Tabla 5.4 Transformadores principales	125
Tabla 5.5 Tableros Generales	125
Tabla 5.6 Interruptores	125
Tabla 5.7 Medición de tierras	131
Tabla 5.8 Costos de energía de la región central del 2007	131
Tabla 5.9 Factores de reducción	132
Tabla 5.10 Consumo, cuotas y cobros aplicables a la tarifa HM del 2006	133
Tabla 5.11 Penalización y bonificación	134

## ÍNDICE DE GRAFICAS

### Capítulo V

Grafica 5.1 Costo-Tiempo	141
Grafica 5.2 Energía (Potencia en Watts)-Tiempo	141





# INTRODUCCIÓN

Tanto las empresas suministradoras de energía como los usuarios finales del servicio de energía eléctrica, han estado insistiendo cada vez más en el concepto de calidad de energía. Esto se inició en la década de los 80's y se ha convertido en un concepto general, alrededor del cual se puede ubicar una multitud de distintos tipos de disturbios y problemas que se pueden presentar en el sistema eléctrico.

El principal factor que se encuentra detrás de los conceptos de la calidad, en el suministro de la energía eléctrica es el incremento en la productividad para los clientes de las empresas eléctricas. Lo anterior, plantea la necesidad de identificar estos problemas entre suministradores y usuarios de energía eléctrica en forma grupal, para que en la medida de lo posible se planteen soluciones conjuntas.

En México, el suministro de energía eléctrica a los usuarios, está regido por la ley del servicio público y su reglamento, en donde se especifican los límites superiores e inferiores del voltaje de suministro en el punto de entrega al usuario. La entrega de voltajes fuera de estos límites se considera anomalía o deficiencia del suministro. Históricamente, la calidad de energía no ha sido un problema mayor, hasta hace poco tiempo, en forma genérica, se consideraba que excepto por la continuidad, el suministro para la mayoría de los usuarios de la energía eléctrica era completamente satisfactorio; sin embargo, el incremento masivo que se ha tenido en la utilización de equipo basado en electrónica de potencia, control e iluminación electrónica ha creado un doble problema para el suministrador.

La energía eléctrica es un gran pilar del desarrollo económico del país, ya que la transformación desde la generación, transmisión y distribución, tienen grandes implicaciones en una variación de oferta y precio, que influye en los costos tan altos y consumos excesivos de ésta mal utilizados.

A partir de la subida del costo del petróleo, en los últimos 20 años atrás, las políticas de ahorro y conservación de la energía se han desarrollado y aplicado en programas de uso eficiente, como también se ha desarrollado una gama de distintas metodologías para el ahorro de energía eléctrica en los distintos sectores, como son los más conocidos, el residencial, comercial, e industrial.

Actualmente estamos viviendo una transición con problemas ambientales, en el mundo y por supuesto en nuestro propio país, y una de las formas de reducir los contaminantes, emisiones, costos y gastos innecesarios de la energía eléctrica, es el uso eficiente de la energía, es por ello, que se toma un nuevo apoyo al hacer un uso más óptimo de los recursos naturales para transformarlos en energía eléctrica y aprovecharlos de manera más eficiente por medio de programas, actividades, metodologías de desarrollo, implementación de energías alternas, uso y aprovechamiento de la energía eléctrica.

La facultad de Aragón a cumplido más de 30 años de servicio, sin embargo a tenido un crecimiento acelerado y no adecuado para los servicios que presta hoy a la comunidad



universitaria, ya que en la actualidad se ha implementado más sistemas de computo como equipo eléctrico, los cuales tienden a incrementar la capacidad carga y de consumo de energía eléctrica.

De lo anterior no se ha contado con un programa de actualización red eléctrica, ni de ahorro de energía eléctrica, como tampoco se ha contado con un programa de mantenimiento, para evitar los gastos excesivos de equipo eléctrico con los que cuenta (subestaciones en Mediana Tensión MT y Baja Tensión BT, tableros, transformadores, etc.), además de los consumos tan elevados que tiene y cuenta la misma institución; es por ello que surgió la necesidad de implementar un diagnóstico energético como además de actualizar su diagrama unifilar, para obtener un mejor control de crecimiento y distribución de la energía eléctrica con la que se abastece la Facultad de Aragón, logrando dar propuestas de energías alternas e implementar programas de ahorro de energía y de mantenimiento, para obtener una reducción en los gastos y consumos tan elevados, manteniendo un mejor servicio de energía eléctrica para los alumnos, maestros trabajadores, personal docente y de servicio, logrando tener un mejor crecimiento y desarrollo social, económico, tecnológico y ambiental para la FES Aragón, la UNAM y principalmente para nuestro país que es México.

La implementación de una metodología no solamente beneficia al lugar o sector que se este implementando si no a la producción en general de energía eléctrica de nuestro país, ya que con ello se obtiene ahorros de consumos y gastos, como beneficios de aprovechar de manera más eficiente la energía eléctrica, además con lo anterior también reducimos la quema de combustibles para generar energía eléctrica y no dañar más el medio ambiente en el que vivimos, manteniendo un equilibrio en nuestro habitat y así logrando desarrollar nuevas tecnologías para beneficio de la humanidad y del mundo en general.

Se puede decir que toda obra que se proyecta y realiza, es prestar un servicio eficaz y eficiente. Logrando metas se pueden alcanzar mediante un equilibrio de todos los componentes que la integran, sistemas y subsistemas en conjunto y que lo hacen funcional y económico a lo largo de su vida útil.



## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Aplicar una nueva metodología para el análisis de actualización de un Diagrama Unifilar, e implementarla en la Industria, Comercio o en una Institución (FES Aragón), mejorando el servicio y consumo eléctrico.

### OBJETIVO DEL PROYECTO

Llevar acabo toda una implementación de análisis y metodología como alternativas para dar soluciones a mejorar los sistemas e instalaciones eléctricas, actualizándolos de manera que beneficien tanto la calidad de energía eléctrica como ahorro de la misma, para beneficio del consumidor y al mismo país.

### OBJETIVO PARTICULAR

Conocer los sistemas, arreglos, diagramas e instalaciones eléctricas para el análisis y actualización del un diagrama unifilar, para mejorar la red de instalación eléctrica y la calidad de energía.

### OBJETIVO ESPECIFICO

Aplicar el análisis y la metodología correspondiente a los sistemas eléctricos que así lo requieran para mejorar la calidad de energía eléctrica y su uso eficiente.





## JUSTIFICACIÓN

La presente justificación del proyecto, es tener actualizada la red eléctrica de la FES Aragón y mantenerla en el mejor estado de funcionamiento posible para evitar interrupciones continuas, como fallas eléctricas, dando conocimiento de todo el conjunto de equipó eléctrico con el que se cuenta, además representado un diagrama unifilar para realizar futuras ampliaciones o modificaciones dentro de la Facultad y llevarlas de manera segura y correcta de acuerdo con las normas eléctricas vigentes.

De lo anterior se muestra y se da a conocer los consumos de energía eléctrica, para implementar y aplicar una propuesta de ahorro de energía eléctrica, disminuyendo los consumos de demanda de energía, así como además de los costos que genera la Facultad de Aragón, y logrando que se puedan obtener beneficios económicos, técnicos, administrativos, sociales, y ambientales, logrando la optimización de los servicios que requiere la Facultad.





# CAPITULO I

## DIAGRAMAS UNIFILARES

(Teoría y Conceptos de Diagramas Unifilares)

### OBJETIVO:

Mostrar con los diagramas unifilares las relaciones generales entre los elementos eléctricos, componentes de los circuitos y entre los circuitos mismos, que permite llevar un control de la carga real instalada y el crecimiento ordenado de una planta o sistema (eléctrico), como también detectar fallas con más facilidad.





## 1.1.-INTRODUCCIÓN

Las empresas modernas, instituciones o comercios dependen con mayor frecuencia de los sistemas de distribución eléctricos y de los equipos de control electrónicos para los procesos de producción.

Constantemente se añaden cargas y equipos nuevos y se instalan sistemas de control sofisticados para aumentar y eficientizar de la producción; es por ello que la potencia en el suministro eléctrico aumenta continuamente. Lo que anteriormente era un sistema adecuado y seguro, posiblemente ya no lo sea; una falla en un componente (interruptor, transformador, cable, etc.) de este sistema eléctrico puede significar que el componente explote, se incendie o falle aparatosamente poniendo en riesgo la vida del personal y afectando la producción (sea el caso en la industria) y en particular la FES Aragón.

Por lo tanto, se hace imprescindible ir actualizando los diagramas unifilares de un sistema eléctrico, ya que estos son la materia prima para los estudios (digitales) que se requieren para poder analizar con confianza la salud y seguridad de su sistema de distribución eléctrico. Sin estos diagramas unifilares actualizados, el personal de la planta o del sistema responsable del suministro eléctrico, no podría saber si un interruptor termomagnético dejó de ser seguro o si un cable puede transformarse literalmente en una bomba de tiempo al experimentar un cortocircuito.

## 1.2.- DIAGRAMAS

El diagrama es la representación de una instalación eléctrica, por medio de símbolos gráficos; informa sobre el funcionamiento, los circuitos de corriente y en general, también sobre la interconexión de los conductores (simbología de diagramas unifilares anexo A-1). Dependiendo de su empleo, se distinguen los siguientes tipos de representación:

### Diagrama unifilar:

Presenta las partes principales de un sistema eléctrico, identificando sus elementos, el número de conductores, etc., sin permitir un acompañamiento completo.

### Diagrama funcional:

Representa las diversas trayectorias de la corriente en todos sus detalles y proporciona informes sobre la secuencia funcional de los componentes, no se ocupa de la posición física de éstos en la instalación. Siempre que sea posible, las diversas trayectorias de la corriente se deben de representar por medio de rectas, sin cruces o ángulos, además se pueden colocar bloques terminales y puntos de conexión entre elementos conductores (ya sean permanentes o no permanentes).

### Diagrama polifilar (bifilar o trifilar):

Este nos proporciona en todos sus detalles los componentes del circuito (aparatos y conductores), además que en sus trazos se indica la relación eventual entre componentes

(interconexión, etc.); sin embargo, no da información sobre la posición entre los componentes del circuito.

#### Diagrama de red:

Es la representación de los conductores y sus conexiones. Este diagrama se puede representar también sobre un levantamiento topográfico de la región en que se sitúa.

#### Diagrama de Alambrado:

Lleva la representación de los conductores internos de un aparato o grupo de aparatos (por ejemplo, tableros, consolas, etc.). Esta designación también se adopta en el caso de la representación de los conductores existentes en una instalación predial o industrial, en relación a la planta de la misma; en este último caso, se recomienda una identificación adecuada para los circuitos de luz, de fuerza y de comunicaciones (teléfonos). Esta representación se hace siempre con referencia a la posición real del conductor en el aparato o la instalación.

### **1.3 DIAGRAMA UNIFILAR**

El diagrama unifilar de una subestación eléctrica es el resultado de la conexión en forma simbólica y a través de un sólo hilo todo el equipo mayor que forma parte de la instalación, considerando la secuencia de operación de cada uno de los circuitos.

El diseño de una instalación eléctrica tiene su origen en el diagrama unifilar correspondiente, que resulta del estudio de las necesidades de carga de la zona en presente, y con proyección a un futuro de mediano o largo plazo.

#### ***Importancia del diagrama unifilar***

Uno de los aspectos fundamentales del diseño conceptual o ingeniería básica es la preparación de un diagrama unifilar, que se usa durante la fase de estudio e incluye los principales componentes del sistema. Normalmente, no se incluyen detalles que se van adicionando durante la fase del diseño detallado de un proyecto, es decir se incluyen, transformadores de potencia, interruptores, cuchillas desconectadoras, cables, buses o barras, transformadores de instrumento, apartarrayos, etc.

También se puede incorporar a la parte de la red asociada a los datos en el punto de conexión con la compañía suministradora, así como los niveles mínimo y máximo de corto circuito.

El diagrama unifilar se usa para las especificaciones, detalles de instalación, pruebas de equipo y sistema.

#### ***Un diagrama unifilar completo debe de contar con lo siguiente:***

- Fuentes de alimentación o puntos de conexión a la red, incluyendo valores de voltaje y cortocircuito.

- Generadores (en su caso), incluyendo su potencial en KVA o MVA, voltaje, impedancias (sincronía, transitoria, subtransitoria, secuencia negativa y secuencia cero) y método de conexión a tierra.
- Tamaño y tipo de todos los conductores, cables, barras y líneas aéreas.
- Tamaño de transformadores, voltajes, impedancias, conexiones y métodos de conexión a tierra.
- Dispositivos de protección (fusibles, relevadores, interruptores).
- Transformadores de instrumento (potencial y corriente).
- Apartarrayos y Banco de capacitores.
- Capacitares para mejoría del factor de potencia.
- Identificación de cargas (en su caso), incluyendo grandes motores eléctricos e impedancias.
- Tipos de relevadores.
- Ampliaciones futuras.

La cantidad de detalle en un diagrama está determinada por su uso relativo, el diagrama unifilar conceptual no debe de contemplar toda la información descrita anteriormente.

La simbología usada en los diagramas unifilares se muestra en el anexo C1 (en B.T. y M.T.). Al tener estos diagramas actualizados, se pueden desarrollar los siguientes estudios:

- **Cortocircuito:** Para detectar situaciones peligrosas. Es un estudio básico para la seguridad eléctrica. Fig. 1.2 (a)
- **Flujo de Cargas:** Para determinar si existen cables sobrecargados o si las caídas de voltajes son excesivas o si el factor de potencia requiere corregirse. Fig. 1.2 (a)
- **Armónicos:** Para conocer el contenido de armónicas en cada bus y si éstas realmente producen un problema; en caso de serlo, se diseña un filtro que evita la resonancia.
- **Evaluación de Arco:** Este estudio permite saber qué tan seguro es acercarse a cualquier equipo eléctrico; dando como resultado un reporte que contiene las distancias mínimas que debe mantener el personal eléctrico con el equipo, y además informa sobre el tipo de ropa que se debe utilizar.
- **Estabilidad:** Este estudio determina cómo reaccionarán los generadores de la planta ante diferentes eventos como pérdida de alimentación de la CFE o de un cortocircuito interno.
- **Confiabilidad:** Mediante este estudio, se puede determinar cuan confiable es su sistema de distribución y las probabilidades de una falla. Además, se calculan los costos de estas fallas. Fig. 1.2 (a)
- **Arranque de Motores:** Sirve para determinar si es posible la instalación de un motor grande con un arrancador a plena carga o si requiere un arrancador a tensión o alimentación reducida. Fig. 1.2 (a)

- **Coordinación de Protecciones:** Se utiliza para determinar si los transformadores están adecuadamente protegidos o si existe una posibilidad de pérdida de la continuidad de la alimentación eléctrica. Fig.1.2 (b)
- **Malla de Tierra para Subestaciones:** Este estudio, diseña una malla de tierra segura para una subestación eléctrica. Es el único estudio que no requiere el diagrama unifilar de la planta.

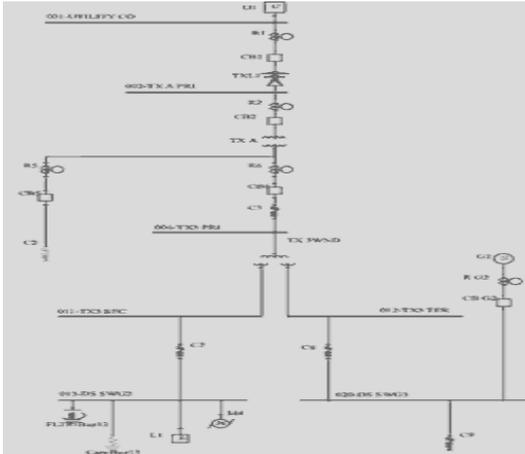


Fig. 1. 1a) Diagrama para flujo de cargas

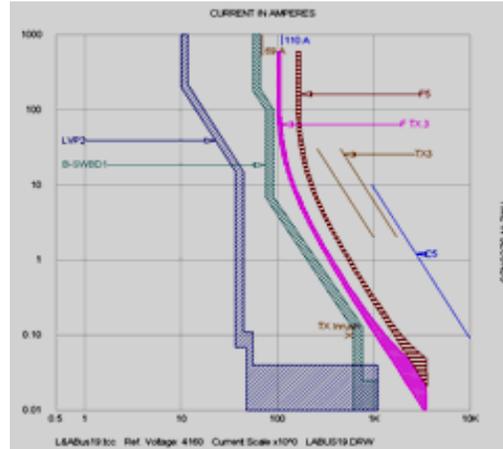


Fig. 1.1 b) Tabla de coordinación de protecciones

## 1.4 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Generalmente el suministro de las Edificaciones se ha realizado mediante la instalación de uno o más transformadores de distribución y concentración de medidores correspondientes, en el interior de locales cedidos en su caso, por el usuario a la empresa suministradora para tal efecto, los cuales se encuentran en planta baja, sótano o ductos, incluso subterráneos.

Al tener este tipo de instalación y a medida que incrementa su tamaño las nuevas edificaciones, así como su carga y el número de consumidores, ha provocado la aparición de problemas tales, como:

*Sobrecargas, variaciones de tensión, mala regulación y poca flexibilidad de operación, con consecuencias negativas en la calidad del uso de la energía eléctrica.*

La seguridad para el suministro de energía eléctrica a los usuarios siempre será un factor importante que definirá la manera en que habrá de alimentarse una gran concentración de carga.

La estructura del sistema de distribución en el interior de una empresa o edificio, dependerá sobre todo de las características de la carga, la configuración del edificio o empresa, el grado de confiabilidad y la calidad del servicio que se requiera.

Las alternativas de alimentación de energía eléctrica para una empresa o edificio deben ser analizadas tomando en cuenta, entre otros factores, los siguientes:

- Zona geográfica (sistema aéreo o sistema subterráneo)

- Tipo y magnitud de carga.
- Tensión de suministro.
- Nivel de corto circuito.
- Confiabilidad.
- Arquitectura del inmueble (área construida, niveles, etc.)
- Medición. (tarifas)
- Costos.

### **1.5-. ARREGLOS BÁSICOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA. (Diagramas Unifilares)**

Es importante reconocer cada uno de los elementos que participan dentro de un sistema de distribución de energía eléctrica, para establecer primero dónde tomarán parte durante el proceso de elaboración de un sistema eléctrico.

Basándose en las necesidades propias de construcción del cliente, de algunas dependencias gubernamentales y oficiales del que finalmente estará regido el proyecto. De estas especificaciones se realiza la planeación de los equipos, alimentadores y canalizaciones ya sea en M.T. y B.T. Un esquema claro que puede identificar a cada uno de ellos y la forma en que están acoplados.

Las estructuras normalizadas para alimentación en M.T. y B.T. que se utilizan más frecuentemente son:

- a) Sistema radial.
- b) Sistema radial expandido.
- c) Sistema anillo abierto.
- d) Sistema primario en anillo.
- e) Sistema derivación doble.
- f) Mancha de red.
- g) Sistema primario selectivo.
- h) Sistema secundario selectivo.

Cada uno de estos sistemas presenta características definidas, y pueden diseñarse para edificios verticales y horizontales, los cuales se describen a continuación.

#### **a) Sistema radial.**

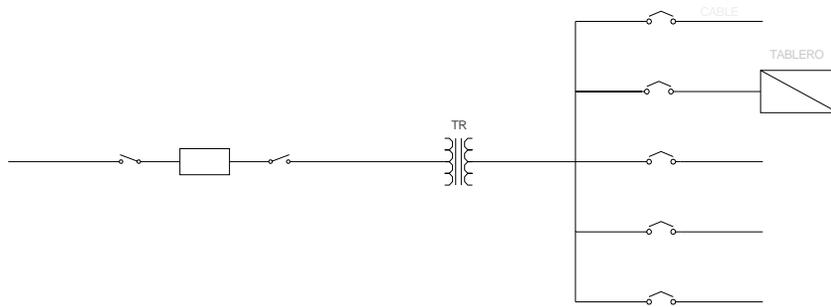
La estructura de alimentación radial, aérea o subterránea a un servicio de este tipo es obviamente la menos compleja pero también es la menos confiable ya que debido a una falla en cualquier componente del sistema de alimentación primaria, afectara a todos los consumidores ligados al mismo, los cuales quedaran sin servicio hasta que se localice y sea reparada la falla. Por lo tanto este sistema se aplicará a servicios que no requieran gran continuidad.

Este tipo de sistema está constituido por circuitos que tienen una sola fuente de alimentación y es normalmente usado para alimentar cargas pequeñas de tipo residencial o industrial de poca importancia, es el más económico, pero el menos confiable ya que el

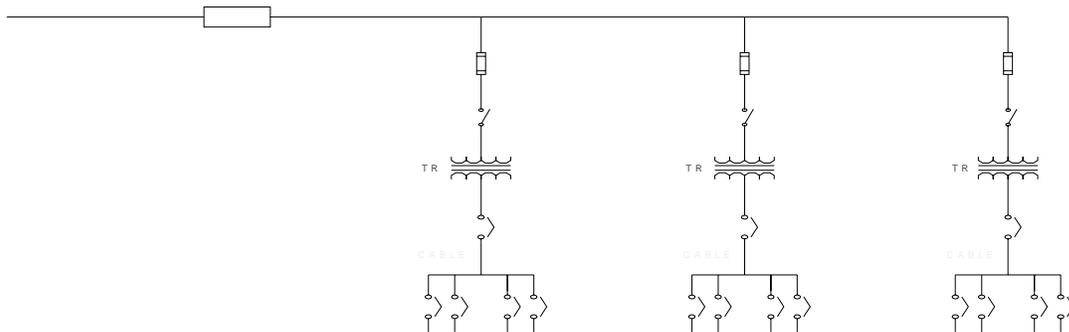
servicio sufrirá una interrupción total por falla de cualquier sección del alimentador. Fig. 1.2 (a)

**b) Sistema radial expandido.**

Este sistema es consecuencia del anterior, tiene una sola fuente de alimentación de la cual se derivan dos circuitos y en caso de una falla de uno de éstos, se aísla y continúa operando el sistema; pero en caso de una falla en la fuente de alimentación queda fuera por completo el sistema. Fig. 1.2 (b)



**Fig. 1.2 a) Sistema radial simple**



**Fig. 1.2 b) Sistema radial expandido**

**c) Sistema en anillo abierto.**

Este diseño ha sido empleado extensamente para alimentar cargas comerciales y pequeñas cargas industriales importantes. Consta de dos alimentadores radiales que se unen en un desconectador normalmente abierto. Una falla en un componente de la red primaria puede ser seccionada o aislada en forma manual y restablecer el servicio mediante la operación del desconectador ubicado en el punto normalmente abierto. Fig. 1.3 a

**d) Sistema primario en anillo.**

Este sistema al igual que el anterior, está constituido por dos fuentes de alimentación del cual, se pueden derivar uno o más circuitos, los cuales se deben conectar preferentemente al anillo por medio de un seccionador o mediante conectores separables de operación con carga. Fig. 1.3 b

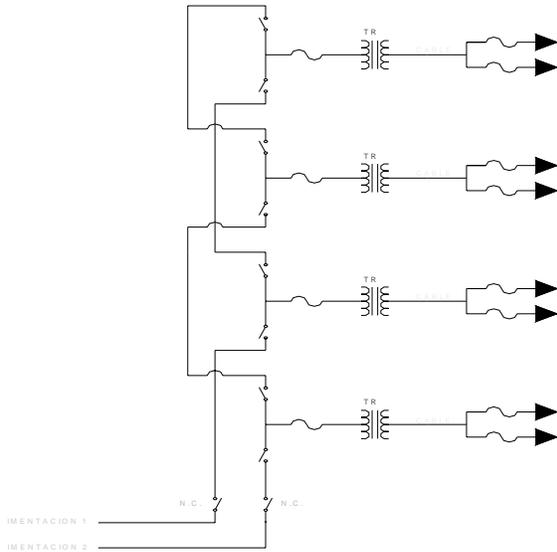


Fig. 1.3 a) Sistema en anillo abierto

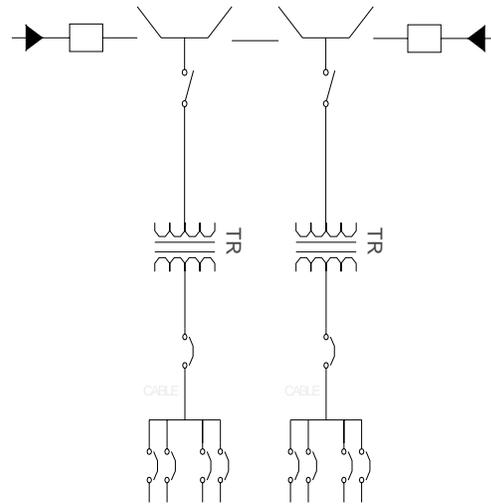


Fig. 1.3 b) Sistema primario en anillo

**e) Sistema en derivación doble.**

En este diseño, dos circuitos de media tensión independientes se llevan al centro de carga y se conectan al transformador por medio de un dispositivo automático de transferencia, uno de los circuitos recibe el nombre de preferente y el otro se conoce como alimentador emergente.

Esta es una estructura que proporciona un alto grado de confiabilidad en el servicio, ya que cuando un alimentador queda fuera de servicio, el otro llevará el total de la carga, mediante el cambio automático de alimentación a través de los interruptores de transferencia en M.T.

Fig. 1.4

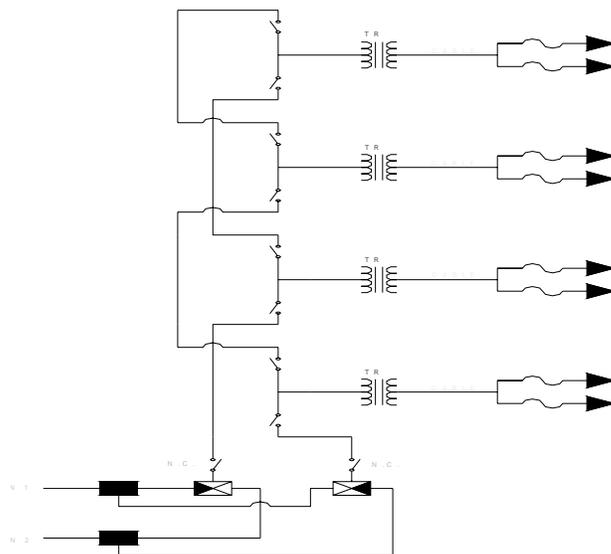


Fig. 1.4 Sistema derivación doble



### f) Mancha de red.

Este sistema es uno de los más flexibles y confiables que existen; su empleo se restringe a zonas de densidad de carga elevada y en las que ya se tiene una red automática subterránea implantada. Esta alternativa requiere para su implantación de un mínimo de dos alimentadores a los que se conectarán los transformadores de distribución y sus respectivos protectores de red, los cuales, alimentarán un bus secundario común energizado permanentemente. Fig. 1.5

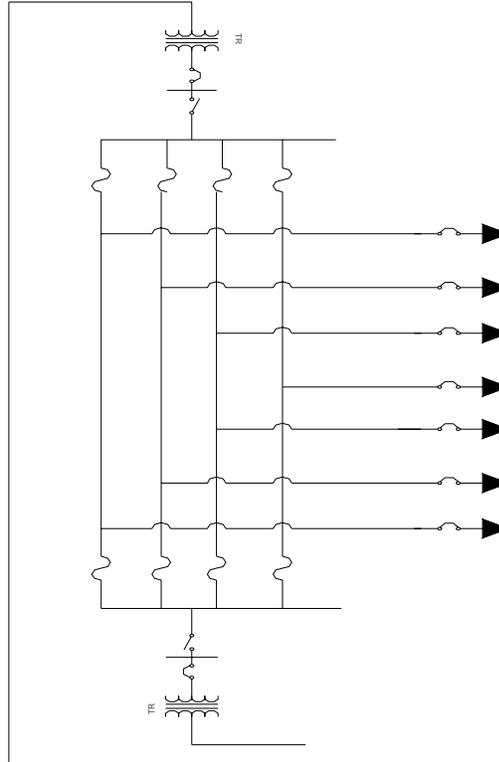


Fig. 1.5 Sistema mancha de red

### g) Sistema primario selectivo

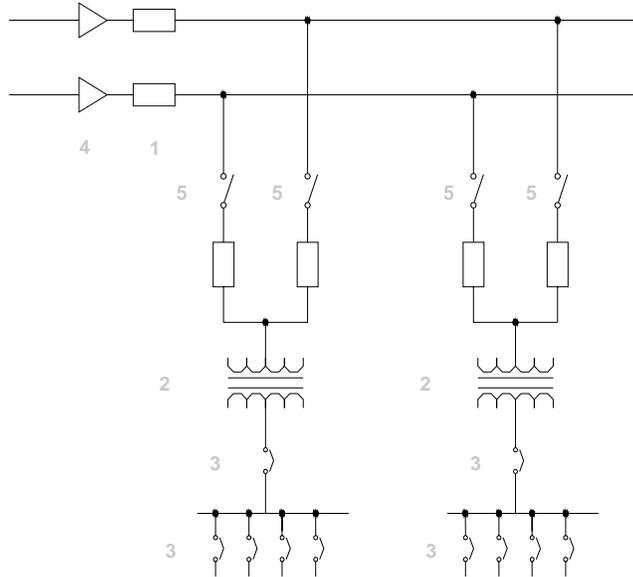
Se caracteriza por tener dos fuentes de alimentación distinta, cada una de ellas alimenta normalmente a la mitad de la carga y en caso de falla de cualquiera de ellas, ambas tienen la capacidad para alimentar la carga completa. Además de permitir mejor mantenimiento del equipo. Por otra parte existen posibilidades de seleccionar la alimentación por medio de un selector de operación manual o automática. Fig. 1.6

### h) Sistema secundario selectivo.

Este sistema, cuenta también con dos fuentes de alimentación y uno o más circuitos derivados, consiste en que si falla una de las fuentes de alimentación, el servicio no se interrumpe, ya que este sistema debe contar entre cada uno de los circuitos con un dispositivo de transferencia de carga, dejando fuera la carga no esencial. Combinando con el primario selectivo es el sistema más confiable. Fig. 1.7

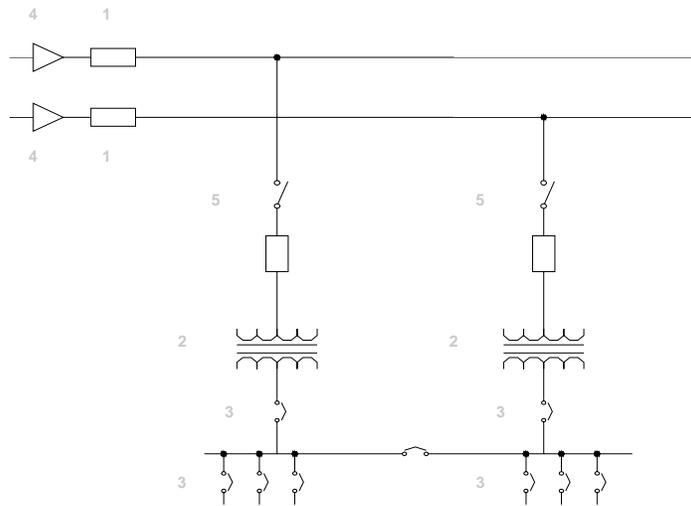


- 1-. Interruptor general (AT)
- 2-. Transformador
- 3-. Int. Secundario (BT)
- 4-. Acometida
- 5-. Seccionadores bajo carga con fusibles



**Fig. 1.6 Sistema primario selectivo**

- 1-. Interruptor general (AT)
- 2-. Transformador
- 3-. Int. Secundario (BT)
- 4-. Acometida
- 5-. Seccionadores bajo carga con fusibles



**Fig. 1.7 Sistema secundario selectivo**

Un ejemplo claro del diagrama unifilar, es el sistema de la red eléctrica con que cuenta México, ya que con él se contempla el crecimiento ordenado de la red eléctrica actual, así como los principales lugares donde están localizadas las fuentes de generación y sus capacidades que tiene cada una, y también muestra el sistema de distribución e interconexión de la red de anillo para la ciudad de México (DF) Fig. 1.8







## CAPITULO II

# SUBESTACIONES EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN

(Conceptos Básicos)

### **OBJETIVO:**

Conocer y definir los principales componentes y características de las subestaciones eléctricas, industrial, comercial o residencial, con la cual se obtendrá, una mayor información adecuada, para un análisis de suministro Eléctrico y Energético.





## 2.1 INTRODUCCIÓN

En el empleo de la energía eléctrica, ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial, intervienen una gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico, al conjunto de este equipo eléctrico, se le conoce con el nombre de subestación eléctrica.

Las subestaciones eléctricas en transmisión y distribución se diseñan también para tener, en la medida de lo posible, una máxima confiabilidad y verificabilidad de operación. La facilidad de conectar o desconectar un equipo y sacarlo del servicio para salidas programadas o no programadas, manteniéndolo en operación, es factor esencial para la operación confiable de los sistemas que la involucran.

Existen varios arreglos de subestaciones, que son usados en distintas empresas eléctricas para satisfacer el requerimiento de una operación confiable y flexible del sistema. Alguno de estos arreglos, se usan en las subestaciones de los sistemas eléctricos de potencia, pero también en instalaciones para grandes usuarios industriales y comerciales.

Una subestación eléctrica es parte de un sistema, como además de una entidad, ya que normalmente un sistema eléctrico de potencia está diseñado de manera que si falla una componente individual, tal como un transformador, una línea de transmisión o un alimentador de distribución, se debe minimizar la duración de la interrupción y al número de usuarios (clientes), afectados por la interrupción.

Por otra parte, la falla de una componente en un sistema provoca que otras componentes lleven una carga mayor de la normal, es decir, se presenta lo que se conoce como una sobrecarga. Esta contingencia debe de estar normalmente considerada en el criterio de un diseño de subestación eléctrica.

En la fase de la planeación de la subestación se considera su localización, tamaño, voltaje, fuentes o puntos de alimentación, cargas y la función misma de la subestación, estos elementos, deben de ser considerados en la fase de diseño de una subestación eléctrica, ya que de no hacerlo, se podría presentar el caso de requerir modificaciones prematuras, con los costos consecuentes en forma innecesaria.

## 2.2 SUBESTACIONES Y LA ESTRUCTURA DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### **Definición subestación:**

Una subestación eléctrica, es un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc.) tipo corriente alterna (C.A.) o corriente continua (C.C.), conservando ciertas características.

El principal objetivo de una instalación eléctrica, es conocer la disposición de cada uno de los elementos distribuidos en el diseño del un proyecto.

La subestación, es o son equipos empleados para la recepción de energía eléctrica y tienen por objeto transformar la tensión (carga eléctrica), que las compañías suministradoras de energía proporcionan a tensiones usuales para el servicio o servicios requeridos.

**La subestaciones más comunes son las siguientes:**

- Subestaciones abiertas y compactas.
- Subestaciones aisladas en aire
- Subestaciones unitaria en hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).
- Subestaciones tipo pedestal.
- Subestaciones tipo aéreas (tipo poste)
- Subestaciones tipo subterráneas.

Para el caso de las instalaciones industriales, dentro de la clasificación general de las subestaciones eléctricas, las subestaciones más usadas son las denominadas abiertas y compactas.

**Subestaciones Abiertas y Compactas:**

Son de hecho las subestaciones principales en industrias, donde se manejan cargas considerables, en tanto que las compactas se usan en industrias menores, edificios y comercios dada sus características (Fig. 2.1 a y b).

Unas de las ventajas son:

Su costo es relativamente bajo, ocupan muy poco espacio, son fáciles de instalar, ampliar y relocalizar en un momento dado. Su construcción es totalmente blindada, por lo mismo son de frente muerto proporcionando que estas sean de mayor seguridad.



**Fig. 2.1 a) Subestación compacta**



**Fig. 2.1 b) subestación abierta**

**Subestaciones Aisladas en Aire:**

En este tipo de subestaciones, el aire sirve como el medio aislante y, por lo tanto, se usan principalmente en exteriores. En el caso de subestaciones de alta y extra alta tensión, tienen el inconveniente de que ocupan un espacio importante para su construcción, por lo que su aplicación en áreas urbanas densamente pobladas está restringida a la disponibilidad de

terrenos. De hecho las subestaciones aisladas en aire tienen dos variantes constructivas que son:

1. *Subestaciones tipo intemperie*
2. *Subestaciones tipo interior.*

### **1-. Subestación Tipo Intemperie**

Estas subestaciones, se construyen en terrenos a áreas expuestas al medio ambiente (intemperie) y por lo tanto se requiere de un diseño, aparatos y máquinas que sean capaces de soportar el funcionamiento en condiciones atmosféricas, etc. (Fig. 2.2)



**Fig. 2.2 Subestaciones tipo intemperie**

La modalidad de subestaciones tipo intemperie se usan en condiciones atmosféricas adversas para subestaciones en alta tensión (A.T.) y subestaciones de extra alta tensión (E.A.T.).

### **2-.Subestación Tipo Interior**

En este tipo de subestaciones, los equipos y máquinas usadas están diseñadas para operar en interiores, esta es una solución que ha caído en desuso para las subestaciones aisladas en aire, con la creciente utilización de las subestaciones aisladas en hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), sin embargo como diseño, sigue siendo una opción en ciertos casos de subestaciones localizadas en áreas urbanas. Fig. 2.3



**Fig. 2.3 Subestación Tipo Interior**

*Subestaciones aéreas.  
(También llamadas tipo poste)*

Las subestaciones aéreas, son aquellas para las cuales las características de tamaño, peso y capacidad establecidas permiten su montaje en uno o dos postes que son parte de la red de distribución que la alimentará. (Fig. 2.4)

Subestaciones de distribución a 33 kV:

En el nivel de 33 kV se permitirán transformadores que no superen los 600 Kg. de peso, instalados sobre camillas sobre postes de concreto de 14 mts para el recibo de la línea y de 12 mts como auxiliar de soporte de cortacircuitos y de camilla. Los descargadores de sobretensión serán instalados sobre la carcasa del transformador y conectados de forma tal que la línea llegue primero al descargador y de allí al borne primario.

Subestaciones de distribución a 13.2 kV:

Todos los transformadores deberán ser del tipo autoprotegido tanto en el nivel de media tensión como en el de baja. Para el primer nivel, se dispondrá de soporte para los descargadores de sobre-tensiones y para el nivel de baja tensión se dispondrá de un interruptor automático de circuito de 600 V con luz piloto. La máxima potencia que se permite instalar sobre postes en este tipo de subestación, es de 250 KVA en redes de distribución trifásicas residenciales a 13.2 kV. Para edificios o industrias la capacidad dependerá del diseño.

La potencia instalada dependerá de la red de distribución, cuyo calibre está limitado a 67.43 mm<sup>2</sup> tamaño nominal (calibre 2/0 AWG) en cable CUÁDRUPLEX para red aérea y a cobre 107.2 mm<sup>2</sup> (calibre 4/0 AWG) en red subterránea, en disposición radial. Así mismo, se aceptará la instalación de transformadores hasta de 75 KVA monofásicos. Los transformadores monofásicos hasta 75 KVA y los trifásicos hasta 112.5 KVA soportados por camilla serán instalados y orientados hacia la línea, nunca hacia el frente de las edificaciones o vías. Si la estructura es terminal de línea, se ubicará hacia el lado del templete, con sus cajas primarias y protecciones orientadas hacia la línea.



**Fig. 2.4 Subestación aérea tipo poste**

### ***Subestaciones de Hexafloruro de Azufre (SF6):***

(También llamadas encapsuladas)

Las subestaciones en SF6 ocupa aproximadamente  $\frac{1}{4}$  del espacio de las equivalentes aisladas en aire, pueden estar diseñadas para operar en exterior o interiores, para exteriores (interiores) operan en rangos de temperatura de  $-25^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ , en tanto que para las interiores el rango va  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $+40^{\circ}\text{C}$ .

En la actualidad, la literatura disponible para las subestaciones aisladas en gas es bastante extensa, y proporciona un excelente punto de partida para iniciar el estudio de esta tecnología, que en sus inicios siempre partió de la base de establecer una comparación con las subestaciones aisladas en aire, que eran consideradas de diseño convencional, tomando en cuenta aspectos, como:

- Espacio requerido de construcción
- Confiabilidad
- Tiempos de construcción
- Costos

Considerando que las subestaciones aisladas en aire y las subestaciones aisladas en gas deben cumplir con las mismas funciones, se pone en énfasis en las diferencias en construcción, prácticas de mantenimiento, impacto en los sistemas de potencia, diseños especiales en las subestaciones aisladas en gas, arreglos de barras y niveles de tensión. (Fig. 2.5 a y 2.5 b.)

Actualmente, las subestaciones aisladas en gas (SF6) se construyen en niveles de tensión de hasta 800 KV en varias configuraciones y con distintos requerimientos de comportamiento, y aun cuando los costos de inversión inicial de una subestación en SF6 pueden ser mayores que los de una subestación equivalente de tipo convencional (aislada en aire), las subestaciones aisladas en SF6 pueden reducir muchos costos secundarios; entonces, una solución de una subestación en SF6 puede resultar ventajosa en un proyecto global.



**Fig. 2.5 a) Subestación encapsulada**

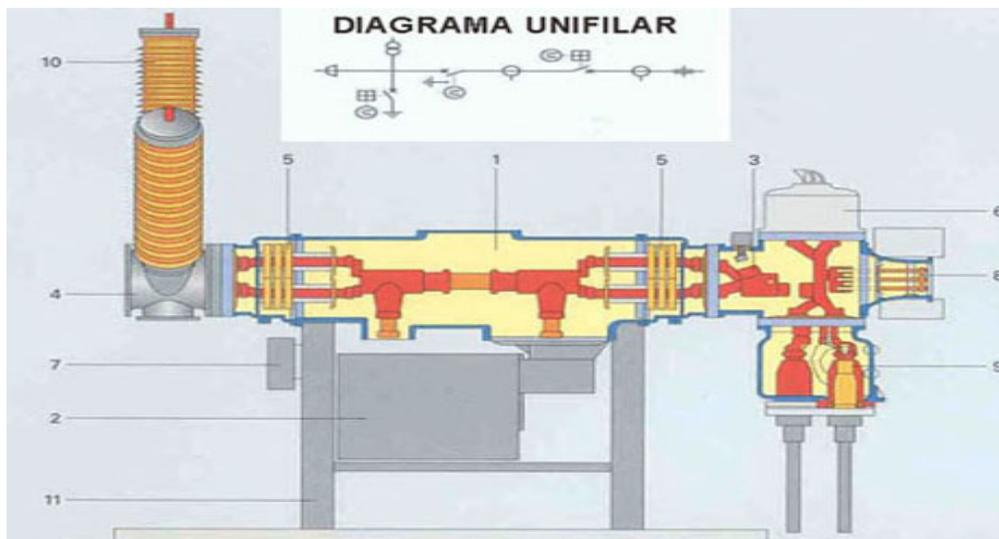


Fig. 2.5 b) Diagrama unifilar y esquema de una subestación encapsulada

### Enlistado de los componentes que conforman una Subestación SF6

1. Módulo de interruptor de potencia.
2. Gabinete centralizador y accionamiento de interruptor.
3. Módulo de salida con seccionador de P.A.T. de tres posiciones.
4. Módulo de conexión acometida aérea.
5. Transformador de corriente.
6. Transformador de potencial.
7. Cajas de bornes secundarios TC's y TP's.
8. Cuchilla de tierra rápida.
9. Módulo de conexión salida con cable.
10. Terminales de acometida aérea.
11. Bastidor estructural de soporte.

### *Subestación tipo pedestal*

Las subestaciones tipo pedestal, se instalarán a la intemperie o bajo techo, no poseen partes vivas expuestas (frente muerto) y conforman un equipo seccionador-transformador con bujes de alta tensión premoldeados conectados a codos desconectables bajo carga, bujes de parqueo, interruptor para operación bajo carga adosado al transformador y con caja de maniobra para entrada y salida del alimentador principal. Fig. 2.6

La parte de conexión de la red de alta tensión es un compartimiento accesible con puerta y manija con llave, el cual, dependiendo del diseño y las exigencias particulares, podrá llevar en la salida para la red primaria troncal e interruptor de maniobra.

El transformador de la subestación en pedestal puede ir sumergido en aceite o en resina epóxica y sus fusibles son de protección rápida tipo bayoneta, que irán adosados al transformador y sumergidos en el aceite, accesibles por la parte superior del transformador. El transformador seco instalado en exteriores, debe tener un encapsulado a prueba de intemperie y si su capacidad es superior a 112.5 KVA deberá estar a no menos de 30 cm. de

los materiales combustibles de las edificaciones, excepción hecha de los transformadores con un aumento nominal de la temperatura de funcionamiento de 80° C en adelante, completamente encerrados, pero con aberturas de ventilación.



**Fig. 2.6 Subestaciones tipo Pedestal**

Como respaldo de los anteriores, existirán fusibles limitadores de corriente también sumergidos en el aceite aislante.

La parte de conexión de la red de baja tensión se haya en compartimiento adosado adyacente al de alta tensión, con puerta y manija con llave. Poseerá en todos los casos interruptor termomagnético tripolar y relé de disparo tripolar para corrientes mayores a 200 Amps. Si la subestación tipo pedestal se introduce en cámara deberá ser tipo sumergible. No se acepta la instalación de transformadores tipo aéreo en cámaras subterráneas.

### **Subestación subterránea**

Es aquella que por sus características y capacidades se permite montar bajo el nivel del piso en la vía pública o en un predio particular. Este tipo de subestaciones, se emplea en vías públicas céntricas o en urbanizaciones, condominios, conjuntos de bloques o industrias que, por la imposibilidad de implementarlas en habitaciones interiores debidamente acondicionadas o por estética deben ubicar el transformador y sus equipos complementarios en cámaras (bóvedas) construidas bajo el nivel del piso. Fig. 2.7

Todos los equipos alojados allí como transformador, seccionador, etc., deberán estar en capacidad de operar aún bajo condiciones de inundación, y al igual que en la subestación de tipo pedestal, puede llevar adosado el equipo de protección y seccionamiento, además de un acople a la red primaria que ejecutará mediante bujes premoldeados.

Se pueden diferenciar 2 clases de subestaciones subterráneas:

**a) Sumergibles ocasionalmente:** pueden funcionar durante algún tiempo en condiciones de inundación de la cámara.

**b) Sumergibles permanentemente:** pueden permanecer sumergidas por largos períodos de tiempo, dichas subestaciones a su vez pueden ser tipo radial o tipo malla. Las de tipo radial tienen incorporado el equipo de seccionamiento del transformador. Las de tipo malla tienen además incorporado equipo de seccionamiento de línea de entrada y salida. En las subestaciones subterráneas las conexiones eléctricas no deberán poseer partes vivas expuestas (frente muerto) tanto en media como en baja tensión.

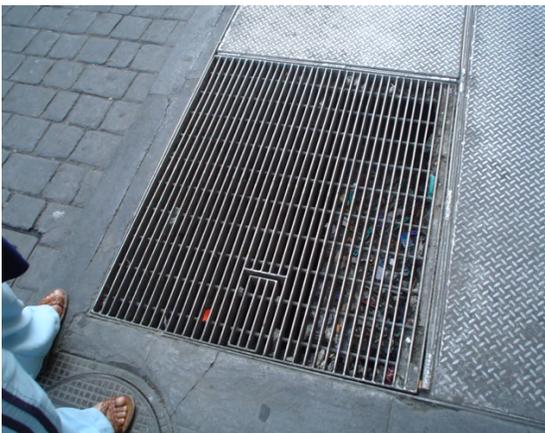
Cuando el equipo de protección y seccionamiento no es incorporado al transformador, se dispondrá de una caja de maniobra o seccionador en aceite o en vacío, tipo sumergible y con palanca exterior para operación bajo carga. El seccionador que se implemente deberá permitir apertura bajo carga. La conexión de la red primaria al transformador empleará codos premoldeados desconectables bajo carga y para la corriente nominal del equipo, pero estará acorde con la capacidad del circuito troncal en caso de que el mismo, entre y salga (subestaciones tipo malla), aunque ésta disposición puede lograrse externamente al mismo equipo de seccionamiento.

Adicionalmente, se pueden utilizar barrajes premoldeados (regletas) para conexión y operación bajo carga, en el caso de 200 Amps.

La alimentación deberá llevarse en cable tipo seco. Las partes metálicas no conductoras de todos los equipos eléctricos estarán debidamente puestas a tierra.

En la cámara la subestación mantendrá un área suficiente para la colocación de equipos, el acceso y espacio de trabajo, para inspección, ajuste, servicio o mantenimiento bajo tensión, conservando las distancias mínimas libres del espacio de trabajo. La cámara deberá ser tal que permita la maniobra confiable del seccionador, transformador y protecciones. Como mínimo, se debe tener libres 1.5 m en su frente y 0.6 m en otros costados. La cámara debe poseer buena ventilación con impedimento a la entrada de animales.

Se recomienda que este tipo de subestación esté provista de un pozo de achique de 50 x 50 cm<sup>2</sup> de sección y de 50 cm. de profundidad provisto de una bomba para sacar el agua automáticamente, o comunicado con la tubería de aguas de lluvia mediante tubería apropiada, de 2" de diámetro como mínimo.



**Fig. 2.7 Subestación Subterránea**

### 2.3.-SISTEMAS DE UNA SUBESTACIÓN

Los diseños de subestaciones eléctricas convienen que se dividan en partes pequeñas, de manera que puedan desarrollar un criterio de diseño, se preparen cálculos, se determinen las especificaciones para compra y construcción, y se preparen los dibujos descriptivos. Definiendo los sistemas de subestaciones y haciendo referencia a cada uno de ellos en forma individual, se puede hacer que el diseño de una subestación eléctrica sea más manejable y comprensible, estas partes pequeñas son el sistema donde juntas, hacen una subestación.

Un sistema de una subestación es un conjunto o arreglo de dispositivos que están relacionados para desarrollar una función común, cada sistema tiene una función definida, a las cuales contribuyen los componentes eléctricos. Una subestación consiste de varios sistemas, que se pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Sistema relacionado con el sitio.
- Sistemas relacionados con el área de la instalación del equipo primario.
- Sistemas relacionados con el cuarto o caseta de control.
- Sistema de protección, control y medición.
- Sistemas auxiliares.

Una subestación típica consiste de un área para el equipo primario y un cuarto o caseta de control. Por lo general, el área para el equipo primario es externa para la subestaciones aisladas en aire en la parte correspondiente o alta tensión en las subestaciones, sin embargo, para las subestaciones aisladas en aire, esta parte puede estar encerrada en un edificio, por razones estéticas o ambientales.

También puede ser el área de una subestación aislada en hexafloruro de azufre (SF<sub>6</sub>), en cuyo caso, requerirá de menor área que la equivalente aislada en aire (aproximadamente un 25 % del área), estas subestaciones en SF<sub>6</sub> pueden ser intemperie, o interior.

El cuarto o caseta de control contiene el equipo que protege, controla y monitorea la subestación. Puede ser en algunas ocasiones una simple caseta de control prefabricada, o bien, una construcción de concreto con estructura metálica que contiene los equipos de protección, medición y control, así como los interruptores, cuchillas desconectadas, de distribución, etc.

Tanto en área externa como la caseta de control están construidas en un sitio que debe ser seguro, algunas veces con malla externa de protección para aislar la instalación del público y debe tener un ingreso adecuado a los caminos o calles públicas para el acceso y salida de equipo y estructuras, durante las fases de construcción, o bien para mantenimientos mayores.

#### *Sistemas relacionados con el sitio*

Los sistemas relacionados con el sitio, son aquellos que tienen que ver con la seguridad de las subestaciones, la apariencia y el acceso estos sistemas incluyen, lo siguiente:

### *Sistema de malla o muro de seguridad*

Las mallas de seguridad o muros en su caso, previenen la entrada de personas no autorizadas a la subestación, proporcionan las distancias eléctricas adecuadas de los buses o partes energizadas a las áreas accesibles al público, y ofrecen la entrada a la subestación del equipo entregado, retirado o en mantenimiento.

### *Sistema de acceso al sitio*

Este sistema permite el acceso a la subestación por los caminos públicos y el acceso dentro de la subestación a través de la malla o muro, para la instalación, retiro y mantenimiento del equipo de la subestación, las barras y las estructuras. El sistema de acceso al sitio incluye el camino de acceso proveniente del camino público diseñado para llegar a la subestación y las rutas de acceso y pasillos dentro de la propia subestación

### *El sistema de drenaje, piso y acabado superficial del sitio*

El sistema de drenaje, piso y acabado superficial del sitio proporciona un nivel razonable para el acceso de equipo, drenaje positivo para el agua de lluvia, unas superficies adecuadas para circular y una capa de grava de roca de resistividad constante sobre la malla de tierra para la seguridad del personal.

### *Sistema de acabado*

Este sistema es el que da cierta apariencia agradable a la subestación y es el complemento para la malla o barda exterior de la subestación para aislarla de la vista del público, puede incluir algunas plantas o árboles y sistemas de riego para las mismas.

### *Sistema o área para el equipo primario.*

El sistema para el equipo primario es aquel que contiene las facilidades para el equipo en alta tensión de la subestación y que incluye principalmente, lo siguiente:

#### *El equipo de conexión y desconexión*

Principalmente interruptores y cuchillas desconectoras.

#### *El equipo de transformación*

Este equipo es esencialmente el transformador de potencia, que puede ser trifásico, o bien, estar formando un banco de transformadores monofásicos y su función es transferir la potencia entre dos potencias de distinto nivel de tensión, es decir, mantienen la potencia constante cambiando la relación de voltajes. La cimentación del transformador y el sistema de drenaje del aceite del transformador, forman parte también del sistema de transformación.

### *Sistema de buses o barras*

El sistema de barras o buses interconecta las porciones de alto voltaje de las distintas componentes del equipo primario en el área externa para formar la configuración de sintonización, acopladores lineales y otros equipos usados en comunicaciones.

### *Sistema de protección contra descargas directas y ondas de sobretensión.*

El sistema de protección contra descargas directas y ondas de sobretensión protegen el área externa y el edificio o caseta de control contra los impactos del rayo y protege el aislamiento de los equipos primarios de los transitorios que entran a la subestación por las líneas de transmisión o de distribución. Las componentes de este sistema incluyen los mástiles y/o bayonetas, los cables de guarda y los apartarrayos instalados dentro del área externa.

### *Sistema de estructuras y soportes en el área externa.*

En las subestaciones con aislamiento en aire, de tipo externo, se requieren estructuras para soportar los buses o barras, así como soportes buses requeridos por la subestación. Las componentes del sistema de buses o barras incluyen barras rígidas o conductores flexibles, los herrajes usados para conectar las barras o conductores a los equipos primarios, así como los aisladores que soportan a los conductores del bus.

### *Sistema del equipo de medición, protección y comunicaciones.*

El sistema de equipos de medición, protección y comunicaciones proporciona entradas de bajo voltaje y bajas corrientes a los relevadores de protección, equipo de medición que toma medidas proporcionales de voltaje y corriente que existen en los buses y equipos, y transmiten también señales de comunicación para protección y medición de las líneas de transmisión. El sistema del equipo de medición, protección y comunicación incluye a los transformadores de instrumento (potencia y corriente), las trampas de onda, las unidades para algunos equipos como son las cuchillas desconectadoras, apartarrayos, trampas de onda, aisladores soportes, etc. Además de las estructuras de remate para la llegada de las líneas de transmisión o distribución. Dentro de este sistema, se deben incluir también la cimentación de las estructuras.

### *Sistema de tierras.*

El sistema de tierras, protege al personal dentro de la subestación de las grandes diferencias de potencial que se pueden presentar durante los transitorios de voltaje y corriente, proporciona una trayectoria de baja impedancia a la tierra física para la adecuada operación de los relevadores y disipa en el suelo flujos de corriente importantes, provenientes de los rayos o de fallas. Las componentes de un sistema de tierras incluyen: conductores, varillas o electrodos de tierra, que forman una malla o red de tierras a la que se conectan las estructuras y equipos.

### *Sistema de canalizaciones.*

El sistema de canalizaciones consiste de tubos conduit, charolas, ductos, los soportes para estos, etc. En general, su función es proteger a los conductores de fuerza y de control contra posibles daños físicos.

### *Sistema de alumbrado y comunicaciones.*

El sistema de alumbrado y comunicaciones ilumina el área externa por seguridad, ilumina el equipo en el área externa para maniobras de emergencias y reparaciones y proporciona un medio para que el personal tenga servicio telefónico y otros medios de comunicación, cuando sea necesario. Este sistema, incluye todo lo relacionado con las luminarias, dispositivos de control del alumbrado, alambrado de interconexión, etc.

### *Sistema de protección, control y medición.*

Los sistemas de protección, control y medición describen la protección por relevadores, el control local y remoto, las indicaciones, el monitoreo, los anuncios y sistemas de alarma y equipo de medición incluido en la mayoría de las subestaciones, estos sistemas incluyen lo siguiente:

- Sistema de protección por relevadores.
- El sistema de control.
- El sistema de medición.
- El sistema de anuncios e indicación.

### *Sistemas auxiliares*

Los sistemas auxiliares describen las facilidades de las instalaciones de fuerza, los cables de interconexión y el equipo de protección contra incendio que tiene la mayoría de las subestaciones, estos sistemas incluyen lo siguiente:

- El sistema auxiliar en corriente alterna (C.A.) de la subestación.
- El sistema de servicio en (C.D.) de la subestación.
- El sistema de cables de fuerza y control.
- El sistema de protección contra incendio.

## **2.4-. ESTRUCTURA DE LOS CUATRO MÓDULOS EN LA INSTALACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

Una subestación también cuenta con una estructura de instalación (ver figura 2.8), ya que consta de cuatro módulos y un sistema auxiliar (planta de emergencia), para la operación y funcionamiento de la misma Subestación, donde cada modulo cumple una función importante para todo el conjunto del que se compone una Subestación Eléctrica, a continuación se enlistan los módulos que componen la subestación eléctrica:

1-.Módulo de medición.

2-.Módulo de cuchillas.

3-.Módulo de interruptor y apartarrayos.

4-.Módulo de acoplamiento.

5-.Planta de Emergencia

### **1- Modulo de de medición:**

Este gabinete, cuenta con el espacio adecuado para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora.

### **2- Modulo de cuchillas:**

Este gabinete, aloja en su interior una o tres cuchillas tripolares (dependiendo si se utiliza como módulo de cuchilla de servicio de prueba), la operación de estas cuchillas se efectúa por medio de una palanca desde el frente exterior del gabinete.

### **3- Modulo de interruptor de apartarrayos:**

Este gabinete se encuentra alojado un interruptor tripolar de operación con carga, el cual es utilizado como dispositivo de conexión y desconexión de la subestación, también se encuentran alojados tres fusibles limitadores de corriente de alta capacidad interruptiva, además tres apartarrayos que protegen la subestación contra efectos de descargas atmosféricas.

### **4- Modulo de acoplamiento.**

Este es el gabinete de transición entre la subestación y el transformador conteniendo en su interior un juego de barras de cobre o de aluminio (esta transición también, puede ser a base de cable XLP de la misma tensión de la subestación de distribución) apoyadas en aisladores de presión epóxica y necesaria para la conexión con el transformador.

### **5-Planta de emergencia**

Un sistema alternativo de energía eléctrica, llamado normalmente sistema normal de emergencia, es aquel que cuando se presenta una falla en el suministro de energía eléctrica normal, mediante dispositivos de transferencia (automáticos o manuales), pueden alimentar a ciertas cargas que necesitan un servicio continuo durante un tiempo determinado, de acuerdo a las necesidades del usuario.

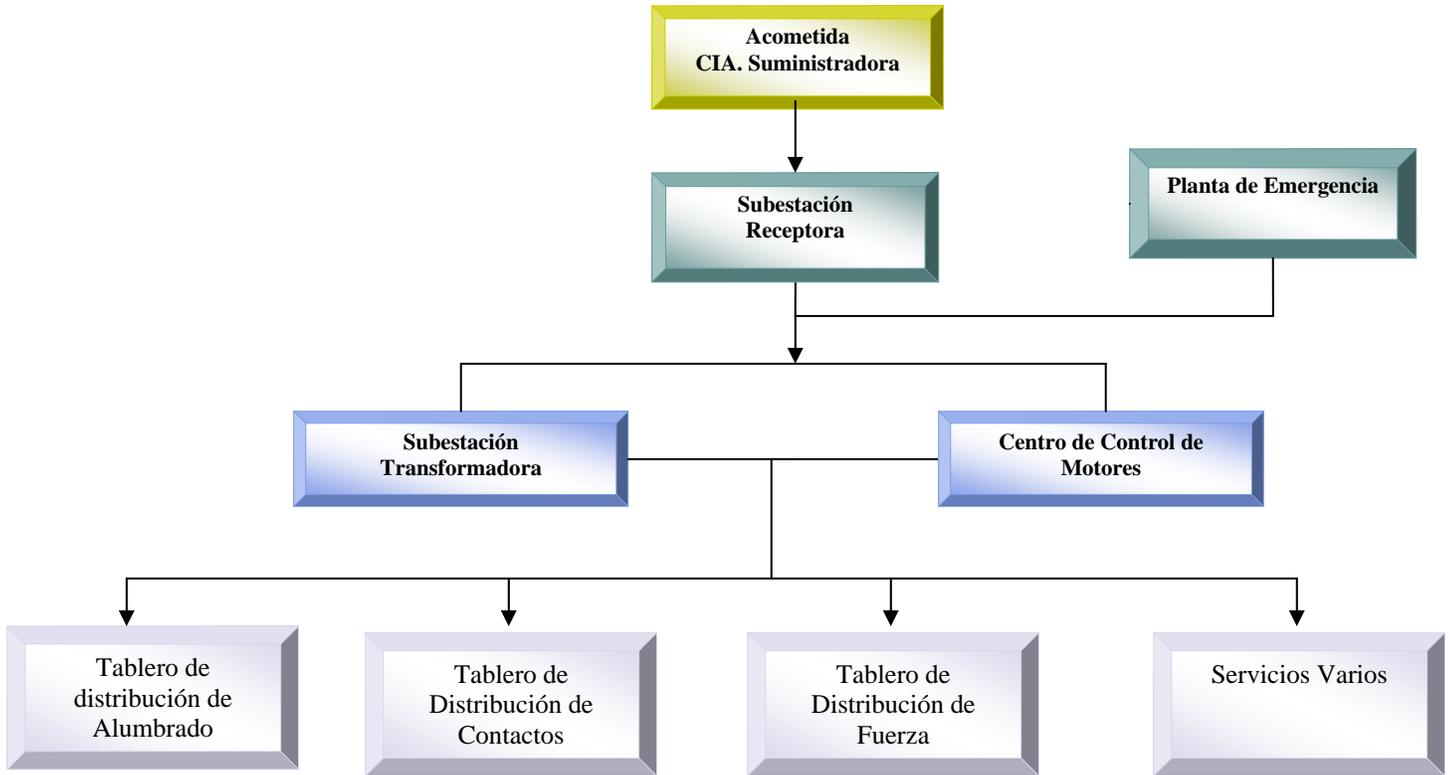


Fig. 2.8 Distribución general de equipos de una subestación eléctrica

## 2.5-. CLASIFICACIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Para hacer una clasificación de subestaciones es algo difícil, pero se puede obtener de acuerdo a lo siguiente:

### Por su operación:

- De corriente alterna.
- De corriente continua

### Por su tipo de servicio:

- Primarias y Secundarias

*Las primarias se clasifican en:*

Elevadoras, receptoras reductoras, de enlace o distribución, de switcheo o de maniobra, convertidoras o rectificadoras.

*Las secundarias se clasifican en:*

Receptoras (reductoras y elevadoras), distribuidoras, de enlace, convertidoras o rectificadoras.

**Por el tipo de construcción:**

- Tipo intemperie.
- Tipo interior.
- Tipo blindado.
- Tipo encapsulado

**2.6-. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA SUBESTACIÓN**

Los elementos de una subestación se clasifican en elementos principales y secundarios

***I-.Elementos primarios o principales:***

1. Transformador.
2. Interruptor de potencia.
3. Restaurador.
4. Cuchilla fusibles.
5. Cuchillas desconectadotas y cuchillas de prueba.
6. Apartarrayos.
7. Tableros.

***II-.Elementos secundarios:***

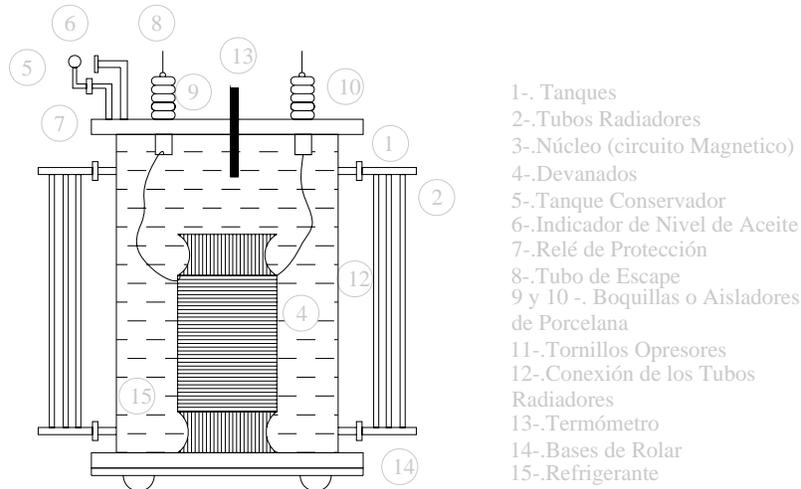
1. Cables de potencia.
2. Cables de control.
3. Alumbrado.
4. Estructura.
5. Herrajes.
6. Equipo contra incendio.
7. Equipo de filtrado de aceite.
8. Sistemas de tierras.
9. Carrier.
10. Intercomunicación.
11. Trincheras, ductos, conductos, drenajes.

**Elementos primarios**

Los transformadores cumplen con una función muy importante en los sistemas eléctricos de potencia. Transforman el voltaje del sistema de un nivel nominal a otro y deben ser capaces de transformar el flujo de potencia en forma continua hacia una parte específica del sistema o hacia la carga (en su caso). Para cumplir con este requerimiento específico, resulta que el transformador es el equipo más grande, pesado, complejo y también más costoso de los equipos usados en una subestación eléctrica.

**TRANSFORMADOR**

Un transformador es un dispositivo que transfiere la energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante. Fig. 2.9.



**Fig. 2.9 Transformador en aceite y sus partes esenciales.**

### Clasificación de transformadores

A) *Los transformadores se clasifican por:*

1. La forma de núcleo.
2. Tipo columnas.
3. Tipo acorazado
4. Tipo envolvente.
5. Tipo radial.

B) *Por el número de fases.*

1. Monofásico.
2. Trifásico.

C) *Por el número de devanados*

1. Dos devanados
2. Tres devanados

D) *Por el medio refrigerante*

1. Aire
2. Aceite
3. Líquido inerte

E) *Por el tipo de enfriamiento, existen sumergidos en aceite y los tipo secos*

1. Enfriamiento OA
2. Enfriamiento OW
3. Enfriamiento OW/A
4. Enfriamiento OA/AF
5. Enfriamiento OA/FA/FA
6. Enfriamiento FOA
7. Enfriamiento OA/FA/FOA

8. Enfriamiento FOW
9. Enfriamiento A/A
10. Enfriamiento AA/FA
11. Enfriamiento OW

#### *F) Por la regulación*

1. Regulación fija
2. Regulación variable con carga
3. Regulación variable sin carga

#### *G) Por la operación*

1. De potencia
2. Distribución
3. De instrumento
4. De horno eléctrico
5. De ferrocarril

### Los tipos de enfriamiento más empleados en transformadores

#### **OA**

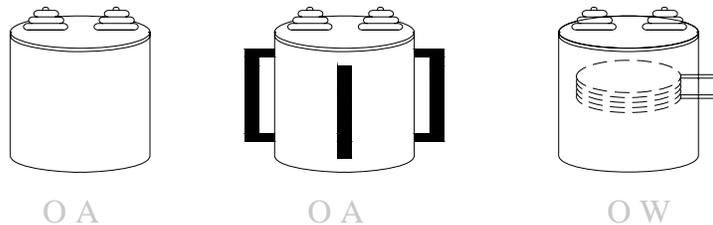
Sumergido en aceite con enfriamiento propio. Por lo general en transformadores de más de 50 KVA se usan tubos radiadores o tanque corrugados para disminuir las pérdidas; en capacidades mayores de 3000 KVA se usan radiadores de tipo desmontable. Este tipo de transformador con voltajes de 46 KV o menores puede tener como medio de enfriamiento líquido inerte aislante en vez de aceite.

#### **OA/FA**

Sumergido en aceite con enfriamiento propio, por medio de aire forzado. Este es básicamente un transformador OA con adición de ventiladores para aumentar la capacidad de disipación de calor.

#### **OA/FA/FOA**

Sumergido en aceite con enfriamiento propio a base de aire forzado y aceite forzado. Este transformador es básicamente un OA, con adición de ventiladores y bombas para circulación de aceite.



**Tipos de Enfriamiento de Transformadores**

#### **FOA**

Sumergido en aceite, enfriado con aceite forzado y con enfriador de aire forzado. Este tipo de transformadores se utiliza únicamente donde se desea que opere al mismo tiempo las

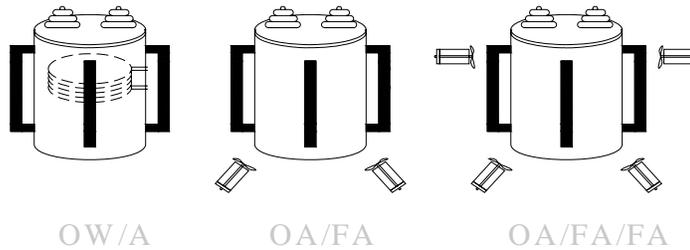
bombas de aceite y los ventiladores; tales condiciones absorben cualquier carga a pico a plena capacidad.

### OW

Sumergido en aceite y enfriado con agua. En este tipo de transformadores, el agua de enfriamiento es conducida por serpentines, los cuales están en contacto con el aceite aislante del transformador. El aceite circula alrededor de los serpentines por convección natural.

### AA

Tipo seco, con enfriamiento propio, no contiene aceite ni otros líquidos para enfriamiento; son usados en voltajes nominales menores de 15 KV, en pequeñas capacidades.



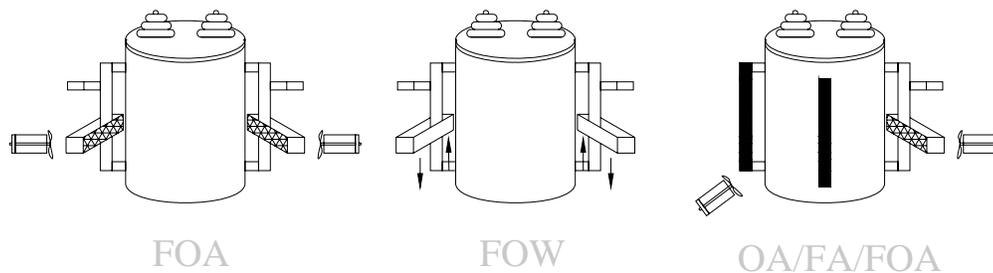
**Tipos de Enfriamiento de Transformadores**

### AFA

Tipo seco, enfriado por aire forzado. Estos transformadores tienen una capacidad simple basada en la circulación de aire forzado por ventiladores o sopladores.

### FOW

Sumergido en aceite, con enfriamiento de aire forzado con enfriadores de agua forzada. Este es prácticamente igual que el tipo FOA, solo que el cambiador de calor es del modelo agua-aceite y por lo tanto; el enfriamiento del aceite se hace por medio de agua sin tener ventiladores.



**Tipos de Enfriamiento de Transformadores**

### AA/FA

Transformador tipo seco con enfriamiento propio, con enfriamiento por aire forzado, su denominación indica que tiene dos regímenes, uno por enfriamiento natural y el otro contando con la circulación forzada por medio de ventiladores, éste control es automático y opera mediante un relevador térmico. Fig. 2.10

TRANSFORMADOR TIPO SECO

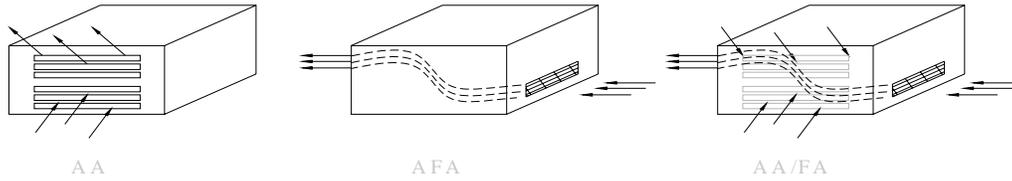


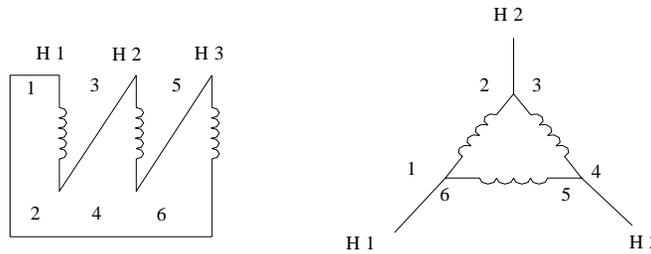
Fig. 2.10 Transformador tipo seco

Conexión de Transformadores

Conexión delta-delta

La conexión delta-delta en transformadores trifásicos se emplea normalmente en lugares donde existen tensiones relativamente bajas; en sistemas de distribución se utiliza para alimentar cargas trifásicas a 3 hilos.

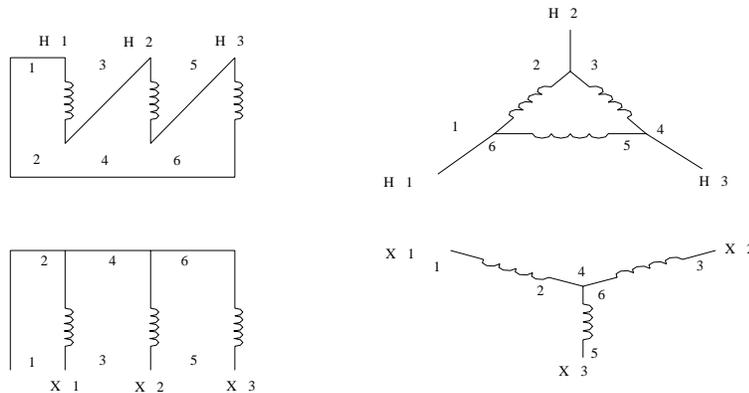
CONEXIÓN DELTA-DELTA



Conexión delta-estrella

Esta conexión se emplea en aquellos sistemas de distribución es conveniente su uso debido a que se puede tener 2 voltajes diferentes (entre neutro y fase).

CONEXIÓN DELTA-ESTRELLA



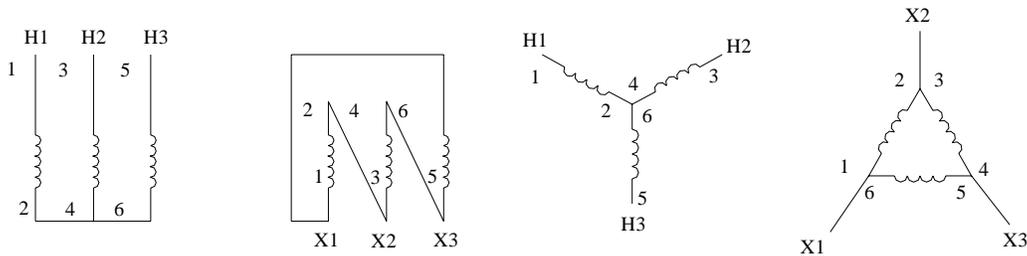
**Conexión estrella-estrella**

Esta conexión se emplea en tensiones muy elevadas, ya que se disminuye la cantidad de aislamiento. Tiene la ventaja de no presentar oposición a las armónicas impares, en cambio puede presentarse a hilos de retorno.

**Conexión estrella-delta**

Se utiliza esta conexión en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir voltajes. En sistemas de distribución es poco usual, se emplea en algunas ocasiones para distribución rural a 20 KV.

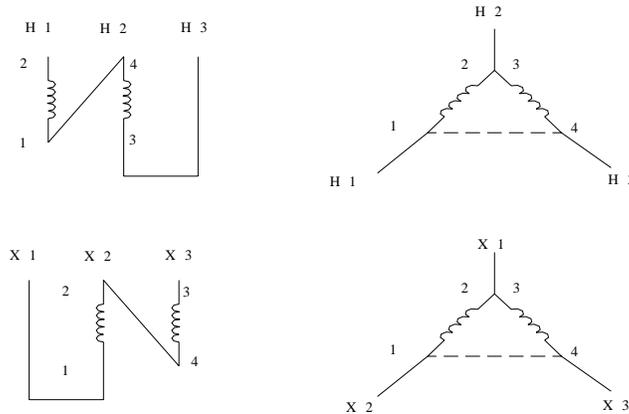
CONEXIÓN ESTRELLA-DELTA



**Conexión delta abierta-delta abierta**

Esta puede considerarse como una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si en un transformador se quema o sufre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos fases, sólo que su capacidad disminuye aun 58.8 % aproximadamente.

CONEXIÓN DELTA ABIERTA-DELTA ABIERTA



## **Puesta en Servicio y Mantenimiento de los transformadores**

Antes de poner en servio y operación un transformador dentro de una subestación eléctrica conviene efectuar una revisión, de lo siguiente:

1. Rigidez dieléctrica del aceite.
2. Una rigidez dieléctrica del aceite indicará suciedad, humedad en el aceite. Para corregir esto se filtra el aceite las veces que sea necesario hasta obtener un valor correcto.
3. Resistencia de aislamiento.
4. Secuencias de fases correctas (polaridad).
5. Tener cuidado con las lecturas de V, I y W para que estas sean las adecuadas.

### **Para el mantenimiento.**

Es el cuidado que se debe tener en cualquier tipo de máquinas durante su operación, para prolongar su vida útil y obtener un funcionamiento correcto.

En el caso particular de los transformadores se requiere poco mantenimiento, en virtud de que son máquinas estáticas. Sin embargo, conviene que periódicamente se haga una revisión de algunas de sus partes, como son:

1. Inspección ocular de su estado externo en general, para observar fugas de aceite, etc.
2. Revisar si las boquillas no están flameadas por sobretensiones de origen externo o atmosférico.
3. Cerciorarse de que la rigidez dieléctrica del aceite sea la correcta, de acuerdo con las normas.
4. Observar que los aparatos indicadores funcionen debidamente.
5. Tener cuidado que los aparatos de protección y de control operen en forma correcta.

## **Interruptores**

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico, si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora, si en cambio la operación de apertura o cierre la efectúa con carga (corriente nominal) o corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación), el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia, los interruptores, en caso de apertura, deben asegurar el aislamiento eléctrico del circuito.

Los interruptores de potencia, interrumpen y restablecen la continuidad de un circuito eléctrico. La interrupción la deben de efectuar con carga o corriente de corto circuito.

Por lo que se construye dos diferentes tipos:

- a) Interruptores de aceite.
- b) Interruptores neumáticos.
- c) Interruptores en vacío.
- d) Interruptores en gas.

### **Interruptores de aceite**

Los interruptores de aceite se pueden clasificar en tres grupos:

- 1) Interruptores de gran volumen de aceite.
- 2) Interruptores de gran volumen de aceite con cámara de extinción.
- 3) Interruptores de pequeño volumen de aceite.

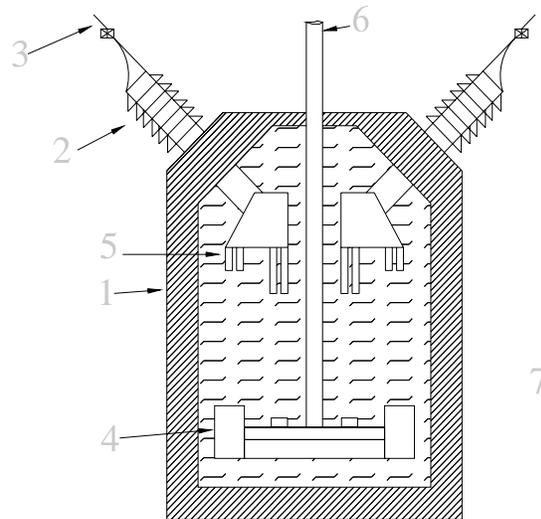
### *Interruptores de gran volumen de aceite.*

Estos interruptores reciben el nombre debido a la gran cantidad de aceite que contienen, generalmente se construyen en tanques cilíndricos y pueden ser monofásicos o trifásicos. Fig. 2.11

Los trifásico son para operar a voltajes relativamente pequeños y sus contactos se encuentran contenidos en un recipiente común, separados entre si por separadores (aislantes).

Por razones de seguridad, en tensiones elevadas se emplean interruptores monofásicos (uno por base en circuitos trifásicos). Las partes fundamentales son:

- 1) Tanque o recipientes
- 2 - 5) Boquillas y contactos fijos
- 3) Conectores (elementos de conexión al circuito)
- 4 - 6) Vástago y contactos móviles
- 7) Aceite de refrigeración



**Fig. 2.11 Interruptor de Gran Volumen de Aceite**

Este tanque se construye cilíndrico, debido a las fuertes presiones internas que se presentan durante la interrupción. También el fondo del tanque lleva costillas de refuerzo, para soportar estas presiones.

### *Interruptores de gran volumen de aceite con cámara de extinción*

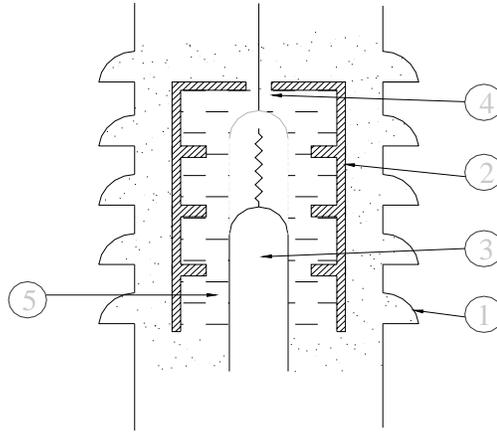
Los interruptores de grandes capacidades con gran volumen de aceite originan fuertes presiones internas que en algunas ocasiones pueden ocasionar explosiones. Para disminuir estos riesgos se idearon dispositivos donde se forman las burbujas de gas, reduciendo las presiones a un volumen menor. Estos dispositivos reciben el nombre de “cámaras de extracción” y dentro de estas cámaras se extingue el arco.

### *Interruptores de pequeño volumen de aceite*

Los interruptores de reducido volumen de aceite reciben este nombre debido a que la cantidad de aceite es pequeña en comparación con los de gran volumen. (Su contenido de aceite varía de 1.5 % y 2.5 % del que contienen los de gran volumen). Fig. 2.12

Se construye para diferentes capacidades y voltajes de operación y su construcción es básicamente una cámara de extinción modificada que permite mayor flexibilidad de operación.

- 1-. Parte externa
- 2-. Cuerpo de la cámara
- 3-. Contacto móvil
- 4-. Contacto fijo
- 5-. Arco eléctrico
- 6-. Aceite



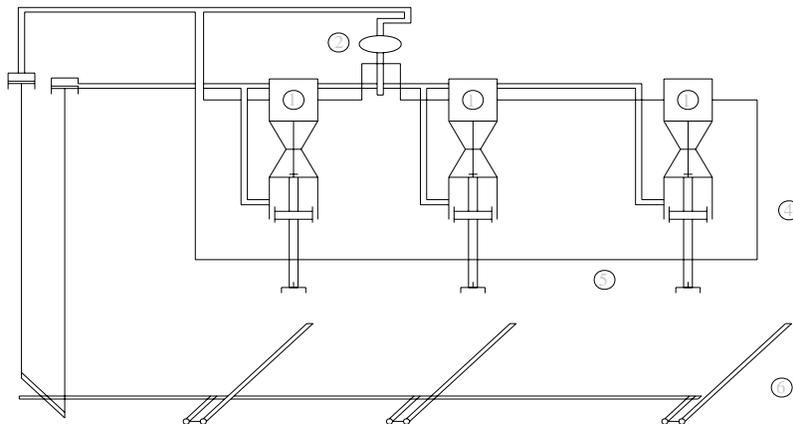
**Fig. 2.12 Interruptores de pequeño volumen de aceite**

### Interruptor Neumático

El aire a presión se obtiene por un sistema de aire comprimido que incluye una o varias compresoras, un tanque principal, un tanque de reserva y un sistema de distribución en caso de que sean varios interruptores. Se fabrican monofásicos o trifásicos, para su uso interior y exterior. En la figura 2.13 se puede observar su operación.

Cuando ocurre una falla la detecta el dispositivo de control, de tal manera que una válvula de solenoide acciona a la válvula principal (2) y sigue una secuencia que puede describirse en general como sigue:

1. Al ser accionada la válvula principal (2), ésta abre, permitiendo el acceso de aire a los aisladores huecos (1).
2. El aire a presión que entra a los aisladores huecos presiona por medio de un émbolo a los contactos (5).



**Fig. 2.13 Interruptor neumático**

3. Los contactos (5) accionan a los contactos (6) que operan simultáneamente abriendo el circuito.
4. Como los aisladores huecos (1) se encuentran conectados directamente a las cámaras de extinción (4), al bajar los contactos (5) para accionar a los contactos (6) el aire a presión que se encuentra en los aisladores (1) entra violentamente a la cámara de extinción (4) extinguiéndose el arco

Ventajas del interruptor neumático sobre los interruptores de aceite.

1. Ofrece mejores condiciones de seguridad, ya que evita explosiones e incendios.
2. Interrumpe las corrientes de falla en menos ciclos (3 a 5).
3. Disminuye la posibilidad de recobrados de arco.
4. Es más barato

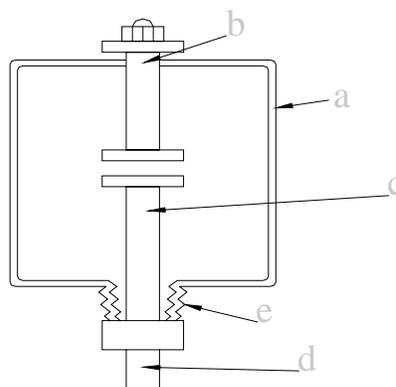
### Interruptores en vacío.

Los mejores conductores de electricidad son aquellos materiales que ofrecen la mayoría de electrones libres, y por el contrario, los mejores aisladores o dieléctricos ofrecen el mínimo número de electrones libres. Debido a que el vacío constituye una ausencia de cualquier sustancia y, por lo tanto una ausencia de electrones, en teoría, representa el mejor dieléctrico.

Basado en esta teoría, puede haber grandes ventajas que permiten realizar las mismas si operan mecánicamente los contactos eléctricos cuando abren en una cámara de vacío. Fig. 2.14.

La mayoría de los fabricantes han sido capaces de construir tales dispositivos para su uso en A.T. Dentro de las ventajas que se tienen, se pueden mencionar las siguientes: son más rápidos para extinguir el arco eléctrico, producen menos ruido durante la operación, el tiempo de vida de los contactos es mayor y elimina o reduce sensiblemente el riesgo de explosiones potenciales por presencia de gases o líquidos.

El mantenimiento de estos interruptores es reducido y se puede usar en casi cualquier lugar, debido a que no son afectados por la temperatura ambiente u otras condiciones atmosféricas.



**Fig. 2.14 Interruptor en Vacío**

En su forma mas simple un interruptor que trabaja en este principio de funcionamiento esta constituido por un recipiente de material aislante como por ejemplo porcelana o vidrio (a) en este recipiente se encuentran montados los contactos fijo (b) y móvil (c) el contacto móvil es controlado del exterior por medio de una varilla aislante (d) que se apoya en un dispositivo especial (e) que permite el movimiento.

### **Interruptores de gas**

Los interruptores en gas (por lo general SF<sub>6</sub>) se utilizan normalmente en A.T y extra A.T. (hasta 765 KV), usan un gas inerte en el módulo de interrupción, las cuales representan las cámaras llenas de gas en donde tienen lugar la separación el cierre de los contactos. Por cada polo puede haber dos o tres módulos o secciones, dependiendo del nivel de tensión (tres en 765 KV) estos módulos están conectados en serie.

### **Restauradores**

En los sistemas de distribución, además del problema de protección de los equipos eléctricos, se presenta el de la continuidad del servicio, es decir la protección que se planea en las redes de distribución se hace considerando en los dos factores mencionados. Para satisfacer esta necesidad se ideó un interruptor de operación automática que no necesita de accionamiento manual para sus operaciones de cierre o apertura (la operación manual se refiere al mando por control remoto), es decir, construido de tal manera que un disparo o cierre está calibrado de antemano y opera bajo una secuencia lógica predeterminada y constituye un interruptor de operación automática con características de apertura y cierre regulables de acuerdo con las necesidades de la red de distribución que se va a proteger. Este interruptor recibe por tales condiciones el nombre de restaurador.

Un restaurador no es más que un interruptor de aceite con sus tres contactos de un mismo tanque y que opera en capacidades interruptivas relativamente bajas y tensiones no muy elevadas.

Los restauradores normalmente están contruidos para funcionar con tres operaciones de recierre y cuatro aperturas, con un intervalo entre una y otra calibrando de antemano en la última apertura el cierre debe de ser manual, ya que indica que la falla es permanente.

Operación del restaurador.

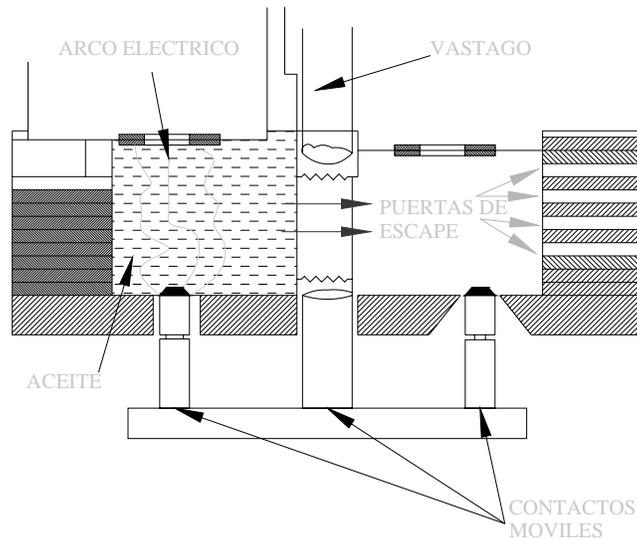
El restaurador opera en forma semejante a un interruptor trifásico, ya sea que sus contactos móviles son accionados por un vástago común, conectando y desconectado en forma simultánea. Fig. 2.15

El proceso de apertura y recierre, se puede describir brevemente como sigue:

1-. Cuando ocurre una falla la bobina de disparo se energiza y actúa sobre un triquete mecánico que hace caer a los contactos móviles.

2-. Los contactos móviles disponen de resortes tensionados de tal forma que la apertura es rápida. Al caer los contactos móviles energizan la bobina de recierre que se encuentra calibrada para operar con un intervalo.

3-. La bobina de recierre acciona un dispositivo mecánico que opera los contactos móviles, conectándose nuevamente con los contactos fijos.



**Fig. 2.15 Restaurador**

4-. Si la falla es transitoria, el restaurador queda conectado y preparado para otra falla; si la misma es permanente, repetirá todo el proceso anterior hasta quedar fuera según sea el número de recierres para el cual se ha calibrado.

La interrupción del arco tiene un lugar en una cámara de extinción que contiene a los contactos.

### **Cuchilla fusible**

La cuchilla fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Fig. 2.16. Tienen dos funciones:

Como cuchilla desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta, y como elemento de protección.

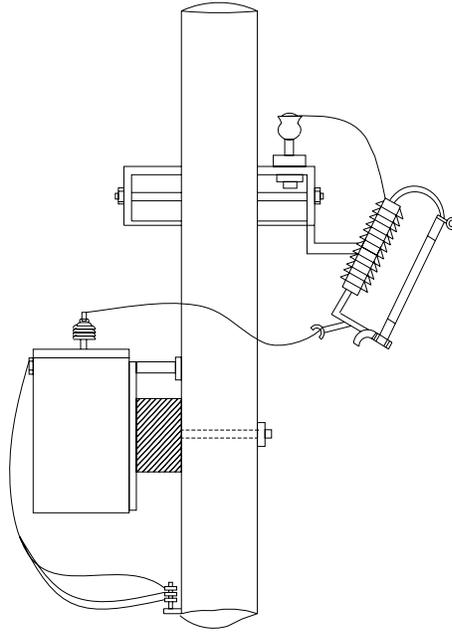
El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor de corriente nominal que va a circular por él, pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de ruptura para cualquier valor de corriente nominal.

Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata (en casos especiales), cobre electrolítico con aleación de plata, o cobre aleado con estaño.

Existen diferentes tipos de cuchillas fusibles, de acuerdo con el empleo que se les dé. Entre los principales tipos y características se tienen las siguientes:

La cuchilla desconectadora es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico.

Por lo general se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se puede operar con carga, hasta ciertos límites.



**Fig. 2.16 Cuchillas desconectadoras**

### *Clasificación de cuchillas desconectadoras*

Por su operación:

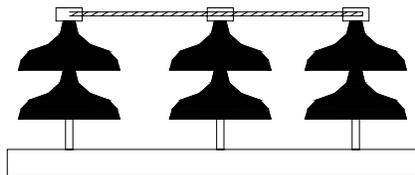
- a) con carga (con tensión nominal)
- b) sin carga (con tensión nominal)

Por su tipo de accionamiento:

- a) manual
- b) automático

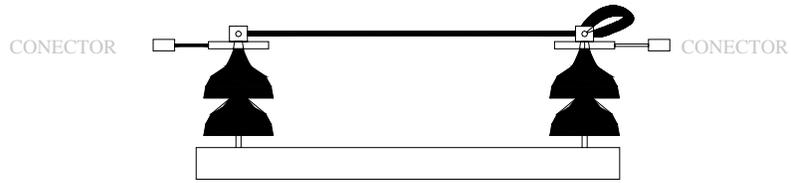
Por su forma de desconexión:

- a) con tres aisladores, dos fijos y un giratorio al centro (horizontal), llamado también de doble arco.



**Cuchilla con tres aisladores**

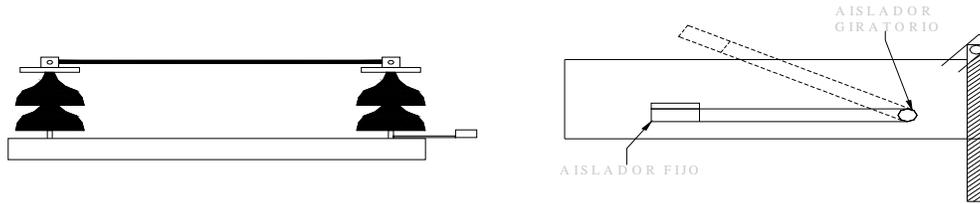
- b) Con dos aisladores (accionados con pértiga), operación vertical.



**Cuchilla con dos aisladores**

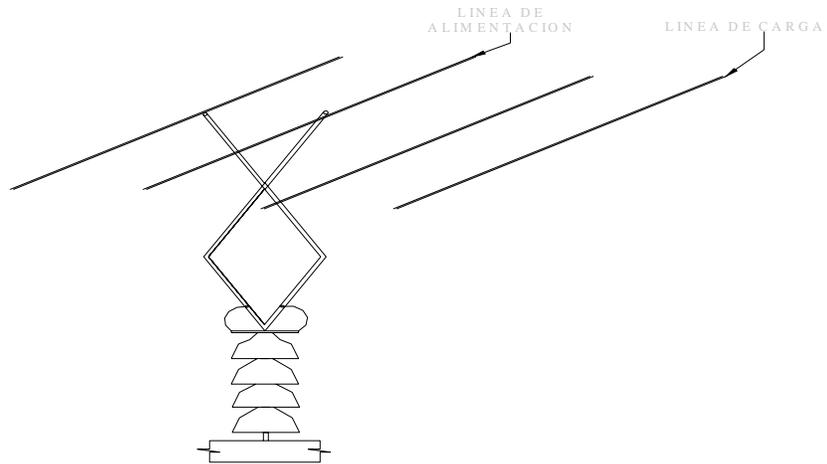
Por la forma en que se instala, la cuchilla recibe el nombre de: vertical LCO, Horizontal Standard.

- c) Con dos aisladores, uno fijo y otro giratorio en el plano horizontal.

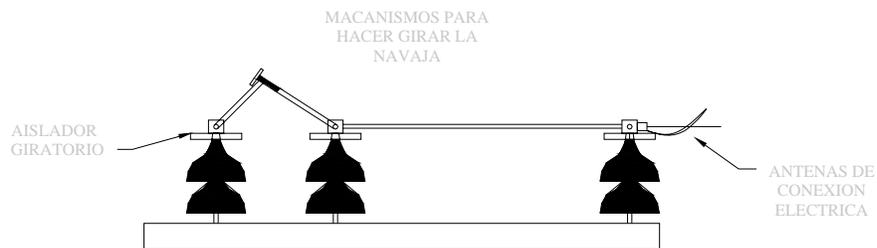


**Cuchilla con dos aisladores**

- d) Pantógrafo o separador de tijera
- e) Cuchilla tipo "AV"

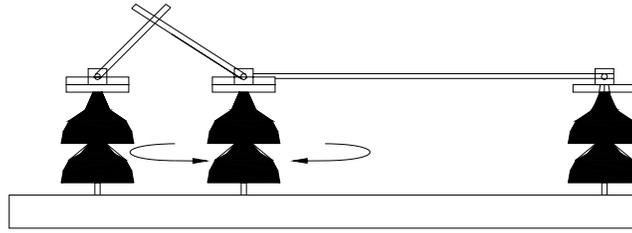


**Separador de tijera**



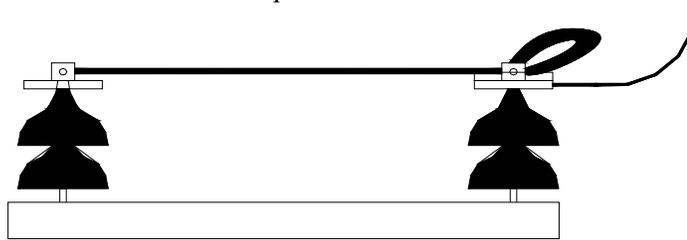
**Cuchilla AV**

- f) Cuchilla de tres aisladores, el del centro movable por cremallera.



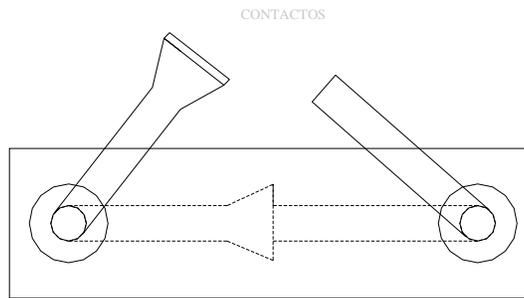
**Cuchilla con Centro Movable**

- g) Cuchillas desconectoras con cuerno de arqueo



**Cuchilla con Cuerno de Arqueo**

- h) Cuchilla tripular de doble aislador giratorio



**Cuchilla con Aislador Giratorio**

### ***Recomendaciones para el empleo de los diferentes tipos de cuchillas***

- a) *Las cuchillas con tres aisladores, dos fijos y giratorio el del centro.*

Estas cuchillas se emplean sobre todo en subestaciones tipo intemperie con corrientes elevadas y tensiones de orden de 34.5 KV; son generalmente operadas en grupo, por mando eléctrico. No representan peligro para el operario, ya que es grande la separación entre polos.

- b) *Cuchillas con dos aisladores de operación vertical (normal e invertida).*

Este tipo de cuchillas es de las más usuales por su operación simple, puede emplearse en instalaciones interiores o a la intemperie. Para usos interiores se recomienda usarla en tensiones no mayores de 23 KV, para operación con pértiga, el lugar donde se pare el

operario para efectuar la desconexión debe ser, de acuerdo con las normas de seguridad, una madera con capa de hule. Para montaje a la intemperie puede usarse en cualquiera de las tensiones normales de operación, con mando por barra o motor eléctrico.

*c) Cuchilla con dos aisladores de operación horizontal. (un aislador fijo).*

Este tipo de cuchillas es de uso a la intemperie generalmente. Presentan muchas ventajas cuando son accionadas reumáticamente; por tal razón, es conveniente emplearlas cuando se disponga de aire comprimido. Se usa para cualquiera de las tensiones normales de operación. Puede accionarse también por barra o por motor eléctrico. Tienen el inconveniente de que la hoja de desconexión se desajusta después de varias operaciones.

*d) Cuchillas tipo pantógrafo.*

En la actualidad este tipo de cuchillas no se emplea con frecuencia, sobre todo en América. La razón es que su mecanismo es complicado y falla en ocasiones; además su costo es elevado y ocupa mucho espacio, lo cual va en contra de la tendencia actual de reducir el espacio en las instalaciones.

*e) Cuchillas con tres aisladores de doble arco (tipo “AV”).*

Estas cuchillas se emplean en instalaciones de corriente elevadas y tensiones medias; se operan generalmente por barra o motor eléctrico, pero también pueden accionarse con aire comprimido. En sistemas de distribución a 33 y 23 KV se usan para interconexión de líneas.

*f) Cuchillas de tres aisladores, con el aislador central desplazable por cremallera.*

El rango de aplicación de estas cuchillas es semejante al de operación vertical; debido a su tamaño, generalmente son accionadas por motor eléctrico, aunque se pueden accionar por barra o aire comprimido.

*g) cuchillas con cuernos de arqueo.*

Estas cuchillas pueden ser de operación horizontal o vertical. Se usan por lo general en sistemas que operan en tensiones muy elevadas, por ejemplo 66, 88, 115 KV, etc. Su empleo es indispensable en líneas largas. Los cuernos de arqueo sirve para que entre ellos se forme el arco al desconectar las cuchillas, y a la conexión a tierra para disipar la energía del arco.

*Cuchillas de operación con carga.*

Existen cuchillas que pueden desconectar circuitos con carga. Estas cuchillas reciben generalmente el nombre de seccionadores y son casi siempre cuchillas de operación vertical con accesorios especiales para desconexión rápida. Se fabrican para interrumpir corrientes hasta 1000 Amp. a tensiones no mayores de 34.5 KV.

## Apartarrayos

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema pueden ser de dos tipos:

- Sobretensiones de origen atmosférico.
- Sobretensiones por fallas en el sistema.

El apartarrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico.

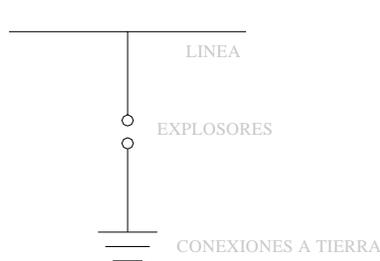
Las ondas que se presentan sobre una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y dañan el equipo si no se le tiene protegido correctamente, para la protección del mismo se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Las descargas directas sobre instalación.
- b) Las descargas indirectas.

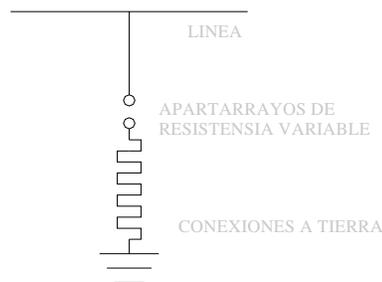
El apartarrayos, dispositivo que se encuentra conectado permanentemente en el sistema, opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra. Su principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de antemano de acuerdo con la tensión a la que se va operar.

Se fabrican diferentes tipos de apartarrayos, basados en el principio general de operación; por ejemplo los más empleados son los conocidos como apartarrayos tipo autovalvular y apartarrayos de resistencia variable. Fig. 2.17 a y b.

El apartarrayo tipo auto valvular consiste en varias chapas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación más sensible y precisa. Se emplea en los sistemas que operan a grandes tensiones, ya que representan una gran seguridad de operación. El apartarrayos de resistencia variable, funda su principio de operación en el principio general, es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tiene mucha aceptación en sistemas de distribución.

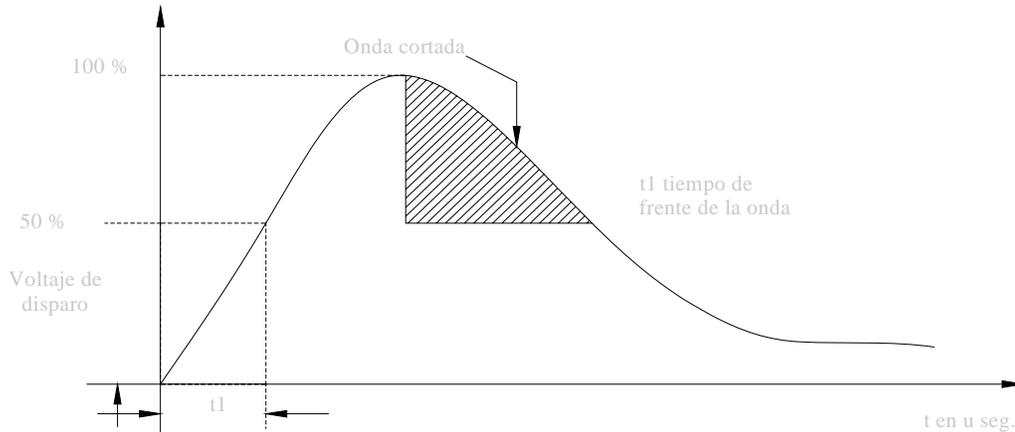


**Fig. 2.17 a) Apartarrayos con explosores**



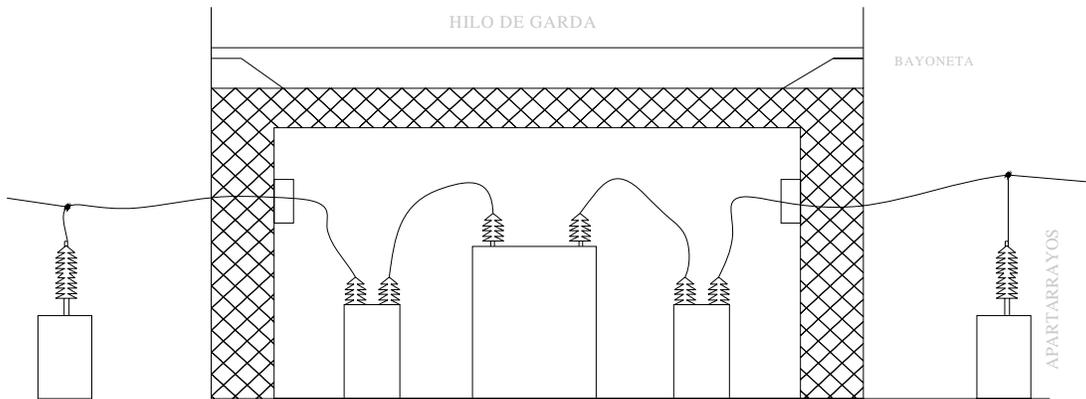
**Fig. 2.17 b) Apartarrayos con resistencia variable**

La función del apartarrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentes durante las descargas atmosféricas, si no limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las maquinas o elementos del sistema. Las ondas que normalmente se presentan son de 1.5 x 40 micro-seg.(onda americana) y 1 x 40 micro-seg.(onda europea). Esto quiere decir que alcanza su valor de frente en 1.5 a 1 micro-seg. (Tiempo de frente de onda). La función del apartarrayos es cortar su valor máximo de onda (ampliar la onda) fig. 2.18.



**Fig. 2.18 Onda de choque de apartarrayos**

Las sobre-tensiones originadas por descargas indirectas se deben a que se almacenan sobre las líneas cargadas electrostáticamente que al ocurrir la descarga se parten en dos y viajan en ambos sentidos de la línea a velocidad luz.



**Fig. 2.19 Apartarrayos en Subestaciones**

Los apartarrayos protegen también a las instalaciones contra descargas directas, para lo cual tienen un cierto radio de protección. Para dar mayor seguridad a las instalaciones contra descargas directas se instalan unas vallas conocidas como bayonetas e hilos de guarda semejantes a los que se colocan en las líneas de transmisión. Fig. 2.19.

***Existen dos tipos de apartarrayos, el tipo autovalvular y el de resistencia variable.***

El apartarrayos tipo autovalvular consiste de varias chapas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función dar una operación más sensible y

precisa. Se emplean en los sistemas que operan a grandes tensiones, ya que representan una gran seguridad de operación.

El apartarrayos de resistencia variable funda su factibilidad de operación en el principio general, es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tienen mucha aceptación en sistemas de distribución.

La función del apartarrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante la descarga atmosféricas, si no limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las maquinas del o los sistemas.

### **Transformadores para instrumento**

Se denomina transformadores para instrumento los que se emplean para alimentación de equipos de medición, control o protección. Los transformadores para instrumentos se dividen en dos clases:

- a)-. Transformadores de corriente.
- b)-. Transformadores de potencial.

#### ***a) Transformadores de corriente.***

Se conoce como transformadores de corriente aquél cuya función principal es cambiar el valor de la corriente de uno más o menos elevado a otro con el cual se pueden alimentar instrumentos de medición, control o protección, como amperímetros, wáttímetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente, etc.

Su construcción es semejante a la de cualquier tipo de transformador, ya que fundamentalmente consiste de un devanado primario y un devanado secundario. La capacidad de estos transformadores es muy baja, se determina sumando las capacidades de los instrumentos que se van a alimentar, y puede ser 15, 30, 50, 60 y 70 VA.

Estos transformadores son general mente de tamaño reducido y el aislamiento que se emplea en su construcción tiene que ser de muy buena calidad, pudiendo ser en algunos casos resinas sintéticas (compound), aceite o líquidos no inflamables (pyranol, clorextol, etc.).

Como estos transformadores normalmente van estar conectados en sistemas trifásicos, las conexiones normalmente trifásicas entre transformadores (delta-delta, delta-estrella, etc.).

Es muy importante en cualquier conexión trifásica que se hagan conectar correctamente los devanados de acuerdo con sus marcas de polaridad, y siempre conectar el lado secundario a tierra.

Hay transformadores de corriente que operan con corrientes relativamente bajas, estos transformadores pueden construirse sin devanado primario, ya que éste lo constituye la línea a la que van a conectarse. En este caso a los transformadores se les denomina tipo dona.

La representación de un transformador de corriente en un diagrama unifilar es la siguiente Fig. 2.20.

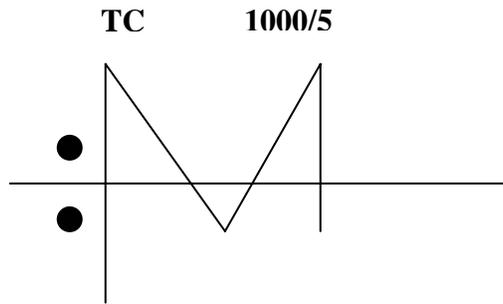


Fig. 2.20 Transformador de Corriente

Las relaciones de transformación son de diferentes valores, pero la corriente en el devanado secundario normalmente es de 5 amperes.

### b) Transformadores de potencial

Se denomina transformador de potencial a aquél cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Estos transformadores sirven para alimentar instrumentos de medición, control o protección que requiera la señal de voltaje.

Los transformadores de potencial se construyen con un devanado primario y otro secundario, su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición que se van alimentar, y varían de 15 a 60 VA. Los aislamientos empleados son de muy buena calidad y son en general lo mismos que se usan en la fabricación de los transformadores de corriente.

Se construyen para diferentes relaciones de transformación, pero el voltaje en el devanado es normalmente 115 volts. Para sistemas trifásicos se conectan en cualquiera de las conexiones trifásicas conocidas, según las necesidades. Debe tener cuidado de que sus devanados estén conectados correctamente de acuerdo a sus marcas de polaridad.

Representación de un transformador de potencial en un diagrama unifilar Fig. 2.21.

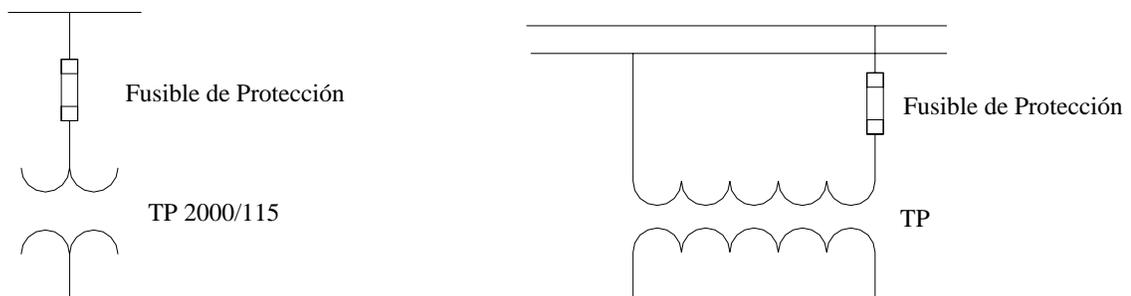


Fig. 2. 21 Transformadores de Potencia

Los transformadores de instrumento tienen diferente precisión de acuerdo con el empleo que se les dé. A esta precisión se le denomina clase de precisión y se selecciona de acuerdo a la siguiente lista:

0.1 Los pertenecientes a esta clase son generalmente transformadores patrones empleados en laboratorios para calibración por contrastación.

0.2 Los de esta clase pueden emplearse como transformadores patrones o para alimentar instrumentos que requieran mucha precisión, como son instrumentos registradores, controladores, aparatos integradores, etc.

0.5 los transformadores pertenecientes a esta clase se emplean comúnmente para alimentar instrumentos de medición normal, como son amperímetros, vólmetros, wáttmetros, vármetros, etc.

3 los transformadores para instrumento que pertenecen a esta clase son empleados normalmente para alimentar instrumentos de protección como son relevadores, la tolerancia permitida en esta clase es de 2.5 al 10 %.

Especificaciones para transformadores de instrumento.

a) transformador de corriente.

- 1-. Función a desempeñar.
- 2-. Relación de transformación (corriente primaria).
- 3-. Tensión de operación.
- 4-. Clase de precisión y tolerancia.

b) Transformador de potencial.

- 1-. Función a desempeñar.
- 2-. Relación de transformación (voltaje primario).
- 3-. Colocación de las boquillas (en caso de subestación a la intemperie).
- 4-. Clase de precisión y tolerancia

## 2.7 PLANTAS GENERADORAS

### Fuentes de alimentación

Las fuentes de energía eléctrica que se utilizan para la alimentación de los sistemas de servicios propios de una subestación, pueden ser los siguientes:

- Líneas de distribución.
- Planta generadora diesel
- Terciarios de bancos de transformación.
- Bancos de baterías.

Se debe de disponer como mínimo de dos fuentes de alimentación en una subestación para que en caso de interrupción o falla de alimentación principal se cuente, por lo menos, con otra alimentación disponible, en forma alternativa, por razones de confiabilidad.

El numero y el tipo de alimentaciones de servicios propios, dependen principalmente de la disponibilidad de las mismas, así como de la importancia y localización de la subestación que se esta proyectando, sin embargo, es recomendable utilizar como máximo, cuatro

fuentes de alimentación, por razones económicas. Las fuentes de alimentación de servicios propios o auxiliares, se clasifican de acuerdo a sus características como sigue:

- Fuentes de alimentación primaria
- Fuentes de alimentación de respaldo
- Fuentes de alimentación de emergencia

Las fuentes de alimentación primaria son aquellas que alimentaran permanentemente los servicios propios de una subestación y las de respaldo son las fuentes que entraran en operación en caso de falla en la alimentación primaria.

Existen gran cantidad de instalaciones eléctricas que cuentan con una planta de emergencia para protegerse contra posibles fallas en el suministro de energía eléctrica. Normalmente en todos aquellos lugares de uso público (especialmente en hospitales), se requiere de una fuente de energía que funcione mientras la red de suministradora tenga caídas de voltaje importantes, fallas en alguna fase o interrupciones en el servicio.

Toda subestación debe de contar con una planta diesel con capacidad suficiente para alimentar aquellos equipos y circuitos de corriente alterna que, debido a la importancia que tienen dentro del funcionamiento de la subestación, no pueden quedar desenergizados cuando se produzcan interrupciones simultaneas en las alimentaciones principal y de respaldo.

### **Plantas de Emergencia**

El sistema de emergencia más común es el de las llamadas, plantas de emergencia o grupos primo-motor-generator, estos grupos consisten en un motor diesel o gasolina, o bien, eventualmente con turbina de gas acoplados aun generador de corriente alterna y con sus controladores. Cuando operan con sistema de emergencia, siempre lo hacen a través de un switch de transferencia Fig. 2.22 a y b.

Aún cuando las plantas de emergencia representan la forma ideal de fuente de alimentación alterna a la compañía suministradora, después de que se arrancan y alcanzan su velocidad de operación, requieren de un equipo complementario considerable por instalar y un programa de mantenimiento bien organizado. El grupo requiere de una cimentación para soportar el peso, un sistema de almacenamiento y suministro de combustible, un sistema de escape de gases, un sistema de ventilación, controles e interruptor. Los tipos de plantas de emergencia más comunes se pueden clasificar, por fuentes de combustible y por primo-motor:

- Con motor a gasolina
- Con motor a diesel
- Con grupos con turbina de gas



Fig. 2.22 a) Planta de Emergencia



Fig. 2.22 b) Switch de transferencia

**Esquema de transferencia.**

Cuando se usan dos fuentes de alimentación a los servicios auxiliares de la subestación, una normal y la otra alterna, se debe establecer un medio para hacer la transferencia de una a otra. En una subestación atendida, este medio de transferencia puede ser manual, en cambio en las subestaciones no atendidas (sin personal en forma permanente), se debe de adoptar un esquema de transferencia automática. Por lo general esta transferencia se hace en el secundario por razones de economía.

La selección de switch de transferencia es un factor importante en el diseño del sistema y se debe proporcionar un bloqueo mecánico para asegurar que el switch puede estar sólo en una de las dos posiciones. Fig.2.23

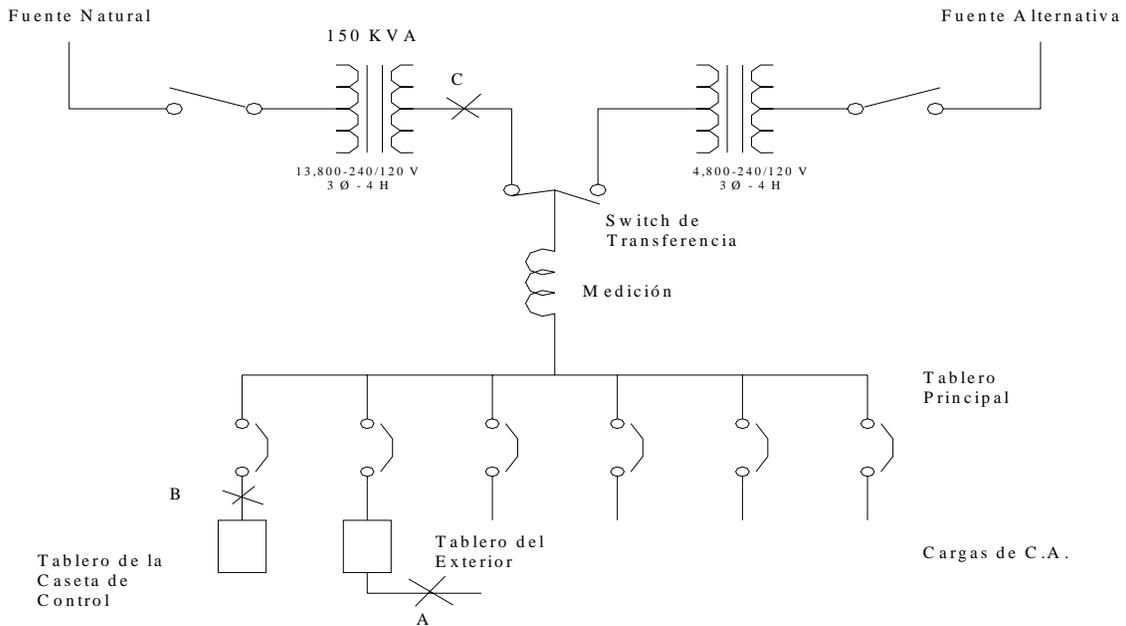


Fig. 2.23 Sistema Auxiliar (Transferencia de Alimentación Eléctrica)

En el esquema, el interruptor o switch de transferencia, debe tener una capacidad para soportar corrientes para fallas en los puntos “A”, “B” y “C”. De hecho la falla en “C” es la más alta, la impedancia en “B” y “A” limitan la corriente de falla a un valor inferior a “C”. Este sistema auxiliar, supone la transferencia de todas las cargas, la corriente a plena carga del transformador de 150 KVA es 360 A, por lo que se puede seleccionar un switch de 400 A.

Normalmente los switches de transferencia están diseñados para detectar condiciones de emergencia y transferir a la alimentación alterna cuando la alimentación normal cae al 83% del voltaje nominal.

El retorno de la alimentación normal, se hace acompañado de un retardo de tiempo a un valor aproximado del 92 % al 95% del voltaje nominal.



## CAPITULO III

# CALIDAD DE LA ENERGÍA EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

### **OBJETIVO:**

Analizar los conceptos y elementos relacionados con la calidad de energía en el servicio eléctrico, para la realización como el aprovechamiento de una metodología de análisis eléctrico y energético.





### 3.1.-INTRODUCCIÓN

Tanto las empresas suministradoras de energía como los usuarios finales del servicio de energía eléctrica, han estado insistiendo cada vez más en el concepto de calidad de energía. Esto se inició en la década de los 80's y se ha convertido en un concepto general, alrededor del cual se puede ubicar una multitud de distintos tipos de disturbios y problemas que se pueden presentar en el sistema eléctrico.

El principal factor que se encuentra detrás de los conceptos de la calidad, en el suministro de la energía eléctrica es el incremento en la productividad para los clientes de las empresas eléctricas. Lo anterior, plantea la necesidad de identificar estos problemas entre suministradores y usuarios de energía eléctrica en forma grupal, para que en la medida de lo posible se planteen soluciones conjuntas.

En México, el suministro de energía eléctrica a los usuarios, está regido por la ley del servicio público y su reglamento, en donde se especifican los límites superiores e inferiores del voltaje de suministro en el punto de entrega al usuario. La entrega de voltajes fuera de estos límites se considera anomalía o deficiencia del suministro. Históricamente, la calidad de energía no ha sido un problema mayor, hasta hace poco tiempo, en forma genérica, se consideraba que excepto por la continuidad, el suministro para la mayoría de los usuarios de la energía eléctrica era completamente satisfactorio; sin embargo, el incremento masivo que se ha tenido en la utilización de equipo basado en electrónica de potencia, control e iluminación electrónica ha creado un doble problema para el suministrador.

### 3.2 CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

#### ENERGÍA

A continuación describimos algunos conceptos de energía:

- La energía se define como la capacidad que tienen los cuerpos de efectuar un trabajo.
- La energía no se crea ni se destruye solo se transforma.

Aún cuando la cantidad de energía se conserva en un proceso de transformación, su calidad disminuye.

#### ¿QUE ES LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA?

“Es el concepto de alimentar y aterrizar equipo sensitivo de tal manera que pueda operar correctamente”

La definición de Calidad de la Energía no puede estar limitada a las características de la alimentación. Ésta debe además incluir los requerimientos de la carga.

En los años recientes, la calidad de la energía eléctrica se mide en tamaños de tensión, corriente y frecuencia. Dentro de edificios principalmente, se tienen disturbios derivados de la calidad de la energía eléctrica, debido principalmente a los siguientes fenómenos:

- Sistema de tierras.
- Armónicas.
- Ruidos eléctricos.
- Transitorios
- Fluctuaciones de tensión.
- Interrupciones de energía eléctrica.

Estos fenómenos originan una pobre calidad de la energía eléctrica que se refleja en parpadeos en lámparas hasta problemas mayores como fallas de equipos, y hasta una falla total del sistema.

Una pobre calidad de la energía eléctrica puede producir problemas tales como:

- Disparo de interruptores y operación de fusibles con corrientes menores a su capacidad.
- Conductor puesto a tierra (neutro) y el neutro de tableros con señales de sobre-calentamiento, aún con cargas balanceadas.
- Transformadores de distribución con sobre-temperatura, aún cuando la corriente medida sea mayor a su capacidad nominal, con la consiguiente reducción en la vida del equipo o falla de los mismos.
- Fallas intermitentes o permanentes de equipos de cómputo.
- Interferencias con equipos de datos y comunicaciones.
- Fallas en la operación de plantas de emergencia.
- Riesgo constante de descargas eléctricas que pueden llegar a ser de consecuencias fatales.
- Otros.

Las consecuencias de esta problemática vienen a ser, el tener altos costos por pérdida de datos, baja eficiencia en la operación, pérdida de tiempo por interrupciones, falta de seguridad del personal, etc.

Los problemas dentro de las edificaciones, pueden surgir por:

- El equipo utilizado produce disturbios en la calidad de la energía eléctrica.
- El equipo sensitivo a una mala calidad de la energía eléctrica no es protegido en forma adecuada.
- La instalación eléctrica no es adecuada para esta condición, ya sea por ser una instalación antigua, con diseño tradicional o por utilizar equipos con una tecnología pobre.

El costo estimado por año a nivel global es difícil de cuantificar por el desconocimiento del problema y falta de estadísticas; sin embargo, las quejas han crecido gradualmente: En estudios efectuados en instituciones e industrias, han revelado que más del 70% de los problemas se han originado por la pobre calidad de la energía, originados normalmente dentro de sus instalaciones.

En los años recientes, el volumen de usuarios de varios tipos de equipos, particularmente computadoras, ha crecido dramáticamente y por lo tanto, ahora representa una parte considerable de la carga eléctrica.

Equipos que con frecuencia causan una pobre calidad de la energía:

- Computadoras.
- Sistema ininterrumpible de potencia (UPS).
- Copiadoras.
- Fax.
- Terminales de vídeo.
- Balastos electrónicos.
- Lámparas de descarga.
- Otros.

Equipos que se utilizan con mayor frecuencia y son sensibles a una pobre calidad de la energía son los siguientes:

- Computadoras.
- Sistemas inteligentes.
- Cableado de datos.
- Tableros eléctricos.
- Interruptores.
- Conductores eléctricos.
- Capacitores.
- Etc.

Instalación eléctrica, donde se tienen instalados equipos sensibles a una pobre calidad de la energía eléctrica puede dar origen a problemas tales como:

- La instalación eléctrica no fue diseñada para ese uso.
- Los edificios no están diseñados para cambios constantes y ciertos tipos de equipos y por lo tanto no es posible prever el tipo de carga eléctrica.
- Los usuarios tratan de resolver los problemas existentes con soluciones de corto plazo como son filtros, apartarrayos, etc., lo cual no da una solución a largo plazo.
- Las nuevas instalaciones se diseñan de una manera tradicional sin considerar los problemas “modernos” de calidad de la energía.

### **3.3 TIPOS DE PERTURBACIONES EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS**

La confiabilidad como tal está asociada al tipo y número de disturbios que se presentan en la red eléctrica, estos problemas son muy variados por lo cual los enlistare para describirlos a continuación:

- 1-.Transitorios
- 2-.Impulso
- 3-.Oscilatorios.
- 4-.Interrupciones sostenidas.
- 5-.Desbalance de voltaje.
- 6-.Distorsión de la forma de onda.
- 7-.Fluctuaciones de voltaje.
- 8-.Variaciones en la frecuencia.
- 9-.Fallas en el sistema eléctrico.
- 10-.Conexiones de Cargas Grandes.
- 11-.Variaciones de voltaje de Larga Duración.

12-.Presencia de armónicas.

Estos problemas pueden tener causas muy diversas, tal como se describen:

### **1-. Transitorios:** **(Cambios repentinos en las condiciones de la red)**

Los transitorios pueden dar origen a la destrucción de equipos de cómputo, daños severos en tableros y componentes, además de efectos destructivos en la lógica de Cómputo.

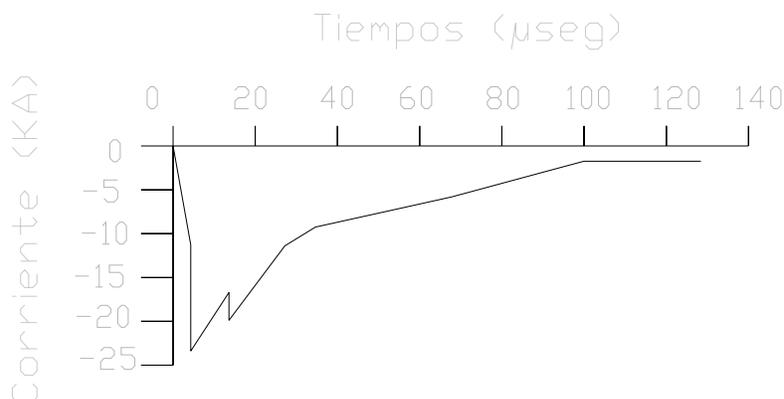
Los transitorios pueden tener su origen en las siguientes causas:

**Externas:** Rayos, maniobras en equipos de los suministradores de energía.

**Internas:** Arranque de equipos grandes, de aire acondicionado, elevadores, capacitores para corrección del factor de potencia, soldadoras, equipos de oficina como impresoras, láser, copiadoras, etc.

### **2-.Impulso:**

Es un cambio repentino de potencia a una frecuencia distinta de la fundamental, es unidireccional en su polaridad (+ ó -). Normalmente son caracterizadas por sus tiempos de cresta y cola, la causa más común son las descargas atmosféricas. Ellos involucran altas frecuencias, por esto son amortiguados rápidamente por la componente resistiva del circuito y no son conducidos a largas distancias desde su fuente. Pueden excitar la resonancia de los circuitos y producir transitorios oscilatorios. Fig. 3.1.



**Fig. 3.1 Corriente producida por una descarga atmosférica**

### **3-.Oscilatorios:**

Son transitorios cuyo valor instantáneo de voltaje cambia rápidamente de polaridad; siempre son ocasionados por maniobra de equipos, tales como desconexión de líneas, bancos de capacitores, cada uno de ellos tiene un rango de tiempo y de frecuencia, tal como se muestra en la tabla 3.1.

CATEGORÍA	MAGNITUD	DURACIÓN TÍPICA
Baja frecuencia	< 5 KHz	0.3-50 μMs
Mediana frecuencia	5-500 KHz	20 μseg.
Alta frecuencia	0-5-5 KHz	5 μseg.

**Tabla 3.1 Clasificación e transitorios oscilatorios**

En ambos casos, debido a que involucran cantidades grandes de energía, ya sea corriente o voltaje, su efecto es destructivo.

#### **4-Interrupciones sostenidas:**

Son los decrementos de voltaje de alimentación por un período de tiempo que excede a 1 minuto, regularmente son fallas de naturaleza permanente, que es necesario la intervención manual para su restauración.

#### **5-Desbalance de voltaje:**

Como se sabe los sistemas eléctricos son trifásicos y debido a la operación misma, su funcionamiento no es balanceado, lo cual acarrea problemas por sobrecalentamiento de alguna de las fases.

El desbalance está definido por:

$$\text{Desbalance} = \frac{\text{Componente de secuencia cero o negativa}}{\text{Componente de secuencia negativa}}$$

#### **6-Distorsión en la forma de onda**

Es una deformación de la onda senoidal ideal a la frecuencia fundamental, principalmente caracterizada por el contenido espectral de la desviación. Existen 5 tipos de distorsión primarios en la forma de onda:

##### **a) Componente de CD:**

Es la presencia de corriente directa en un sistema de corriente alterna (C.A.), este fenómeno puede ser causado por la presencia de la red de rectificadores de media onda o aparatos que incluyen diodos, se pueden encontrar en todos los niveles de voltajes, sus fuentes principales son: convertidores estáticos, ciclo convertidores, motores de inducción y aparatos de arco.

##### **b) Armónicas:**

Son voltajes o corrientes senoidales que tienen frecuencia de múltiplos enteros de la frecuencia fundamental, estas formas de onda se combinan con la frecuencia y provocan distorsión en la forma de onda, esta distorsión armónica es provocada por las características no lineales de los aparatos o cargas conectadas.

**c) Notching:**

Es un disturbio periódico del voltaje causado por la operación normal de aparatos de electrónica de potencia cuando se realiza la conmutación de una fase a otra. Las causas más comunes de este fenómeno son los convertidores trifásicos, ya que al realizar la conmutación entre cada fase, se está provocando un cortocircuito.

**d) Ruido:**

Son señales eléctricas en un ancho de banda menor a 200 KHz superpuestas a la señal fundamental de corriente o voltaje del sistema. En los sistemas de potencia, éste puede ser ocasionado por aparatos de electrónica potencia, circuitos de control, cargas con rectificadores de estado sólido. Regularmente son amplificados por aterrizamientos incorrectos.

**7-Fluctuaciones de voltaje**

Son variaciones sistemáticas en el voltaje, o bien, una serie de cambios aleatorios en el voltaje, los cuales regularmente no exceden el rango de 0.95-1.05 pu. Comúnmente, se expresan como un por ciento del valor de la fundamental. Este efecto es provocado por cargas que presentan variaciones continuas y rápidas de corriente, especialmente en componentes reactiva. Los arcos de fundición, así como las soldadoras, son la causa más común de las variaciones de voltaje en el sistema de transmisión y distribución.

**8-Variaciones en la frecuencia**

La frecuencia del sistema en cualquier instante está definida por la relación entre carga y la capacidad disponible de generación, si este balance dinámico cambia, se presentan pequeños cambios en la frecuencia. La duración y magnitud de los cambios dependen de las características de la carga y de la respuesta del sistema de generación ante dichos cambios.

**9-Fallas en el sistema eléctrico**

Si se analiza un sistema eléctrico, se encuentra que la mayor parte de su instalación es aérea, por lo tanto, está expuesta a un gran número de fenómenos ocasionados por la naturaleza, entre los que se encuentran:

Árboles, viento, descargas atmosféricas, nieve o bandalismo (objetos arrojados hacia conductores o a los dispositivos que suministran la energía eléctrica).

Estas condiciones pueden originar que se presente un corto circuito en la red de cualquier punto y, como se sabe, los más comunes son las fallas monofásicas a tierra y las más severas son las trifásicas.

Se sabe que las fallas más comunes son las de una fase a tierra, las cuales son originadas por la acción del viento, los árboles que tocan alguno de los conductores, o bien, por las descargas atmosféricas. También pueden ocurrir fallas trifásicas, las cuales son las de

mayor severidad por los esfuerzos a que se someten a toda la instalación, sin embargo, su probabilidad de ocurrencia es bastante baja.

Al ocurrir una falla monofásica -supóngase que una rama de árbol toca un conductor esa fase tendrá una corriente alta, es decir, la corriente de falla será igual a la corriente de esa fase en el punto en el que ocurrió la falla, por efecto de la alta corriente se tendrá una gran caída de tensión, que hará que en ese punto el voltaje a esa fase sea casi cero.

Esta depresión en el voltaje será un problema que afectará a la red, mientras que los aparatos de protección para librar la falla, es decir, su duración está dada en función del tiempo en que el relevador detecta la falla y del tiempo que tarda el interruptor en abrir.

Durante este mismo tiempo, en las fases no falladas del sistema se pueden presentar voltajes momentáneos que serán más altos que lo nominal. Como se sabe, la misma impedancia de la red sirve como atenuador de la corriente de falla, por lo que al incrementarse la impedancia (es decir, conforme se aleja del punto de falla), la corriente de falla será menor y, por lo tanto, los voltajes no sufrirán cambio considerable con respecto al nominal.

La figura 3.2 muestra que al ocurrir una falla en F1, que es en el sistema de transmisión, todos los voltajes de los buses del sistema de subtransmisión y distribución serán afectados. En tanto que una falla en F2, los voltajes que serán afectados son los de los buses cercanos al punto de ocurrencia de la falla, pero el sistema de transmisión “no verá” la falla con la misma severidad que la F1. Finalmente, si se presentara una falla en F3, es decir, en el nivel de distribución, ésta afectaría únicamente a ese nivel de tensión y en muy bajo grado, a la red de subtransmisión, mientras que el nivel de transmisión “no sentirá” la falla en lo más mínimo.

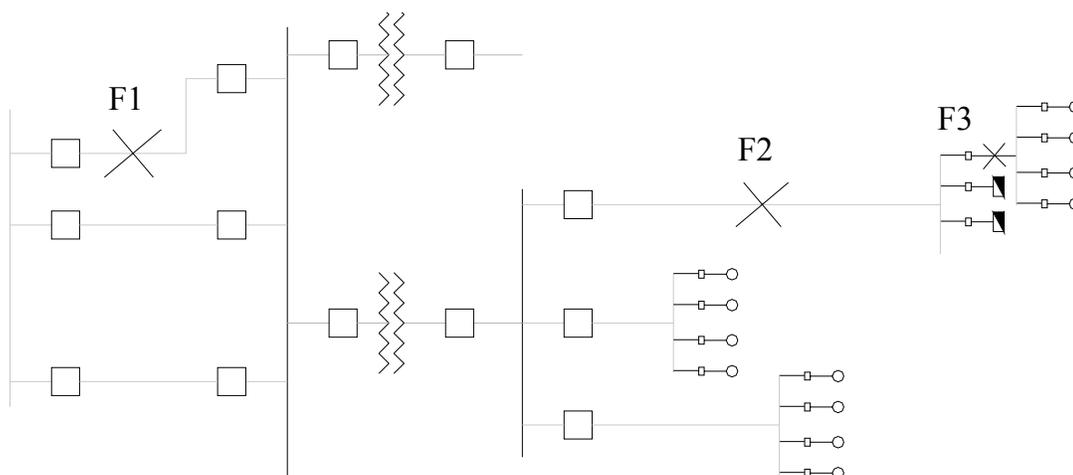


Fig. 3.2 Sistema eléctrico que presenta fallas en diversos puntos

## 10- Conexiones de Cargas Grandes

Al momento que se conecta una carga grande al sistema eléctrico, en ese instante se tendrá una depresión de voltaje, ya que el efecto de la corriente que ésta carga va a demandar del

sistema, provoca que el nivel de voltaje se reduzca, al menos por el tiempo en que se energiza.

Un claro ejemplo que la mayoría de nosotros hemos experimentado, es cuando un motor eléctrico es conectado o arrancado, por ejemplo, al encender una bomba de agua en algunas casas, el voltaje cae por un momento para después regresar a su valor nominal, esto ocurre también cuando se enciende el motor de los refrigeradores.

En las casas habitación, el único efecto perceptible es la disminución en el nivel de iluminación, pero en instalaciones comerciales e industriales (las cuales ya tienen conectada una cantidad importante de dispositivos eléctricos y equipos sensibles) como son las computadoras, en el ejemplo anterior de encendido de una bomba de agua puede causar una condición de voltaje tan bajo que la computadora se apague y los procesos que ésta controle queden suspendidos temporal o totalmente.

En instalaciones industriales, en las cuales se tienen motores de dimensiones extraordinarias o de un rango de 50 a 700 caballos de fuerza (HP), esta condición puede ser de tal severidad que origine bajos voltajes momentáneos en buses, aún muy alejados eléctricamente del punto de conexión.

### **11.-Variaciones de voltaje de Larga Duración**

Se consideran así aquellas variaciones de voltaje a la frecuencia del sistema por lapsos mayores de 1 minuto, y pueden ser sobrevoltajes o bajos voltajes.

Sobrevoltaje: es un incremento en el valor eficaz del voltaje en C.A. mayor de 110 % a la frecuencia del sistema con una duración mayor de 1 minuto.

Bajo voltaje: Un bajo voltaje es una reducción en el valor eficaz del voltaje en C.A. menor al 90 % del voltaje a la frecuencia del sistema, con una duración mayor de 1 minuto.

### **12.-Presencia de armónicas**

Las armónicas no se producen normalmente por un sistema eléctrico de potencia, pero sí en la mayoría de los casos por las cargas conectadas al mismo. Algunas de las fuentes más comunes de armónicas son:

- Los convertidores estáticos.
- Los transformadores sobre-excitados.
- El alumbrado fluorescente.
- Los dispositivos de estado sólido (computadoras, controladores de velocidad, etc.)

Los problemas de armónicas en las redes de distribución son generalmente difíciles de diagnosticar, dado que el nivel de las mismas se puede presentar en forma gradual, o bien, un sistema puede cambiar totalmente en cuanto a las fuentes de armónicas y presentar un nuevo problema.

Las causas más comunes de armónicas encontradas en los sistemas de distribución, se pueden manifestar como:

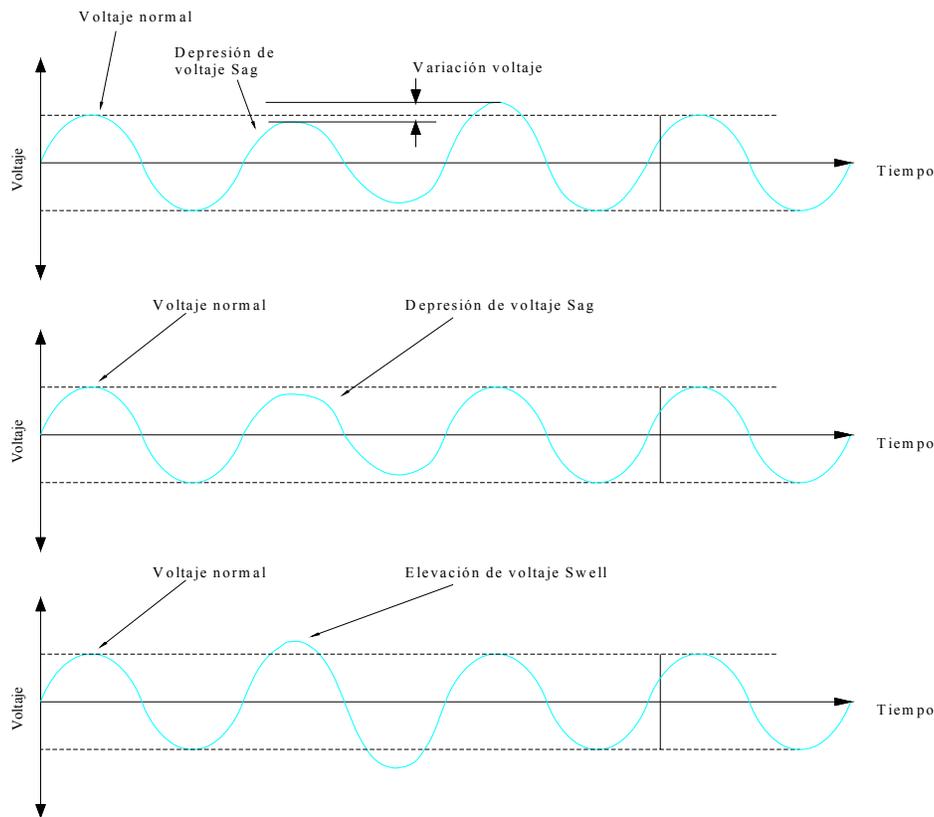
- Un número excesivo de fusibles fundidos en bancos de capacitores.
- Sobrecalentamiento en transformadores y motores.
- Disparos inexplicables de interruptores, debido a la acción del relevador de fallas a tierra
- Quejas por interferencia telefónica.

### 3.4 FUENTES DE DISTURBIOS EN LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

#### *Fluctuaciones de voltaje.*

Significa una disminución momentánea en la magnitud del voltaje rms, con una duración que va desde 10 m-seg. (0.6 ciclos) hasta 2.5 seg. (150 ciclos), causado por una falla remota en algún lugar del sistema eléctrico de potencia. Además existen las elevaciones de tensiones swell, que no son tan comunes.

Las condiciones de alto o bajo voltaje pueden representarse en circuitos durante la desconexión de cargas de gran tamaño o durante períodos de sobrecargas. Fig. 3.3.

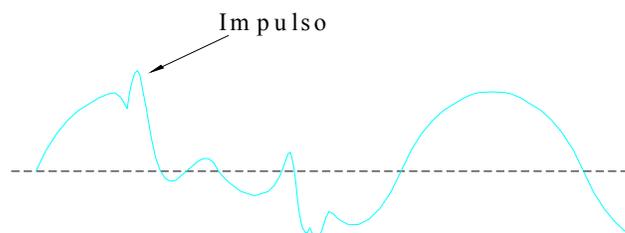


**Fig. 3.3 Fluctuaciones de Voltaje**

Una depresión severa se define como aquella menor que el 85 % de la tensión nominal. Si estas condiciones se presentan con frecuencia o durante periodos prolongados pueden dar lugar a envejecimiento de componentes electrónicos en sistemas digitales y errores durante el almacenamiento o lectura de información. Su presencia puede, algunas veces, detectarse visualmente al presentarse parpadeo o disminución en el nivel de iluminación en lámparas o reducción del área de despliegue en monitores de televisión como en computadoras.

### *Sobretensiones transitorias*

Estas se presentan en forma de impulsos de voltaje de corta duración, superpuestas en señal de alimentación y frecuentemente intermitentes, con una duración menor a 2 m-seg. Los impulsos pueden tener su origen en las descargas atmosféricas, en maniobras de interruptores, y al conectar, como al desconectar capacitores para la corrección del factor de potencia; estos constituyen los llamados picos de voltaje. Fig. 3.4.

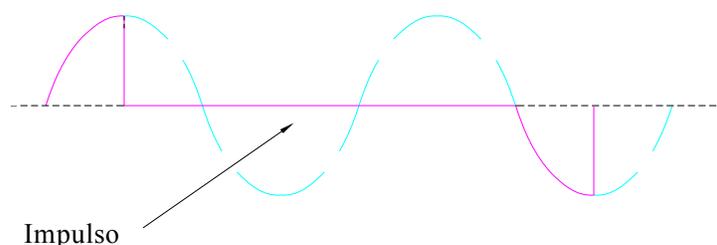


**Fig. 3.4 Sobretensiones transitorias**

A diferencia de las sobretensiones temporales y exceptuando el caso crítico de rayos muy cerca de las instalaciones que producen chispas en los contactos, estas sobretensiones no presentan una indicación clara de su existencia, que pueda detectarse visualmente en circuitos de alumbrado o en alguna otra forma. Sin embargo, su nivel puede llegar a alcanzar valores de cinco veces o más el voltaje nominal, su efecto consiste en aplicar esfuerzos excesivos al aislamiento de diversos equipos o disturbios a componentes electrónicos sensibles.

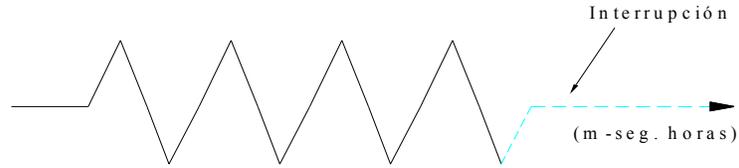
### *Interrupciones de energía*

Las interrupciones instantáneas de energía, provocadas por una condición de falla del aislamiento después de una operación exitosa del equipo de restablecimiento, pueden tener una duración de hasta varios ciclos. Fig.3.5; aquí puede apreciarse que una disminución de voltaje cero, es decir, una interrupción puede ser tolerada por una computadora durante un tiempo no mayor a medio ciclo.



**Fig. 3.5 Interrupciones instantáneas**

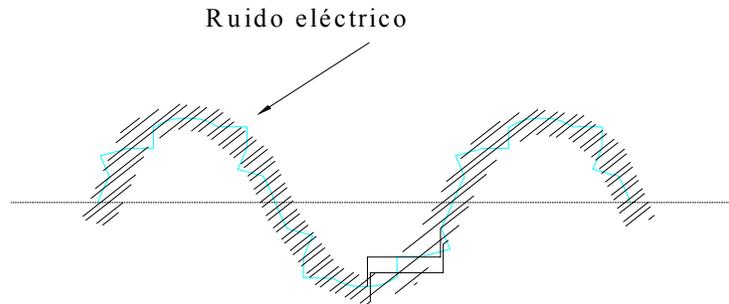
Las interrupciones temporales de energía, generalmente ocurren por algún disturbio en el sistema eléctrico (fallas en el sistema de potencia, accidentes que involucran la red de distribución, fallas de transformadores o generadores) o por sobrecarga en la red de baja tensión; su duración puede ser desde algunos milisegundos hasta varias horas. Fig. 3.6.



**Fig. 3.6 Interrupciones temporales**

*Ruido eléctrico*

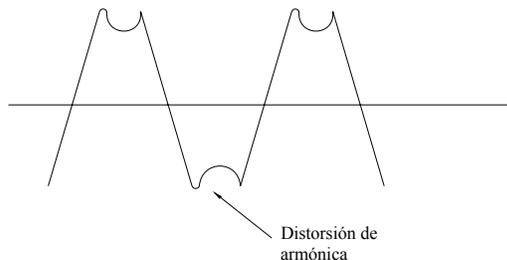
Una forma común de disturbios en sistemas de cómputo es el ruido eléctrico, generado por sistemas de transmisión de señales de radio, operación de lámparas fluorescentes y controladores de atenuación de niveles de iluminación. Fig. 3.7. Este tipo de ruido puede afectar la operación de computadoras al producir diversos problemas durante la ejecución de programas.



**Fig. 3.7 Ruido Eléctrico**

*Armónicas*

Significa simplemente que la forma de onda de la tensión (corriente) no es una senoidal pura. Esto resulta de la adición de una o más ondas armónicas que se superponen a la onda fundamental o de 60 Hz. La aparición creciente de cargas no lineales en sistemas de distribución, tales como convertidores estáticos de potencia, controladores de motores con rectificadores controlados de silicio, hornos de arco en aplicaciones industriales, etc., ha traído como consecuencia un aumento notable del contenido de componentes armónicas, que se manifiestan en forma de distorsiones diversas de la forma de onda del voltaje de la red de distribución. Fig. 3.8.



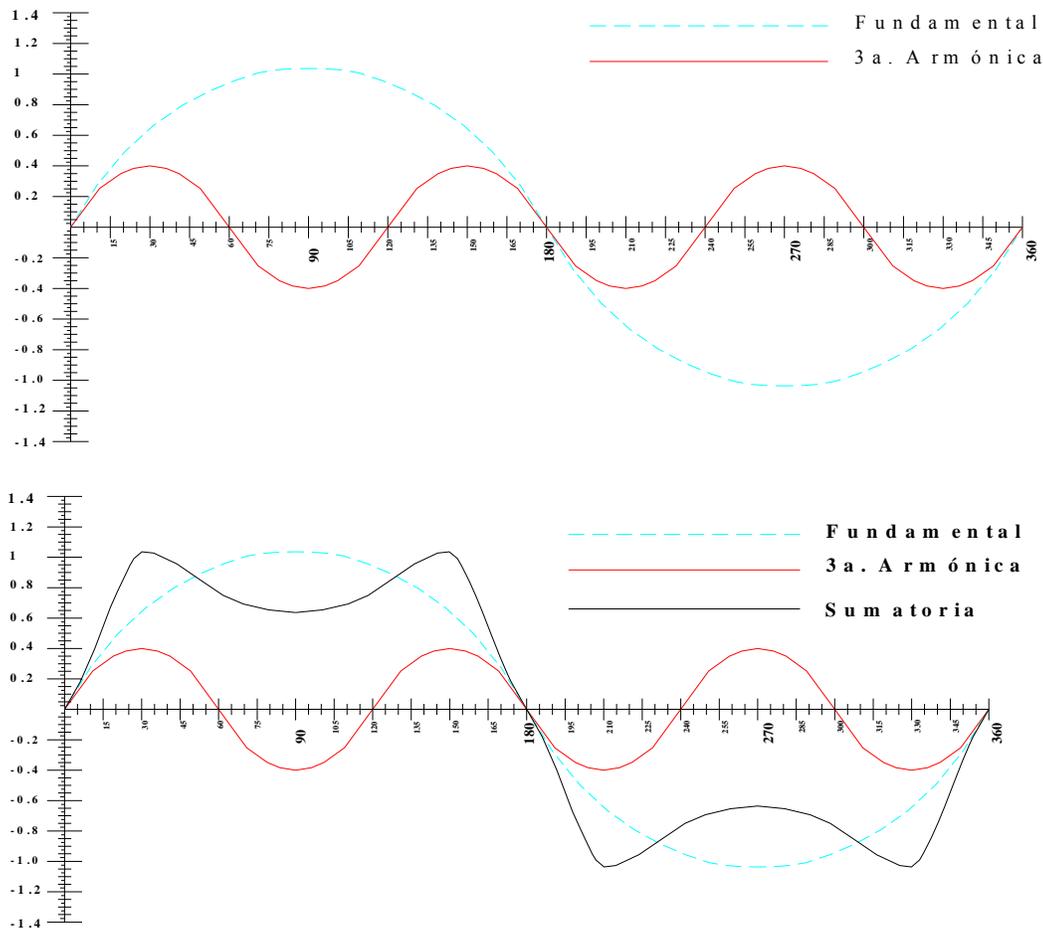
**Fig. 3.8 Distorsión armónica**

### 3.5.-FUENTES ARMÓNICAS

Las armónicas son corrientes y voltajes senoidales con frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de la línea, que es 60 Hz. Las armónicas distorsionan la forma de onda del voltaje y la corriente de 60 Hz suministradas en su forma senoidal normal, de menos ciclos a varios ciclos. Cada armónica se expresa en términos de su orden. Por ejemplo, las armónicas de orden segunda, tercera y cuarta tienen frecuencias de 120, 180 y 240 Hz. respectivamente. Conforme se incrementa el orden, la frecuencia de las armónicas y su magnitud, normalmente disminuye. Por eso, las armónicas de orden inferior, usualmente la quinta y la séptima, tienen el mayor efecto en el sistema de potencia.

Si no existiera resonancia, el máximo valor posible de una corriente armónica expresada en por ciento de la fundamental es  $100/h$ , donde “h” es el orden de la armónica. Así, la quinta armónica alcanzará 20 % de la fundamental, mientras que la novena armónica alcanzará el 11.1 %.

El efecto de una armónica determinada en el sistema de potencia se puede ver sobreponiendo la forma de onda de armónica sobre la forma de onda de la fundamental, para obtener una forma de onda compuesta. Fig. 3.9



3.9.-Superposición de una armónica sobre la fundamental inicialmente en fase

Los generadores de energía eléctrica en forma ideal suministran a la red eléctrica formas de onda perfectamente senoidales y en consecuencia, la corriente de carga resultante al alimentar a los consumidores también sería una senoidal ideal. En la práctica, las condiciones de generación, transmisión y utilización de la electricidad no son ideales, teniéndose usualmente formas de onda distorsionadas. La desviación de las formas de onda reales a partir de las ondas senoidales, se expresa en términos de distorsión armónica de las formas de onda de la corriente y voltaje.

Existe un gran número de dispositivos que producen distorsiones armónicas (ver tabla 3.2.) En nuestros días, la distorsión armónica constituye un gran problema, debido al uso de cargas no lineales; algunas de estas fuentes han existido desde la implantación de los sistemas de potencia, otros, han existido pero en números más reducidos durante varios años atrás. Una vez más el progreso tecnológico ha traído consigo una contaminación grave del medio (en este caso eléctrico) por lo tanto, es preciso aprender a controlarlo a base de una técnica adecuada. (Ver anexo B-2 efecto de armónicas).

A continuación se tienen las principales fuentes que producen disturbios armónicos:

- 1-. Armónicas Tradicionales.
- 2-. Nuevas Armónicas.
- 3-. Futuras armónicas

### **1-. Armónicas tradicionales:**

Anteriormente, la propagación de armónicas se relaciona con el diseño y la operación de transformadores y máquinas rotatorias, así que la primera fuente generadora de armónicas en esos días era la corriente magnetizante de los transformadores de potencia.

Los transformadores y máquinas rotatorias modernas, trabajando en estado estable, no provocan una distorsión significativa en la red eléctrica, pero cuando hay fluctuaciones de voltaje en la red y cuando operan fuera de sus especificaciones de rango, pueden aumentar su contenido armónico con niveles de distorsión considerables. Otras cargas que producen armónicas son la luz fluorescente y los hornos de arco.

#### **a) Transformadores**

En un núcleo ideal sin pérdidas por histéresis, el flujo magnético y corriente de magnetización necesaria para producirlo están relacionadas entre sí, mediante la curva de magnetización del acero utilizado en las laminaciones. Aún en esta condición, la forma de onda resultante no es un senoidal pura.

Cuando hay pérdidas por histéresis, la forma de onda de la corriente no es simétrica con respecto a su valor máximo. La distorsión que se obtiene se debe a las armónicas triples (3<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup> etc.), pero primordialmente a la tercera, ya que para mantener una alimentación de voltaje senoidal es necesario proporcionar una trayectoria para estas armónicas triples, esto se logra generalmente con el uso de devanados conectados en delta.

Las armónicas debidas a la corriente de magnetización se incrementan a sus niveles máximos en las horas de la madrugada, cuando el sistema tiene muy poca carga y el nivel de voltaje es alto.

Al desactivar un transformador, puede que almacene flujo magnético residual en el núcleo. Cuando se restablezca la unidad, la densidad de flujo puede tomar niveles máximos (pico) de hasta tres veces el flujo en operación normal. Esto puede causar en el transformador niveles extremos de saturación y producir amperes-vueltas excesivos en el núcleo. Este efecto da lugar a corrientes de magnetización de 5 a 10 p.u. de la corriente nominal (comparada con la corriente de magnetización nominal de apenas de 1 % ó 2 % de la corriente nominal).

La disminución de esta corriente de energización con el tiempo es función principalmente de la resistencia del devanado primario. Para transformadores muy grandes, esta corriente puede permanecer por muchos segundos, debido a su baja resistencia.

### **b) Máquinas Rotatorias**

Los elementos más conocidos en la maquinas rotatoria (motores y generadores) son en las perdidas y calentamiento, generalmente ocasionados por armónicos de bajo orden, alta magnitud y la aparición de pares parásitos.

Las pérdidas ocasionadas por las corrientes armónicas en los motores de inducción trifásicos son del tipo  $I^2R$  y pueden dividirse en pérdidas en el estator, pérdidas en el rotor y pérdidas adicionales. El valor de la resistencia tiende a disminuir la frecuencia.

Para las maquinas síncronas, generalmente se considera que la impedancia armónica es igual a la reactancia subtransitoria multiplicada por el orden de la armónica.

Las corrientes armónicas, al interactuar con el campo magnético fundamental, producen pares oscilatorios. Estas oscilaciones estimulan modos acoplados complejos que pueden producir oscilaciones torsionales en los elementos del rotor t flexiones de los álabes de la turbina. Si la frecuencia de tales nodos de torsionales de vibración mecánica se encuentra cerca de la frecuencia armónica, pueden desarrollarse respuestas resonantes que originen ciclos de fatiga para la flecha y los álabes de la turbina.

### **c) Hornos de Arco**

Un horno de arco es una carga completa, no únicamente por la fluctuación en el consumo de potencia reactiva, si no también por que la corriente de horno es altamente distorsionada. Debido al incremento en el costo de la energía, el bajo factor de potencia con que opera un horno de arco debe tratarse de mejorar colocando bancos de capacitores para compensar el consumo de los reactivos de la carga.

El horno de arco, por ser una carga eléctrica de características no lineales, es una fuente de generación de corrientes armónicas en forma aleatoria, teniendo valores cercanos a la resonancia, debido a la respuesta de la frecuencia del banco de capacitores con la reactancia propia de la línea de alimentación. Ocasionando problemas de sobrevoltajes y

sobrecorrientes, causando frecuentemente fallas en la operación de los fusibles de los bancos de capacitares y fallas en el equipo de medición, etc.

#### **d) Lámparas Fluorescentes**

El uso de nuevas tecnologías que abarcan diseños de lámparas fluorescentes y lámparas de vapor de metal, constituyen sistemas más eficientes de iluminación. Sin embargo es importante analizar el lado negativo del uso masivo de las lámparas fluorescentes. La preocupación reside en el deterioro que puede sufrir la calidad de la energía en las instalaciones eléctricas donde se aplica este tipo de alumbrado, por la generación de corrientes armónicas.

Las lámparas incandescentes, por ser cargas lineales, producen la circulación de corrientes de 60 Hz al ser alimentadas por una fuente de voltaje senoidal de la misma frecuencia. En cambio las lámparas fluorescentes son cargas no lineales por naturaleza, por lo tanto al aplicarles un voltaje senoidal, se produce una circulación de corrientes no senoidales a través de ellas.

Ya que las lámparas fluorescentes de alta eficacia se conectan a la red de distribución, las corrientes armónicas que se generan pueden fluir a través de los conductores hacia los transformadores en el sistema de distribución eléctrica.

### **2-. Nuevas Fuentes Armónicas**

Otra de las principales fuentes de distorsiones armónicas son los inversores y rectificadores con control de ángulo de fase.

Las líneas de transmisión de corriente directa producen problemas para los sistemas de control de rizado. Las armónicas, en frecuencias altas, causan errores en los sistemas de comunicación, dentro de estos e pueden mencionar la interferencia sobre las líneas telefónicas, pues al acoplarse las armónicas mutuamente con la red del sistema de potencia a las frecuencias de las mismas, hay falla. Estas armónicas afectan la operación de ciertos equipos, como son: motores de C.D., computadoras, maquinas de control numérico, etc., que son muy sensibles a la distorsión en la señal recibida.

Los convertidores se clasifican en:

- Grandes convertidores de potencia
- Convertidores de mediano tamaño.
- Rectificación de baja potencia de fuentes monofásicas, como en los televisores y cargadores de baterías.

### **3-. Futuras Fuentes Armónicas**

Otras posibles fuentes de armónicas son aquellas que requerirán la conversión de grandes volúmenes de energía, posiblemente producidas por fuentes no convencionales (Eólica, Solar, Maremotriz, etc.), el uso de ciclo-convertidores para operación de máquinas de baja velocidad y alto par, el uso de dispositivos de conversión directa de energía como baterías de almacenamiento y celdas de combustibles.



**Tabla 3.2 Principales Fuentes de Armónicas**

Num.	Equipo	Características de las principales armónicas	Magnitudes (1% de 60 Hz)
1	Transformador: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Saturación.</li> <li>• Energización.</li> </ul>	Corrientes armónicas 2 <sup>a</sup> ,3 <sup>a</sup> ,4 <sup>a</sup> ,5 <sup>a</sup> y 7 <sup>a</sup>	1 a 8 %
2	Hornos y soldadoras de arco.	Voltajes armónicos 5 <sup>a</sup> y 7 <sup>a</sup>	2.5 a 8 %
3	Convertidores de potencia: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conmutadores de línea (rectificadores)</li> <li>• Autoconmutados (inversores que usan celdas de combustible o baterías).</li> </ul>	Corrientes armónicas: h= np ± 1 voltajes armónicos: h= np ± 1	I <sub>h</sub> = 100/h 52 a 78 %
	Cicloconvertidores (grandes equipos, fábricas de papel para conversión directa de CA a CD.	Corrientes armónicas: h= np ± 1	5 a 9 %
	Controladores estáticos de VAR's (utilizados junto con hornos de arco o de inducción).	Corrientes armónicas: h= np ± 1	2 a 4 %
4	Reactores saturables (normalmente en paralelo con capacitores para compensación de reactivos en hornos de arco)	Corrientes armónicas: 3 <sup>a</sup> ,5 <sup>a</sup> y 7 <sup>a</sup>	1 a 8 %

En los sistemas eléctricos de potencia, se usan los bancos de capacitores para control de voltaje mejorando y corrigiendo el factor de potencia, pero su frecuencia constituye una de las componentes que afectan las características de las llamada respuesta a la frecuencia del sistema, ya que la conexión de los capacitores pueden dar lugar a condiciones de resonancia en serie o paralelo, que eventualmente amplifican los problemas de armónicas.

Los transformadores se diseñan para entregar la potencia requerida a las cargas conectadas con un mínimo de cargas operando a la frecuencia fundamental, la distorsión armónica de la corriente en particular y también la de voltaje, contribuyen en forma significativa al calentamiento para diseñar un transformador de potencia, que pueda trabajar con frecuencias mayores que la fundamental.

**3.6 EL FACTOR K EN LOS TRANSFORMADORES**

En los transformadores que contienen cargas no lineales, pueden verse las corrientes de las cargas con contenido de armónicas, esto produce perdidas más altas en el transformador, debido a corrientes circulantes en los conductores de los devanados y partes estructurales, dando como resultado temperaturas de operación mayores que las normales. Como resultado de esto, la vida esperada de los transformadores se puede reducir sensiblemente.

La carga de los transformadores está restringida a corrientes senoidales con un contenido de armónicas menor que el 5 %, sin embargo, en las normas actuales para transformadores, cuando se espera que éstos operen con cargas no lineales, se especifica un concepto conocido como factor K para transformadores y se debe indicar en su placa de



características “aplicable para cargas con corriente no senoidales con un factor K que no exceda \_\_\_” y el fabricante inserta el valor.

Los transformadores y los motores, son generalmente las cargas ferromagnéticas más grandes conectadas a cualquier sistema de distribución, las características de un motor como carga tiende a ser más lineal que la de los transformadores, debido a que los motores tienen entrehierro.

Los transformadores son típicamente el primer componente que se ve en los sistemas de distribución. Aún con saturación, parcial en los transformadores, el núcleo de hierro produce una corriente de magnetización armónica que difiere sustancialmente de una onda senoidal.

Dado que las corrientes armónicas múltiples de tres (tercera, novenas, quinceavas, etc.) circulan en el primario de un transformador delta / estrella, aumentan trayectorias de saturación en la densidad de flujo del núcleo, también la 5<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup>, 13<sup>a</sup> en la conexión delta / estrella, causando sobre calentamiento y daño posible.

### Calculo del factor K

El procedimiento de cálculo esta basado en la Norma ANSI/IEEE C57.110-1986, que proporciona en método para calcular el calentamiento adicional o la perdida en watts que puede ocurrir en un transformador, cuando alimenta a una carga que genera un nivel específico de distorsión armónica.

El método implica al cálculo por unidad (p.u.) del valor eficaz (RMS) de corriente para cada una de las frecuencias armónicas, cuando las distorsiones armónicas individuales y totales se obtienen de un analizador de armónicas, la frecuencia individual es por unidad de valor eficaz de corriente (RMS) (I<sub>h</sub> (pu)) se puede calcular usando la ecuación:

$$I_h(\text{pu}) = \%HD(h) / ((\text{THD})^2 \times 100)^2$$

Donde:

h = número de orden de la frecuencia armónica (1<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, etc.)

I<sub>h</sub> (pu) = valor eficaz en p.u. de la corriente armónica de orden h.

% HD (h) = por ciento de distorsión a la armónica de orden.

La norma ANSI/IEEE C57.110-1986, muestra también como calcular las pérdidas adicionales en (watts) de los transformadores, como un resultado de una distribución específica de corrientes armónicas.

Básicamente, cada valor de I<sub>h</sub> (pu) se eleva al cuadrado y se multiplica por el cuadrado de la armónica (h<sup>2</sup>), por lo tanto se obtiene:

$$(I_h(\text{pu}))^2 h^2$$

Esto se hace para cada orden presente sobre el sistema y se suman juntas, a esta suma se le llama factor K. a continuación en la tabla 3.3 se ve un ejemplo:

**Tabla 3.3**  
**Ejemplo de calculo de factor K**

Armónica (h)	Corriente (Ih)	Ih(pu)	(Ih(pu)) <sup>2</sup> h <sup>2</sup>
1	91 %	0.91	0.83
3	34 %	0.34	1.04
5	22 %	0.22	1.21
7	10 %	0.10	0.49
9	4 %	0.04	0.13
11	3 %	0.03	0.11
13	2 %	0.02	0.07
15	2 %	0.02	0.09
17	1 %	0.01	0.03
		<b>Factor K total</b>	<b>4.00</b>

El factor K se multiplica por el valor de las pérdidas por corrientes circulantes que incrementan el calor generado por el transformador, debido a la distorsión armónica. El valor de las pérdidas por corrientes circulantes se puede calcular restando las perdidas  $RI^2$  de las pérdidas medidas.

### 3.7 FACTOR DE POTENCIA

Uno de los problemas más comunes que se presenta en las instalaciones eléctricas es el factor de potencia (F.P.), donde este se relaciona con la calidad del suministro de la energía eléctrica, en los conceptos de las variaciones de voltaje y perdidas en las instalaciones, sus fundamentos básicos se encuentran en los circuitos de corriente alterna, con referencia específica a las potencias activa y reactiva.

#### *Potencia activa*

Los diferentes tipos de energía convierten energía eléctrica en otras formas de energía, tales como mecánicas, lumínica, térmica, química etc. Esta energía corresponde a una energía útil o potencia activa, o simplemente potencia, similar a la consumida por una resistencia y ésta se expresa en watts (W).

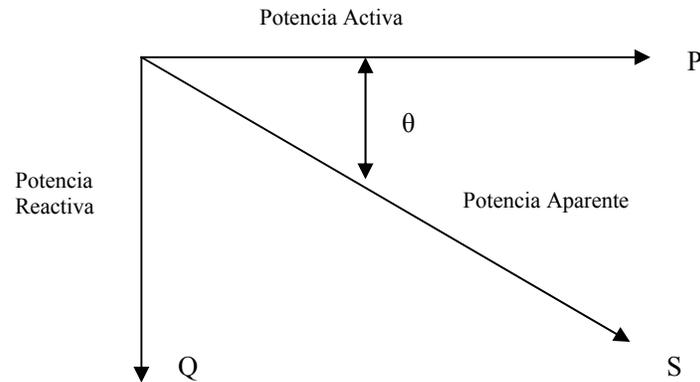
#### *Potencia Reactiva*

Los motores, transformadores y en general todos los dispositivos eléctricos que hacen uso del efecto de un campo electromagnético, requieren potencia activa para efectuar un trabajo útil, mientras que la potencia reactiva es utilizada para la generación del campo magnético.

Esta potencia reactiva corresponde a la potencia reactiva estando defasada  $90^\circ$  de la potencia activa y esta expresada en volts-amperes reactivos (VAR).

#### *Potencia Aparente*

El producto de la corriente y el voltaje es llamada potencia aparente, y es la resultante de la suma de los vectores gráficos de la potencia activa y de la potencia reactiva. Fig. 3.10



**Fig. 3.10 Diagrama de potencias**

El ángulo de las potencias activa y aparente es denotado por la letra  $\theta$ .  
Tenemos que:

$P$  = Potencia activa.

$Q$  = Potencia reactiva.

$S$  = Potencia aparente.

Potencia activa = potencia aparente  $\times$   $\cos \theta$

$$P = S \cos \theta$$

El valor del  $\cos \theta$  es llamado factor de potencia. Donde el FP puede ser expresado como una función de las potencias activa y reactiva.

De la cual:  $S^2 = P^2 + Q^2$

$$\cos \theta = \text{F. P.} = \frac{P}{P^2 + Q^2}$$

Esta fórmula muestra que el factor de potencia puede ser considerado en un valor relativo como un valor característico de la potencia reactiva consumida.

Una carga, consuma la mayor potencia reactiva y el factor de potencia será más abajo es el fenómeno eléctrico que puede suceder en condiciones estables.

Para una potencia consumida constante, el FP mas bajo, la potencia aparente será más alta y así también más alta la cantidad de corriente de la red. Con un FP igual a 0.5, la cantidad de corriente por la carga será dos veces la corriente útil.

Con FP igual 0.9, la cantidad de corriente será 10 % mas alta que al corriente útil. Para la potencia constante, la cantidad de corriente de la red se incrementará en medida que el factor de potencia disminuya. Esto significa que los transformadores y cables de distribución estarán sobrecargados y que las perdidas en ellos se incrementarán (en proporción al cuadrado de la corriente).

## Corrección del Factor de Potencia

Para obtener la mejor ventaja económica posible de ambas potencias (activa y reactiva), las plantas generadoras y las plantas consumidora deben ser operadas con alta eficiencia, y solamente se lograra teniendo un alto factor de potencia en todo el sistema.

La mayoría de las máquinas de corriente alterna extraen de la fuente de potencia aparente en términos de kilo volts - amperes (KVA), la cual es superior a la potencia útil, medida en KW, requerida por la maquina. La relación entre estas potencias es conocida como factor de potencia de la carga y es dependiente, sobre todo, del tipo de maquina en uso:

$$\frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia aparente}} \quad \text{o} \quad \frac{\text{KW}}{\text{KVA}} = \text{Factor de Potencia}$$

Una gran cantidad de máquinas eléctricas usadas en la industria tienen un bajo factor de potencia, el cual no se puede evitar. Esto significa que las compañías suministradoras tienen que generar mucho más corriente que la requerida teóricamente, en consecuencia, los transformadores y cables tienen que soportar esta corriente extra. Cuando el factor de potencia total de la carga de una estación generadora es bajo, el sistema es ineficiente y el costo de la electricidad es alto. Para superar esto, y al mismo tiempo lograr que los generadores y cables no estén sobrecargados con corrientes de menor potencia, las compañías suministradoras frecuentemente ofrecen bonificaciones para consumidores cuyo factor de potencia es alto o imponen penalidades por factor de potencia bajo.

Algunas instalaciones, incluyendo los siguientes tipos de maquinaria o equipo, tienen normalmente un factor de potencia bajo, el cual puede ser corregido con un consecuente ahorro en los costos:

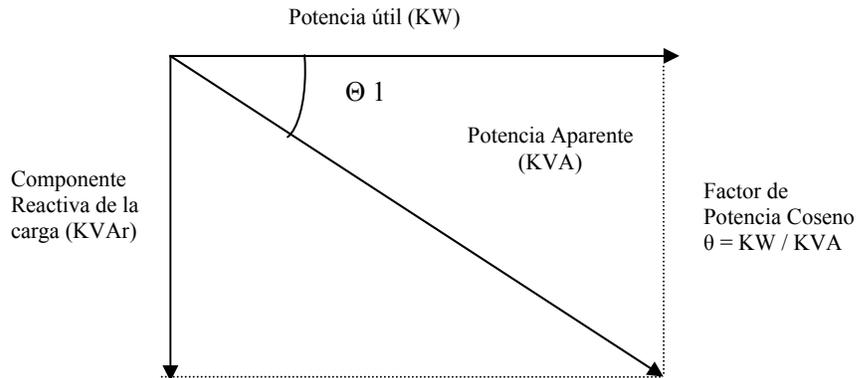
- 1) Motores de inducción de todo tipo (para grandes cargas industriales en corriente alterna).
- 2) Instalación de tiristores de potencia (para control de motores de corriente directa y procesos electroquímicos).
- 3) Transformadores de potencia y reguladores de voltaje.
- 4) Máquinas soldadoras.
- 5) Hornos de inducción y de arco eléctrico.
- 6) Bobina de choque y sistemas magnéticos.
- 7) Letreros de neón y lámparas fluorescentes.

Los factores de potencia típicos encontrados en varias industrias, se encuentran en el anexo del C-III. Haciendo énfasis de que estos valores de factor de potencia son como guía. El factor de potencia puede variar de instalación a instalación.

El método empleado para llevar a cabo el mejoramiento del sistema implica la introducción de potencia reactiva (KVAR) dentro del sistema de oposición de fase a la corriente reactiva anteriormente mencionada y efectivamente cancela estos efectos en el sistema.

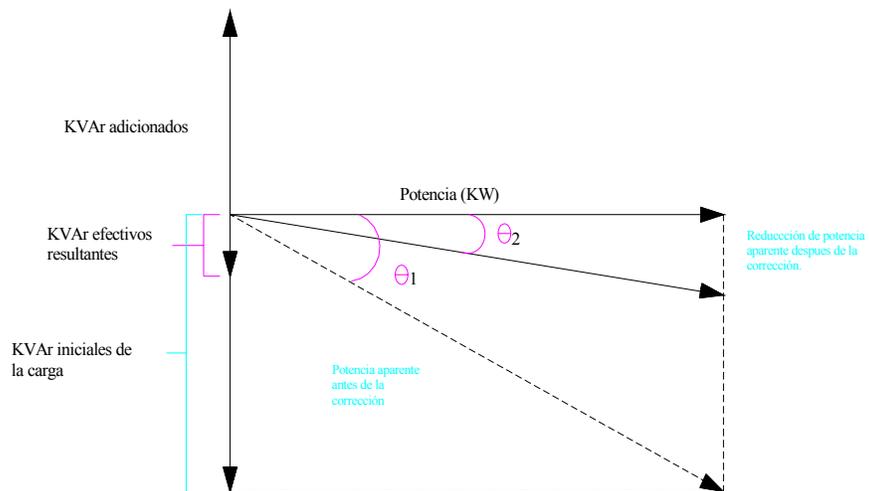
La potencia aparente en (KVA) en un circuito de corriente alterna puede ser resuelto en dos componentes: la componente en fase, la cual representa la potencia útil y la componente reactiva, la cual es trabajo no útil. La suma fasorial de las dos son los KVA conducidos por una fuente.

El coseno del ángulo de fase entre los KVA y los KW representa el factor de potencia de carga, el cual se muestra en la Fig. 3.11 de fasores.



**Fig. 3.11 Diagrama fasorial de una planta operando con un bajo FP atrasado**

Para mejorar el factor de potencia se requiere que el equipo genere potencia reactiva de aproximadamente igual a la magnitud de la carga en KVA, pero en oposición de fase, siendo conectada en paralelo con la carga. La resultante en KVA es ahora más pequeña y el nuevo factor de potencia ( $\cos \theta 2$ ) es incrementado. El coseno de  $\theta 2$  es controlado por la magnitud de los KVA. Adicionales. De esta manera se considera que el mejoramiento del factor de potencia puede ser obtenido por variación de potencia reactiva en oposición de fase a la de la carga. Fig. 3.12



**Fig. 3.12 Diagrama fasorial, corrección del factor de potencia por adición de potencia reactiva en oposición de fase.**

Hay dos tipos de equipo para los cuales los KVA. En oposición de fase pueden ser conducidos por la fuente:

- 1) Condensadores sincronos.
- 2) Capacitores estáticos.

Y estos considerados en instalaciones como son:

- a) confiabilidad.
- b) Vida probable.
- c) Costos de capital.
- d) Costos de mantenimiento
- e) Costos de operación
- f) Espacio requerido y facilidad de instalación.

Se encontrara que para instalaciones de una industria normal, el costo de capital de maquinas rotatorias, para ambas máquinas sincronas y adelanto de fase, los hace que estos sean no rentables por llevar consigo un precio alto.

Los capacitores, no tiene estas desventajas, comparándolos con otras formas de corrección, el costo inicial es muy bajo, los costos de mantenimiento son mínimos y ellos pueden ser utilizados con la misma alta eficiencia en todos los lugares de instalación. Ellos son compactos, fiables, altamente eficientes, convenientes para instalarse entre sí mismos o en forma individual.

Estos factores complementados con el bajo costo inicial, muestra definitivamente que la corrección del factor de potencia por capacitores es el método más satisfactorio y económico. Los capacitores estáticos, debido a que son de bajas perdidas, simplicidad y alta eficiencia. Actualmente son usados casi universalmente para la corrección del factor de potencia.

Algunos métodos para calcular el valor del capacitor están disponibles, como son los siguientes:

- Método numérico.
- Método a base de tablas.
- Método grafico de calculo
- Método base de curvas

Ya que la mejora de un factor de potencia bajo, por medio de capacitores puede elevar el nivel de voltaje, reduciendo las perdidas y aliviar la carga del sistema eléctrico.

### **3.8 SISTEMA DE TIERRAS**

#### **Art. 250 -1 NOM**

En este artículo se cubren los requisitos generales para la puesta a tierra y sus puentes de unión en las instalaciones eléctricas y los requisitos específicos que se dan a continuación.

- a) En sistemas, circuitos y equipos en donde se exige, se permite o donde no se autoriza que estén puestos a tierra.
- b) El conductor del circuito que es puesto a tierra en sistemas puestos a tierra.
- c) Ubicación de las conexiones a tierra.
- d) Tipos y tamaños de los conductores, puente de unión y electrodos de conexión para puesta a tierra.
- e) Métodos de puesta a tierra y puentes de unión.

- f) Condiciones en las que se puede sustituir a los resguardos, separaciones o aislamientos, por la puesta a tierra.

Los sistemas se conectan a tierra para limitar las sobretensiones eléctricas debido a descargas atmosféricas, transitorios en la red o contacto accidental en las líneas de alta tensión y para estabilizar la tensión eléctrica a tierra sobre su funcionamiento normal. Los equipos se conectan a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, y faciliten el funcionamiento del dispositivo de protección contra sobre corrientes en caso de falla a tierra.

Los materiales conductores que rodean a los conductores o equipo eléctrico o que forman parte de dicho equipo. Se conectan a tierra para limitar la tensión a tierra de esos materiales y para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra.

Las NOM en México proporcionan para instalaciones eléctricas, las condiciones mínimas para el alambrado y la conexión a tierra, sin embargo cuando se trata de equipo sensible así como del hombre mismo, es necesario ir más allá de los requerimientos de esta norma, donde se requiere de un sistema que minimice el impacto de armónicas, transitorios, ruido y hasta de un choque eléctrico sobre el equipo conectado y al personal que trabaja con él.

La razón más importante para la conexión de tierra es la seguridad, y para esto, hay dos aspectos importantes que se tienen que considerar como son los siguientes:

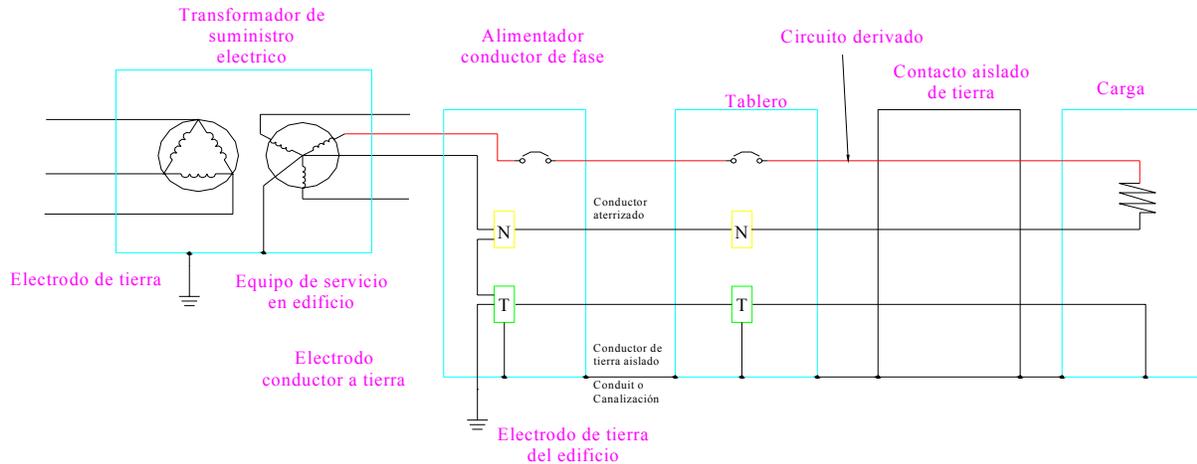
- 1) La seguridad del personal.
- 2) Conexión para asegurar los dispositivos de protección.

### **1.- La seguridad del personal.**

La seguridad del personal es la razón primordial por la que todos los equipos deben de tener una conexión a tierra, y ésta debe estar diseñada para prevenir la posibilidad de voltajes de contacto o cortos elevados cuando se presenta una falla en alguna parte del equipo o red eléctrica.

### **2.- Conexión para asegurar los dispositivos de protección.**

Una corriente tiene un a trayectoria de retorno al punto donde la fuente de potencia tiene su conductor de neutro aterrizado y esta es una acción esencial de seguridad. Una falla de aislamiento o alguna otra falla que permite que un conductor de fase haga contacto con un gabinete encontrarán una trayectoria de baja impedancia de regreso al neutro de la fuente. La sobrecorriente resultante producirá que el interruptor o fusible desconecten el circuito fallado de forma inmediata. Fig. 3.13.



**Fig. 3.13 Elementos básicos de un sistema de protección aterrizado**

De acuerdo con la norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SE1999, una trayectoria eléctrica de tierra se deben de considerar los siguientes atributos:

- Permanente y continua
- Tener la capacidad para conducir en forma segura cualquier corriente de falla
- Tener una impedancia suficientemente baja para limitar el voltaje a tierra y facilitar la operación de los dispositivos de protección en el circuito.
- La tierra no se debe de usar como un conductor de tierra aislado

Los sistemas eléctricos se conectan a tierra para reducir el riesgo de shock al personal y a la vez proporcionar una trayectoria a tierra por las corrientes inducidas en el sistema por descargas atmosféricas, por eso es esencial que las conexiones a tierra tengan una resistencia muy baja.

Algunos de los factores que tienen un papel importante en el diseño de tierras son las siguientes:

**La resistividad del terreno**

Esta cantidad se expresa en  $\text{ohm-cm}^3$  y representa la resistencia de un centímetro cúbico de tierra, medida entre superficies opuestas.

**El tamaño o extensión del sistema de tierras**

Este es el factor más importante, ya que si el sistema es muy pequeño para manejar grandes corrientes de falla, pueden existir gradientes de potencial sobre la superficie, haciendo riesgoso esto para el contacto. En forma ideal, la resistencia de un sistema de tierras debería ser cero ohms para reducir cualquier voltaje o gradiente de potencial, debido a las corrientes de fuga esto es prácticamente imposible.

En la práctica, las normas técnicas para instalaciones eléctricas establecen que la resistencia de unas varillas o electrodo de tierra no debe de exceder a 25  $\Omega$  ohms. Esto se toma como un límite superior y es una regla general, sin embargo en muchos casos se requiere de una resistencia mucho menos por seguridad. Para las subestaciones eléctricas grandes, la resistencia de tierra no debe de exceder 1  $\Omega$  ohm, en tanto que para las subestaciones eléctricas pequeñas, una resistencia menor o igual a 5  $\Omega$  ohms se considera adecuada.

Además de estos dos aspectos importantes, como es la seguridad del personal y la conexión para asegurar los dispositivos de protección se encuentra entre ellos la **Calidad de Energía.**

### Aterrizado de Equipo

- Es la base fundamental para un sistema de distribución confiable
- Crítico en la operación de sistemas de redes de comunicación y computadoras
- Está relacionado aproximadamente con la mitad de todos los problemas de Calidad de la Energía

### Aterrizado de Equipo y Calidad de la Energía

- El NEC (National Electrical Code) también provee, en su art. 250, los lineamientos de requerimientos básicos para asegurar la operación adecuada de equipos sensibles.
- La FIPS 94 (Federal Information Processing Standards Publicacion 94 de los EUA) provee métodos adicionales que son típicamente necesarios para asegurar una operación confiable del equipo electrónico

Fig. 3.14 y 3.15

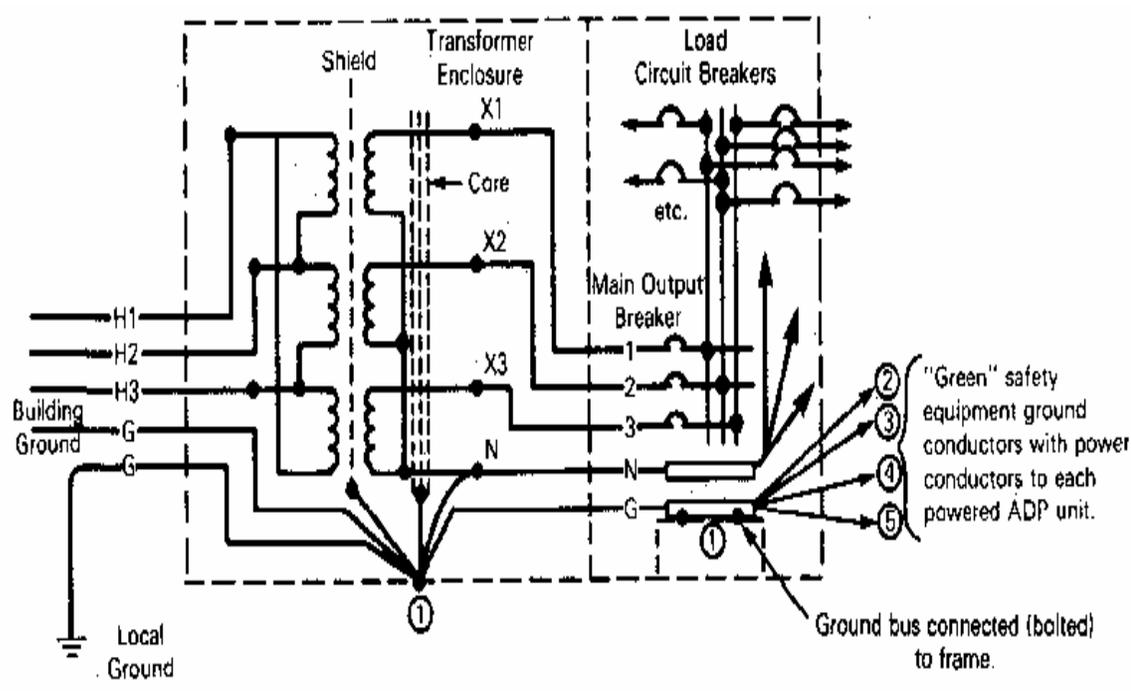
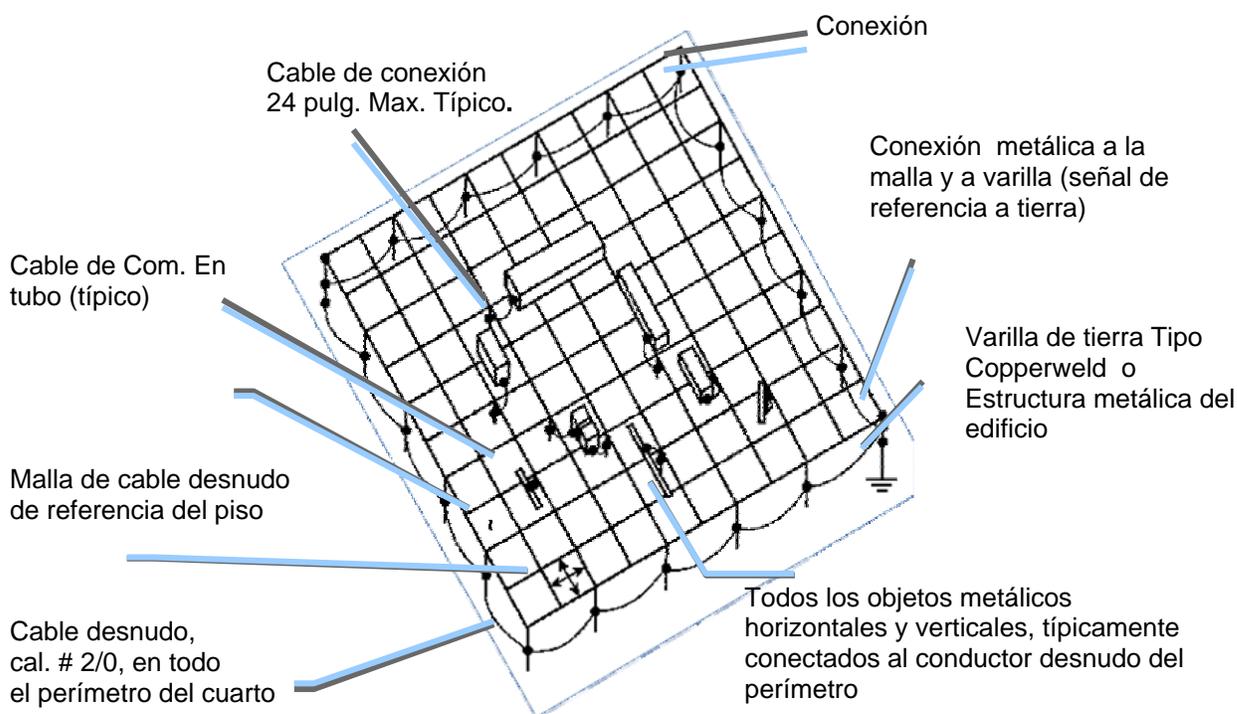


Fig. 3.14 Configuración de un sistema con un solo punto de tierra



**Fig. 3.15 Aterrizamiento de equipo**

**Clasificación de los sistemas de tierras**

- a-) *Sistema de tierras para protección*
- b-) *Sistema de tierras para servicio*
- c-) *Sistemas de tierras para trabajo*

**a) Sistema de tierra para protección**

Se utilizan para conectar a tierra partes de una instalación que normalmente no esté energizada, y las que están su valor es tan bajo que no representa peligro al personal por contacto directo. Con esta conexión a tierra se evitan los choques eléctricos al personal y daños al equipo por corrientes locales.

**b) Sistema de tierras para servicio**

Se utilizan para interconectar las bajadas a tierra de los pararrayos, cuya función es la de neutralizar o atenuar las sobretensiones transitorias que se presentan en las líneas por efecto de descargas atmosféricas y cuyo potencial depende de las distancias de las nubes (carga eléctrica – o +), a la tierra.

**a) Sistema de tierras para trabajo**

Consiste en aterrizar en forma provisional parte de una instalación para realizar un trabajo que implique algún riesgo de choque eléctrico o chispa que pueda originar algún daño físico o material.



### Naturaleza del Terreno

Los elementos que se consideran dentro de la naturaleza del terreno son: resistividad, temperatura y humedad.

#### Resistividad

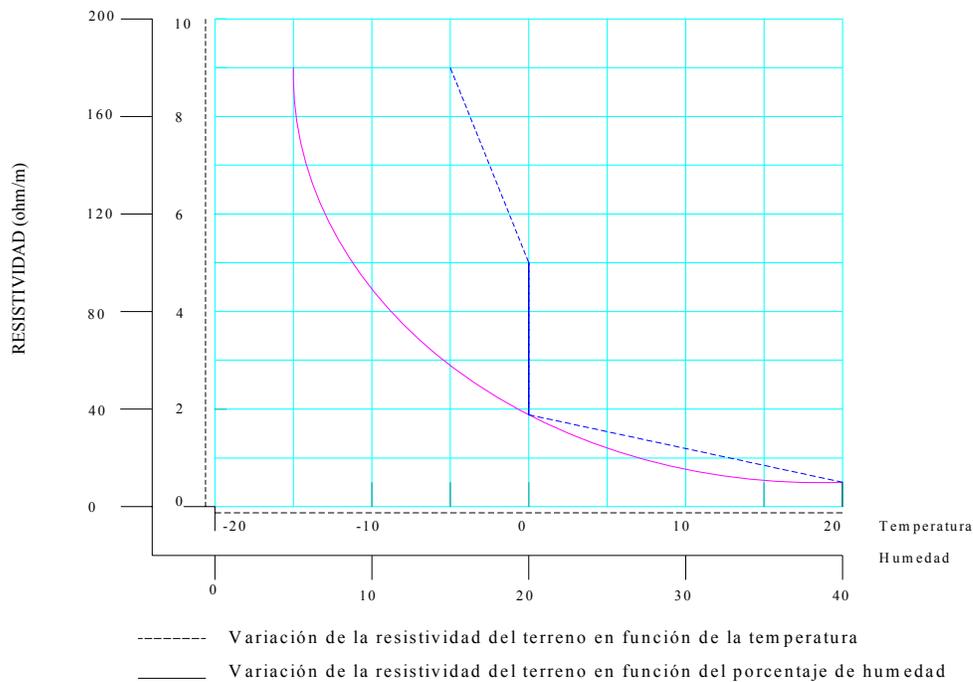
Cuanto menor sea la resistividad del terreno, más fácilmente se pueden alcanzar valores bajos para la resistencia de instalación en los sistemas de tierra. (Ver tabla 3.4)

**Tabla 3.4 Valores de resistividad del terreno**

TIPO DE SUELO	RESISTIVIDAD OHM/M
Húmedo o suelo orgánico	10-50
Cultivo arcilloso	100
Arenoso húmedo	200
Arenoso seco	1000
Con guijarro y cemento	1000
Rocoso	3000
Roca compacta	10000

#### Temperatura y humedad

La resistividad del terreno varía con la temperatura y el grado de humedad. Por lo que no es aconsejable efectuar mediciones de resistividad del terreno en condiciones de altas temperaturas o de lluvias recientes. Figura 3.16 (Grafica de humedad y temperatura)



**Figura 3.16 Variación de la resistividad con la temperatura y humedad**

### **Elementos principales de un sistema a tierras (en la red eléctrica)**

Los sistemas de tierras, dependiendo de la instalación de que se trató, están constituidos por diferentes elementos, y estos son los siguientes:

- a) Dispersores y electrodos
  - b) Conductores
  - c) Conectores
- a) Son cuerpos metálicos puestos en contacto directo con el terreno, con el fin de dispersar en el mismo las diferentes corrientes eléctricas canalizadas por los demás elementos del sistema a tierra, siendo los más usuales.
- Electrodo de varilla de acero con recubrimiento de cobre, de 13, 16.9 y 19 mm de diámetro por 3.05 de longitud.
  - Electrodo de placa sencilla o de varias placas tipo rehilete.
  - Electrodo químicos.
  - Electrodo en malla.
- b) Son cables trenzados de cobre electrolítico semiduro desnudo o con aislamiento, en tipo y calibre se seleccionan en cada caso particular, de acuerdo con los requerimientos de cada instalación en particular.
- c) Los conectores que unen los conductores a electrodos o conductores entre sí, deben ser del tipo soldable, o bien, existen también atornillables. En cada conexión de cable o electrodo se debe considerar un conector del tipo mecánico, en lugar accesible para pruebas de medición.

Los electrodos (varillas) se pueden usar o no, dependiendo del diseño de la malla de tierra. Todos las estructuras metálicas y carcasas del equipo eléctrico, incluyendo las rejillas metálicas en las áreas de trabajo, por seguridad se deben conectar a la malla de tierra.

### **3.9 EQUIPOS Y DISPOSITIVOS PARA LA CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Los principales dispositivos eléctricos son los siguientes:

Equipos eléctricos:

- Banco de capacitores.
- Transformadores de aislamiento.
- UPS (Uninterruptible Power Supply)

Sistemas y dispositivos eléctricos:

- Balanceo de equipo eléctrico.
- Sistema adecuado de tierras.
- Iluminación eficiente.
- Mantenimiento.

## **Equipos eléctricos**

### ***Banco de capacitores.***

La aplicación característica de los capacitores es reducir la corriente del sistema y elevar el voltaje del mismo.

Algunos de los beneficios que se logran con la aplicación de capacitores son los siguientes:

- a) Reduce las pérdidas del sistema.
- b) Eleva el voltaje.
- c) Se incrementa la capacidad de transmisión, mejorando el uso de la capacidad térmica de los equipo (líneas, transformadores y cables).

### ***Transformadores de aislamiento (llamados de factor K)***

La instalación de componentes y sistemas electrónicos en la industria crece constantemente y aceleradamente; los circuitos que operan con bajo voltaje en corriente directa son sensibles, para todas las aplicaciones sensibles la pantalla electrostática encarga de reducir y controlar la capacitancia, los ruidos, transitorios y armónicos en la línea de voltaje, creados por swicheo en arranque y paro de motores, capacitores con circuitos SCR's.

Este tipo de transformadores es muy útil y confiable para alimentar instalaciones críticas como computadoras, sistemas médicos y sistemas de telecomunicaciones, procesador de control e instrumento.

Los diseños de estos equipos se sobredimensionan de acuerdo al nivel de armónicos que presenta la instalación (factor K). Estos transformadores nos sirven para reducir ruido en las líneas de distribución eléctrica, cancela los armónicos enviándolos a tierra, controla el desbalance de cargas y distribuye a todas las fases las fallas a tierra.

## ***UPS***

Constituyen uno de los equipos más populares en las instalaciones eléctricas actuales, su función es mantener constantemente la alimentación de energía a una carga determinada, o a un grupo de cargas a la vez. En los casos donde se puedan presentar cortes de energía, las UPS combinadas con equipo de protección de sobretensiones suelen ser la solución más efectiva al menor costo.

No sólo proveen el filtro y acondicionamiento necesario para asegurar la calidad de la energía requerida por los equipos electrónicos sensitivos, sino que sirven de fuente de alimentación en caso de salidas de servicio en la alimentación principal.

## **Sistemas y dispositivos eléctricos**

### ***Balanceo de equipo eléctrico***

Consecuentemente muchas de las variaciones que ocurren en el suministro de energía eléctrica ocurren dentro de las instalaciones de los propios usuarios, las cuales están relacionadas con problemas de alambrado y malas conexiones. Todas estas redes o sistemas

de distribución eléctrica se corrigen, teniendo un buen balanceo de la carga y una mejor red de distribución de todo el equipo eléctrico con el que se cuenta.

El balanceo se describe como distribución de la carga, donde se calcula total mente su distribución por medio de tableros o centros de carga ya sea para alumbrado, contactos, equipos eléctricos, motores, transformadores de baja tensión, equipos de cómputo etc. con el calculo se puede dividir así como también distribuir la carga utilizada , y especificarla de acuerdo a los dispositivos, ya sea futuros o cambios que trasciendan en el lugar o en la misma red de distribución, para que no se susciten consecuencias graves, como lo son las caídas de tensión y sobrecalentamientos en una de las fases, llegando a provocar una interrupción o un corto circuito

### ***Sistema adecuado de tierras***

La razón más importante para la conexión a tierra es la seguridad, donde en un sistema eléctrico se considera la seguridad de las personas y la seguridad de operación del equipo eléctrico, evitando su interrupción y el deterioro del mismo para su mejor funcionamiento eléctrico.

La conexión a tierra o sistema de tierra se hace de una manera eficiente, sirve además para los siguientes propósitos como son los siguientes:

- Proteger la vida de un shock eléctrico y propiedad de daños.
- Limitar el voltaje de un circuito cuando es expuesto a voltajes más altos de los que fue diseñado.
- En general limitar el voltaje de un circuito de CA y CD en circuitos de alambrado.
- Facilitar la operación de aparatos y sistemas eléctricos.
- Limitar el voltaje en un circuito en el que de otra forma se puede exponer a una descarga.

### ***Iluminación eficiente***

Los equipos de iluminación tiene una gran demanda, por ello una de las medidas con las cuales se pueden mejorar la calidad de energía, es teniendo una iluminación eficiente, esto quiere decir, que se contemplan varios métodos para calcular los lúmenes que se requieren y obtener la iluminación adecuada en el lugar deseado, ya que los tipos de iluminación son tanto exteriores como interiores, artificiales y naturales, logrando con ello niveles óptimos de iluminación, adecuados por área y tipo de trabajo.

Como consecuencia de la demanda de iluminación los propios fabricantes han implementado ahora en nuestros días los sistemas de iluminación eficiente con lámparas de ahorro de energía y sistemas de control, con los cuales se encienden o apagan los sistemas de iluminación automáticamente haciendo que sea más eficiente y aprovechable la luz del día, como la luz artificial mejorando en todos los aspectos, y evitando así los excesivos gastos de consumo eléctrico y el mal uso de la energía eléctrica.

### *Mantenimiento*

En la parte del mantenimiento es muy extenso y variado, ya que las industrias son de diversos tipos de producción y de ramo distinto, pero a pesar de ello, desde la industria hasta una casa habitación el mantenimiento es primordial, ya que con el se pueden evitar gastos innecesarios como accidentes y mejorar el equipo o darle un mejor tiempo de vida útil para los procesos que requiera la industria.

La energía eléctrica en la industria es muy importante, ya que la mayoría de sus máquinas para sus procesos son eléctricas, y esto conlleva un proceso de desarrollo y tener el equipo eléctrico en buen estado para no tener paros o interrupciones no deseadas, ya que también se deben a la falta de manteniendo del equipo, como el buen estado de una subestación, transformador, cableado, interruptores, motores, iluminación interior y exterior, centros de carga, sistemas digitales como además de control donde intervienen un sin numero de dispositivos eléctricos y electrónicos; ya que en la industria algunas tienden a crecer y por lo cual realizan dentro de ellas conexiones eléctricas provisionales dando como consecuencia caídas de tensión, fluctuaciones, armónicos u otro tipo de interrupción eléctrica y además no se contemplan diagramas de red, unifilares como arquitectónicos donde se ubican los tableros y centros de carga que alimentan a cada uno de los dispositivos eléctricos, haciendo difícil el tener que corregir una falla así como la ubicación de esta.

Con el manteniendo se podrá asegurar que los equipos y dispositivos con los que cuenta la industria no dejen de operar y funcionar correctamente para los fines deseados, y tener en cuenta el crecimiento ordenado, para operaciones futuras y ahorro de energía como de gastos innecesarios.





## CAPITULO IV

# METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE UN SISTEMA ELÉCTRICO

### **OBJETIVO:**

Contar con todos los elementos necesarios, para la elaboración de una metodología de análisis de un sistema o red eléctrica, obteniendo una evaluación de su comportamiento eléctrico y estado actual de funcionamiento, para el ahorro de energía.





## 4.1.- INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un gran pilar del desarrollo económico del país, ya que la transformación desde la generación, transmisión y distribución, tienen grandes implicaciones en una variación de oferta y precio, que influye en los costos tan altos y consumos excesivos de ésta mal utilizados.

A partir del incremento del costo del petróleo, en los últimos 20 años, las políticas de ahorro y conservación de la energía se han desarrollado y aplicado en programas de uso eficiente, como también se ha desarrollado una gama de distintas metodologías para el ahorro de energía eléctrica en los distintos sectores, como son los más conocidos, el industrial, comercial y residencial.

Actualmente se está viviendo una transición con problemas ambientales, en el mundo y por supuesto en nuestro propio país, y una de las formas de reducir los contaminantes, emisiones, costos y gastos innecesarios de la energía eléctrica, es el uso eficiente de la energía, es por ello, que se toma un nuevo apoyo al hacer un uso más óptimo de los recursos naturales para transformarlos en energía eléctrica y aprovecharlos de manera más eficiente por medio de programas, actividades y metodologías de desarrollo, como ahorro, uso y aprovechamiento de energía eléctrica.

## 4.2.- ¿QUE ES UNA METODOLOGÍA ELÉCTRICA?

### Metodología

Definición de método:

Método deriva de los vocablos **meta**, “a lo largo de o a través de”, y **odós**, camino, por lo que literalmente significa “ir a lo largo del buen camino, o camino del conocimiento

La metodología se define, como la destinada a señalar las operaciones, resultantes de la interrelación de un marco teórico con los datos de la realidad concreta, a fin de integrar un todo sistematizado y riguroso que al mismo tiempo de caviada a la creatividad de la persona, y así determine las relaciones entre las partes y un todo.

La metodología dependerá de los postulados que el investigador considere como válidos; de aquello que considere objeto de la ciencia y conocimiento científico, pues será a través de la acción metodológica como recolecte, ordene y analice la realidad analizada.

La metodología abarca la justificación y la discusión, el análisis de los diversos procedimientos concretos que se emplean en las investigaciones y la discusión acerca de sus características, cualidades y debilidades. Sin embargo, se suele utilizar la palabra metodología en sentidos diferentes, opuestos a veces al anterior: se habla así de "metodología de la investigación" para hacer referencia a los pasos y procedimientos que se han seguido en una indagación determinada, para designar los modelos concretos de trabajo que se aplican en una determinada disciplina o especialidad y también para hacer referencia al conjunto de procedimientos y recomendaciones que se transmiten.

Con lo anterior es posible describir que la metodología eléctrica, es la descripción y análisis de una red o sistema eléctrico, que mediante conjunto de actividades y pasos a seguir se obtiene la información real, ordenada y analizada, con la cual obtienen los resultados esperados a nuestras necesidades de desarrollo como de investigación.

### **Metodología Eléctrica**

Para la realización y descripción de una metodología eléctrica, se consideran lo siguiente, como los planes y estrategias, entendiendo que son puntos importantes, en los cuales se obtendrán la información adecuada para la realización y elaboración de la metodología y estos son los siguientes:

- Obtención de datos (información general)
- Levantamiento eléctrico (subestaciones eléctricas)
- Programas de la conservación de la energía (planes y estrategias)
- Tarifas eléctricas (facturación, demanda y consumo en México)
- Diagnóstico energético (definición)

### **Obtención de datos**

Se requiere una recopilación de datos, pero además de ellos se requiere una recopilación de información aún más importante, que serían los planos arquitectónicos, diagramas eléctricos, diagramas de la red eléctrica, diagramas unifilares con los que se cuentan, ya que el principio fundamental es saber qué tan actualizado está el sistema eléctrico o red con la que se trabaje, para llevar a cabo la primera actividad, obteniendo su diagrama eléctrico y su eficiencia energética.

### **Levantamiento Eléctrico (Censo de cargas e informe actual del sistema eléctrico)**

Las empresas que cuentan con un programa de mantenimiento preventivo llegan a requerir en algún momento, de conocer a detalle el estado de su instalación, para determinar en base a cálculos si cuentan con la capacidad adecuada de su carga instalada y por instalar (futura), para poder determinar y saber que modificaciones requieren hacer. Este servicio se puede ofrecer a todas las empresas que tienen algunos años operando, y el servicio comienza, con un levantamiento eléctrico e información del lugar.

El levantamiento es una recopilación de todas y cada una de las características del sistema eléctrico, como pueden ser máquinas, equipos, transformadores, tableros, interruptores, etc., esto es, llevar a cabo una recopilación completa segura de los datos y de los equipos eléctricos de acuerdo con los requerimientos siguientes:

- Nombre del equipo y características
- Potencia
- Voltaje de operación
- Fases
- Corriente Nominal de operación
- Corriente a plena carga

- Frecuencia
- Tipo de conexión

Todos estos datos deben de ser tomados en un campo determinado tal y como se encuentran, en los datos de placa del mismo equipo (transformadores, tableros, centros de carga etc.), teniendo en cuenta que debe seguirse ciertas medidas de seguridad, para evitar cualquier riesgo o percance físico, alguna de estas medidas serían el uso de, guantes, casco, lentes, bata (si se requiere), zapatos de seguridad (zapatos dieléctricos) y utilizar las herramientas adecuadas para revisar o verificar los dispositivos y equipos eléctricos con los que se cuente.

Se sugiere que el levantamiento eléctrico lo coordine el ingeniero encargado del proyecto o proyectos, ya que de alguna manera es la persona más viable y capacitada para determinar qué datos se requieren, y si éstos son utilizados en su totalidad o no, de acuerdo al proyecto a realizar.

Es prácticamente imposible conocer con exactitud la carga de una instalación compleja. En la etapa del anteproyecto, se realiza una estimación que permite realizar una evaluación aproximada, sin embargo, se requiere realizar un cálculo con la información completa de todos los equipos que serán conectados y obtener el valor de la carga o cargas más preciso.

La determinación de la carga es una labor que requiere de técnica, pero también de criterio para poder así definir entre otras cosas, las reservas que podrían utilizarse en el futuro, así como la influencia de los posibles ciclos de operación (factor demanda).

Una reserva excesiva siempre representa una inversión, sin embargo tal vez esta reserva no llegue a utilizarse; y por el contrario el no contar con reservas, puede provocar problemas a corto o a largo plazo, además de desembolsos inesperados. Por estas razones se recomienda analizar cuidadosamente las opciones con las que se cuente.

En dicho análisis también deben contemplarse los efectos de las variaciones de carga en función del tiempo, que puedan tenerse sobre la regulación del voltaje y sobre el costo de la energía (en el caso de tarifas que tienen cargo por demanda máxima).

En el estado actual se realizan anotaciones detalladas de las condiciones reales en que se encuentran los equipos eléctricos, con el fin de realizar las acciones de mantenimiento pertinentes, es decir, se trata de realizar un informe veraz y detallado.

### **Programas de la Conservación de la Energía**

Para implantar o implementar un programa de conservación de la energía es importante realizar un diagnóstico energético a la instalación eléctrica, esto permitirá el grado de eficiencia con que es utilizada la energía, el ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿dónde?, y ¿por qué?, se consume la energía eléctrica, además que permite ubicar e identificar aquellas áreas donde el consumo puede ser reducido, al especificar cuánta es desperdiciada, realizando estudios de todas las fuentes y formas de energía mediante un análisis energético detallado de todos los consumos y las pérdidas, cumpliendo con el único objetivo de evidenciar las áreas de

mayor consumo y desperdicio de energía, y evaluar técnica u económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía eléctrica.

Los diagnósticos energéticos en una empresa pueden ser realizados por el mismo personal de la planta, dependiendo del nivel de conocimientos y experiencia, de la profundidad que se requiera del estudio y la disponibilidad del tiempo, en caso contrario se sugiere se contrate alguna empresa consultora que trabaje de tiempo completo y con conocimientos profundos sobre los procesos y estudios a realizar.

*Se puede definir tres grados o niveles para la conservación de la energía*

- En primer lugar se pueden describir las acciones cuya aplicación son inmediatas y con inversiones marginales mínimas, utilizando las instalaciones existentes. Consiste en la inspección visual de las instalaciones, análisis de los registros de operación y mantenimiento, identificando las oportunidades factibles de ahorro.
- En segundo lugar corresponde a un estudio general, de áreas y equipos de uso intensivo, cuya aplicación requiera de un estudio más detallado de sus registros históricos, de las condiciones de operación de los equipos, realizar balances de energía, actualizar planos eléctricos y diagramas unifilares, para establecer la reducción de la energía eléctrica, pérdidas, desperdicios globales, potenciales de ahorro y reducción de costos por proyectos alternativos de conservación de la energía y así poner metas más específicas y reales para la empresa, lo cual implica la modificación de las instalaciones y un nivel de inversión medio.
- El tercero corresponde a un estudio exhaustivo de las instalaciones, mediante el uso de equipo especializado de medición y control. Se pueden emplear técnicas de simulación de procesos, para estudiar diferentes esquemas de funcionamiento, con cambios de condiciones de operación, en donde las recomendaciones e implantaciones generalmente son de aplicación a mediano y largo plazo, resultando ser el más costoso de los tres niveles, por los requerimientos adquisición de instrumentación, adquisición de datos, y estudios de ingeniería como altas inversiones involucradas.

La implantación de medidas para el ahorro de energía, no se concreta sólo a la conservación de la energía, si no que requiere de realizar un análisis del comportamiento de la empresa o institución después de haber adoptado las medidas mencionadas, planeando y participando en las inspecciones energéticas, además elaborando gráficas de uso de la energía por unidad de producción para cada departamento y/o de la planta en conjunto.

### **Tarifas Eléctricas**

La fijación de las tarifas eléctricas es un importante mecanismo para la formulación de la política energética del país; por ello, se ha venido trabajando en una estructura tarifaria, que envíe señales apropiadas de eficiencia económica y al mismo tiempo promueva el uso eficiente de la energía eléctrica, sin afectar a las familias de menores ingresos, que conforman los de perfiles de menor consumo.

El principal objetivo de la actual política tarifaria es recuperar la relación precio/costo a niveles que permitan el sano crecimiento de las empresas y generen los recursos suficientes para financiar los programas de inversión.

### *Estructura Tarifaria*

Las tarifas eléctricas de uso general se establecen con base en una estructura de 36 categorías de acuerdo a criterios tales como energía, demanda, tensión, temperatura, uso, tipo y garantía de servicio (ver anexo C-1).

### **Definición del Diagnostico Energético**

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten determinar un grado de eficiencia con la que se utiliza la energía, está consiste en el estudio de distintas formas y fuentes de energía, que se realizan por medio de un análisis crítico en un sistema de consumo de energía, para determinar y poder establecer un punto de partida donde se implemente y controle un programa de ahorro de energía, con lo cual se determinará donde y cómo se utiliza este tipo de energía, así también se determinara cuanta se aprovecha o cuánta es desperdiciada.

Esta es una herramienta utilizada en la evaluación del uso de la energía eléctrica; además representa una intervención temporal que lleva a conocer claramente el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los procesos que conforma la industria, como otras entidades ya sea comerciales o residenciales.

### **4.3.- ¿CÓMO REALIZAR UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO?**

Para saber la respuesta se debe de comenzar con el análisis energético, que a continuación se describe de la forma siguiente:

El diagnóstico eléctrico, es el análisis del consumo eléctrico relacionado con los niveles de producción, diseño y operación de los equipos eléctricos, a las características de los procesos y tecnologías que se utilizan, con este estudio se fijarán los objetivos y metas a seguir, en función de los potenciales de ahorro de energía descubiertos o por descubrir, para su investigación de las diversas alternativas y así lograr alcanzarlas; obteniendo las siguientes etapas, para su desarrollo:

- Organización
- Integración
- Dirección
- Control

El Ahorro de Energía no puede llevarse a cabo, si no se conoce dónde y cómo se está utilizando o aprovechando, el establecimiento de este punto de partida requiere de una inspección y de un análisis energético detallado, de los consumos si son o no excesivos y de las pérdidas de energía; a este estudio se le conoce como, al que generalmente se le llama “Diagnostico Energético”.

El diagnóstico como se definió anteriormente, es la aplicación de un conjunto de técnicas que permitan determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía eléctrica, con lo cual se obtiene un programa de ahorro de energía para especificar cuanta es aprovechada y cuánta es desperdiciada.

El diagnóstico energético también es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso de la energía, representa una intervención temporal que lleva a conocer claramente el tipo y la cantidad de energía eléctrica que se utiliza, en cada uno de los procesos que conforman la operación ya sea industrial, residencial o comercial.

El objetivo del diagnóstico energético es determinar las acciones pertinentes para abatir los costos de producción, por concepto de energía sin afectar la cantidad, ni la calidad de la producción a los usuarios.

Para poder llevar a cabo un diagnóstico energético es necesario conducir el diagnóstico desde un protocolo, es decir, una secuencia de pasos que sea capaz de llevar, el inicio del mismo hasta el final, esto sólo es posible mediante una “metodología”, la cual proporciona una secuencia de pasos a seguir, para llevar a cabo la realización o aplicación de un diagnóstico energético.

### **Mediciones dentro del Diagnostico Energético**

Para analizar y después diagnosticar, es necesario el conocimiento de los consumos de energía, un buen análisis de diagnostico eléctrico que debe de seguir un proceso y una obtención de resultados, que sirva de estímulo. Para esto, las mediciones se consideran como parte vital en el proceso del diagnóstico y en general, dentro de los trabajos de administración de la energía eléctrica.

La medición de los consumos energéticos, además de ser necesaria para los fines y objetivos que persigue una auditoria energética, es rentable y esto se refleja aún antes de analizar los resultados, y poner los medios para un mejor uso de energía eléctrica. Es preciso insistir en esta rentabilidad, pues no es raro encontrar plantas industriales, en donde no se conoce con exactitud el costo energético y que ni siquiera tienen establecido como objetivo su medición o cálculo. Aunque con frecuencia la instrumentación puede llegar a tener un costo considerable, su recuperación se puede tener al realizarse una base de datos confiable y segura.

Además los dispositivos de instrumentos que se utilicen, deben de ser confiables y seguros, estos deben de reunir con ciertas cualidades mínimas, como son precisión, sensibilidad, etc., aparte, deben que tener presente que toda medición cuenta con un rango de error, el cual es debido al dispositivo de medición y al mismo usuario o personal que lo utiliza.

### **Diagnóstico Energético.**

La metodología empleada en un estudio de ahorro de energía depende entre otras cosas, de las metas o al alcance previsto y de la experiencia de quien realice dicho procedimiento, además del trabajo de los especialistas responsables.

Tomando como un punto de lo anterior, a continuación se enlistan las actividades principales para la realización del diagnóstico energético como parte de la metodología:

- a) **Recopilación de antecedentes**
- b) **Análisis de la información y cronograma de actividades.**
- c) **Procesamiento y análisis de la información.**
- d) **Elaboración de especificaciones y volumen de proyecto.**
- e) **Levantamiento eléctrico y mediciones de campo en la red eléctrica.**
- f) **Determinación de la situación actual y existente.**
- g) **Mediciones eléctricas en las instalaciones.**
- h) **Establecimiento de una o varias alternativas.**
- i) **Determinación de las opciones para su mejora.**
- j) **Conclusiones y recomendaciones del sistema eléctrico.**

Con esta lista ahora describiré cada una de las actividades, para iniciar con nuestro diagnóstico energético y la metodología a seguir.

**a)-. Recopilación de antecedentes**

Con la recopilación de antecedentes, se entiende que debe tomarse en cuenta la historia pasada de la industria, comercio, institución o inmueble (crecimiento, misión, objetivos, actualización, etc.), ya que todo esto es relevante para el estudio y análisis que se iniciará y se llevará a cabo antes de comenzar; así se sabrá con que se cuenta realmente y ver cuales son los principales problemas que se tienen, dentro del lugar donde se realice o se lleve a cabo el diagnóstico.

**b)-. Análisis de la información y cronograma de actividades.**

Para el análisis de la información recabada anteriormente, se analiza o se identifica la forma para iniciar el estudio por medio de un diagrama de flujo, y aunado a esto se visualiza un programa de actividades a desarrollar, para llevar un adecuado control del trabajo que se estará llevando a cabo, desde el inicio hasta el final de cada una de las actividades hasta concluir con el trabajo final. (Hoja de proyectos, Project).

**c)-. Procesamiento y análisis de la información.**

En el procesamiento y análisis de la información, se verifica toda la información obtenida de los puntos anteriores, para su proceso posterior al diagnóstico y realizar como desarrollar las siguientes actividades y mediciones adecuadas.

**d).- Elaboración de especificaciones y volumen de proyecto.**

En esta actividad se elaboraran algunas especificaciones del diagnóstico que se encuentren, ya que en algunos casos el lugar o lugares que se analizan, comprenden más de una edificación, por lo que se debe de tomar en cuenta el tiempo de cada una de las actividades para determinar el volumen del proyecto que se lleve acabo para su realización.

**e).- Levantamiento eléctrico y mediciones de campo en la red eléctrica.**

Con el levantamiento eléctrico y las mediciones de campo en el sistema eléctrico del lugar, se llevará un control y una mejor base de los datos con que se cuenta actualmente, tanto para los sistemas o edificaciones que se diagnostiquen así como para las otras áreas del inmueble.

**f).- Determinación de la situación actual y existente.**

Para determinar la situación actual y existente, se procede con el análisis de la información, donde se determinara si se tiene que actualizar toda la información o alguna parte, procediendo con los datos anteriores, para realizar el diagnóstico previsto.

**g).- Mediciones eléctricas en las instalaciones.**

En la realización de pruebas eléctricas en las instalaciones, me refiero al empleo del sistema o red eléctrica del lugar, ya que se inicia con la colocación de los instrumentos de medición y se verifican los distintos comportamientos de la energía eléctrica, sin desconectar la red de los dispositivos eléctricos o equipo eléctrico de trabajo con los que se cuente, así se podrá obtener y verificar el comportamiento de la red eléctrica actual.

**h).- Establecimiento de una o varias alternativas.**

En el establecimiento de una o varias alternativas o propuestas de mejoramiento, se realizaran éstas, de acuerdo a la información y al diagnóstico que se obtenga, ya que con el se darán a conocer las mejoras dentro del establecimiento o lugar que este llevando un análisis o un diagnostico energético.

**i).- Determinación de las opciones para su mejora.**

Con la determinación de las opciones que se encuentren después de diagnosticar, se obtendrán resultados para dar propuestas, encontrando mejoras y soluciones más viables, en todo el inmueble o en alguna sección especifica o determinada.

**j).- Conclusiones y recomendaciones del sistema eléctrico.**

Al término del diagnóstico siempre se tomarán en cuenta todos los resultados, ya sean positivos o negativos, para dar las conclusiones y recomendaciones



adecuadas al sistema eléctrico con el que se trabaje, ya sea desde una simple instalación hasta una subestación o todo el conjunto que lo conforma.

Para realizar los puntos anteriores se iniciara con la información preliminar y por consecuencia, se hará el levantamiento de información del lugar como del sistema o red eléctrica posteriormente; apoyándonos en el proceso o actividad a realizar y conjugándolas con tablas, planos, gráficas etc.

Mas adelante se obtendrá la información complementaria, situación actual, localización de áreas, dimensiones, equipo (instrumentación y herramientas), recursos y equipo de seguridad con el que debe contar el personal; a continuación se verá el siguiente punto para analizar más detalladamente lo descrito y obtener el diagnostico que se pretende llevar acabo.

**Información preliminar.**

Al considerar la información preliminar o general sobre el usuario se tiene:

- Dirección.
- Nombre
- Personal
- Horarios

Para determinar los siguientes puntos con mayor facilidad, se elaboro la tabla 4.1 (F-1) y 4.2 (F-2) que proporciona la mayor información general sobre el inmueble, que se esta analizando o requiera.

**Tabla 4.1 Datos generales del inmueble.**

<b>UNAM FES Aragón CTA</b>	<b>DATOS GENERALES DEL INMUEBLE</b>		FECHA:	<b>FORMATO F-1</b>
<b>NOMBRE, DIRECCIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>				
<b>Descripción</b>			<b>Terreno</b>	
<b>Institución</b>			<b>Uso</b>	
<b>Calle y No.</b>				
<b>Colonia/Localidad</b>		<b>Ciudad</b>		
<b>Delegación/Municipio</b>		<b>Estado</b>	<b>Código Postal</b>	



Tabla 4.2 Datos generales del personal y horarios

UNAM FES Aragón CTA	DATOS GENERALES DE PERSONAL		FECHA:	FORMATO F-2
HORARIOS DE TRABAJO				
Personal	Horario de Trabajo	No. De Personas	Comentarios	
Profesores				
Trabajadores				
Administrativos				
“Estudiantes “				

### Información Complementaria.

Para una información complementaria, se consideran otros datos del lugar, destacando los siguientes:

- Ubicación geográfica (región de tarifas en México).
- Giro o actividad principal.
- Fecha de construcción, área total.
- Fecha de ejecución y descripción de trabajos por ampliaciones.
- Planos arquitectónicos.
- Diagramas unifilares de subestación (así como rangos de temperaturas exteriores e interiores de cada subestación).
- Información energética, histórica de la compañía suministradora de energía eléctrica (Región, tarifa, demanda contratada, factor de carga, cargos por energía, demanda, cargos por alumbrado público, mantenimiento, etc.).

### Determinación de la situación actual.

Se hace un análisis de la información recabada en campo (red eléctrica), con la meta de establecer las características de cada área y hacer las clasificaciones correspondientes, para los criterios del sistema eléctrico y por lo tanto de energía, todos son particulares por cada área, ya que generalmente varía la actividad desarrollada, el tipo del inmueble así como la seguridad o peligrosidad de lugar, etc. También se deben de considerar otras actividades, como la exactitud y velocidad de la tarea a realizar, además de la importancia que implica cada una de ellas.

### Localización de las áreas.

Se determina la localización exacta de las instalaciones eléctricas dentro del lugar (conjunto arquitectónico FES, cuartos de subestaciones en MT y ductos de las subestaciones en BT), recopilando y tomando las lecturas, además también se registran los dispositivos eléctricos con los que se cuenta, como son los gabinetes, transformadores, tableros de distribución e iluminación, de la carga correspondiente.





- **Gabinete:** se considera el tipo, la marca, así como la protección y el tipo de operación si es automático o manual.
- **Transformador:** se registra la marca y la designación, tipo, dimensiones, potencia, temperatura, número y ubicación etc.
- **Tableros:** se obtiene la marca, catálogo y número, circuitos que alimenta, clasificación, protección térmica, temperatura de operación, potencia de línea, condiciones de instalación, equipos conectados y sin conectar, etc.
- **Interruptores:** se considera la marca y el número de catálogo o bien el tipo de interruptor (empotrado, atornillado, abierto o cerrado, etc.), instalado, estado físico. También se debe registrar el número de interruptores termomagnéticos fuera de servicio, que se encuentran en los tableros principales o bien generales.
- **Sistema de tierras:** se verificara el sistema de pararrayos o apartarrayos de la subestación o subestaciones.
- **Plantas de emergencia:** se obtendrá la capacidad, el número de plantas que hay o se encuentran, como la distribución de las secciones que alimentan.

Aunado al levantamiento eléctrico me apoyare en la tabla 4.4 (F-4), para obtener los datos generales de los transformadores principales (tabla técnica Anexo C-2), plantas de emergencia, capacidad y demanda.

Tabla 4.4 Equipo Eléctrico

UNAM FES Aragón CTA	DATOS GENERALES DE LA FES ARAGÓN		FECHA:	FORMATO F- 4
<b>ELECTRICIDAD</b>				
<b>Tarifa</b>				
<b>Región</b>				
<b>Acometida</b>				
<b>Fases</b>				
<b>No. de Subestación Eléctrica</b>	<b>Capacidad de la(s) subestación(es) principales en KVA</b>	<b>Capacidad de la(s) planta(s) de emergencia en KW</b>		
1				
2				
3				
4				
<b>Total</b>				

También como complemento, se debe de investigar si se realiza el mantenimiento correspondiente dentro del lugar, así como de todas las áreas que comprende su sistema



eléctrico o red eléctrica, y si este se hace de forma periódica, además de hacerlo en forma grupal o individual, o si se desarrollan períodos de limpieza, dentro de las subestaciones o cualquier otra área eléctrica que se contemple (realizar entrevista al Ingeniero de mantenimiento o de infraestructura a cargo. Anexo C-3).

### **Interacción con equipo adicional.**

Para hacer el cálculo de los ahorros reales, deben considerarse los beneficios adicionales que se obtienen al realizar un estudio de ahorro de energía eléctrica.

Calcular los beneficios económicos por cada uno, es una cuestión compleja pero factible, por ejemplo, se trata de un estudio integral, para conocer los datos del equipo conectado u otro equipo adicional al sistema de la red eléctrica, como consumo de energía y horas de operación.

En la subestación principal, los transformadores requieren que su carga demandada sea más baja, lo que reducirá sus pérdidas por efecto joule, disminuyendo la necesidad de mantenimiento al trabajar más frío, lo que además incrementará la vida útil de cada uno de ellos o del equipo eléctrico en general.

Lo anterior requiere recopilar toda información necesaria, sobre la red de instalación eléctrica, y los equipos instalados para elaborar los cálculos de ahorro de energía, y así obtener los beneficios que sean necesarios y mejorar el desempeño de la subestación o subestaciones, como del todo el sistema que implica la red eléctrica del lugar.

### **Equipo y Consumo**

Se identifican todos los equipos utilizados por el usuario, y el uso tomando el tiempo y los ciclos de encendido-apagado, así como la iluminación, obteniendo propuestas para el ahorro de energía eléctrica. A través de los hábitos y horarios se calcula el factor de ocupación y el factor de utilización de la red eléctrica.

Con la información anterior y las mediciones en la subestación y los tableros seleccionados, se caracterizan todos los días, semanas y meses, para extrapolar posteriormente a base año.

### **Evaluación Técnica Económica.**

La economía de todo tipo, es una ciencia que estudia la forma en que se puedan optimizar la asignación de los recursos, con el fin de satisfacer las necesidades crecientes, y ésta no se limita a un análisis de ganancias financieras, si no que se incorpora a todos los elementos que conducen a la satisfacción de estas necesidades.

La evaluación económica y social también conocida como costo-beneficio se describe como el conjunto de herramientas que se tienen para poder analizar proyectos, con el propósito de destinar los recursos de una manera que sea más benéfica para el objetivo de un proyecto a realizar.

La evaluación económica, también estudia y mide la aportación neto de un proyecto al bienestar nacional, teniendo en cuenta el objetivo de la eficiencia con la que se elabore y desarrolle.

**La evaluación económica se determina con lo siguiente:**

- Costos de energía.
- Costos de operación.
- Mantenimiento.
- Valor del equipo instalado.
- Costo del equipo propuesto.
- Diagnostico e implementación de medidas (suministro de equipo, supervisión, instalación y monitoreo de la red eléctrica).

Recabada la información anterior, aunado con los ahorros en la facturación y los beneficios adicionales que se puedan obtener, se calcula el tiempo de recuperación, después de la inversión, tasa interna de retorno, inversión equivalente en pagos recuperables, relación beneficio-costos, y con toda la información recabada y obtenida se cierra el cuadro-resumen final.

**Recursos con los que debe contar el personal**

La realización del levantamiento de datos requiere que el personal este capacitado y además se recomienda que cuente con lo siguiente:

- 1) Responsabilidad en la operación y manejo del inmueble, como apoyo de quienes realizan estas funciones.
- 2) Acceso a la información propia del inmueble o inmuebles, como son las facturaciones eléctricas, planos arquitectónicos y diagramas unifilares.
- 3) El tiempo de trabajo dependerá del tamaño del inmueble, o complejidad del sistema, disponibilidad de la información, habilidad y tiempo (h/día) dedicado a este.
- 4) Autorización de acceso a todas las áreas, zonas de difícil acceso que se encuentran dentro del inmueble o dentro de las mismas edificaciones, así como de los cuartos de las subestaciones
- 5) Conocimientos en equipos eléctricos de subestaciones en MT y BT principalmente, motores, alumbrado, como además de instalaciones eléctricas, etc.
- 6) Una o más personas que auxilien al personal a cargo (realización de planos, levantamiento de información, conexión de equipo de medición en las subestaciones etc.), en este caso serían los ingenieros eléctricos y arquitectos, ya que son las personas que tienen los conocimientos adecuados para la realización de un buen levantamiento eléctrico, como diseño de un lugar o edificación ya sea industrial, residencial o comercial.

## Identificación de Soluciones

Las soluciones comienzan a identificarse desde que se analizan los datos, ya que reflejan la contabilidad energética. Las mediciones ponen de manifiesto los puntos donde se tiene un mal uso de la energía y detectan los equipos o sistemas que conviene examinar. Los balances revelan la deficiente utilización de la energía en los procesos y las posibilidades que existen de un mejor empleo de esta. Por otro lado la contabilidad muestra el uso global que se hace de la energía y la conveniencia, en su caso, de emprender mejoras que puedan ser mejor aprovechadas o implementadas.

Con esta información se pueden definir las medidas que se pueden hacer sin necesidad de inversiones altas, y las que requieren diferentes niveles de inversiones. El estudio técnico de las propuestas empieza con el examen de posibilidades, partiendo del estado en que se encuentra el sistema analizado, las tecnologías existentes que sean más eficientes y que se puedan utilizar como sustitución.

## 4.4 FACTURACIÓN ELÉCTRICA

### Tarifas eléctricas

Las tarifas eléctricas son los precios que se establecen para que la empresa eléctrica recupere los costos que le significan el generar, transmitir y distribuir la electricidad que llega finalmente a los usuarios. Estos costos se pueden descomponer en fijos y variables.

Los costos fijos son los que significan el amortizar las grandes inversiones en instalaciones y equipos de generación, los sistemas (torres, cables, subestaciones) de transmisión y distribución. Igualmente, pero en menor proporción, los inmuebles, vehículos y equipos que son necesarios para operar y mantener estos sistemas.

Los costos variables son, principalmente, los relacionados al costo de los combustibles para generación, al pago de la planta laboral y del conjunto de materiales y servicios que son indispensables para la operación cotidiana del sistema. En México la principal fuente primaria de energía para la generación de electricidad son los combustibles fósiles y, en particular, el combustóleo, el cual es un subproducto de la refinación del petróleo.

Las facturaciones eléctricas normalmente se basan en dos conceptos fundamentales:

- 1) El relativo a la demanda. (termino de potencia).**
- 2) El relativo al consumo de energía. (término de energía, excepto para las tarifas domesticas, de alumbrado público y bombeo).**

Conforme a las características del servicio de energía eléctrica requerido, el suministrador (CFE o LFC) otorga esta energía en:

- Baja tensión (BT)
- Mediana tensión (MT)

- Alta tensión (AT)

Las redes de distribución en baja tensión (BT), operan con los valores de suministro de 440-220/127V, y el servicio de acuerdo con la carga se podrá suministrar en 1, 2 o 3 fases. Para los suministros en media tensión (MT), se define como los que son mayores a 1 KV, pero menores o igual a 35 KV, principalmente se manejan valores de 13 KV, 23 KV y 34 KV. La alta tensión (AT), es aquella que se suministra con valores mayores a los 35 KV, los principales valores son, 66 KV, 85 KV, 115 KV y 400 KV, para este tipo de servicios el usuario tiene que instalar su propia subestación, para transformar el voltaje de utilización requerido.

Las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica están estructuradas en función del uso de está, a la tensión del suministro y a la demanda por contratar que inicialmente fije el solicitante. El monto de los costos depende del tipo de tarifa contratada, de la zona del país y en la mayoría de las tarifas industriales, considerando del horario en que ocurren. Actualmente, en la gran mayoría de las tarifas se le aplica un factor de ajuste, que refleja las variaciones de los precios de los combustibles utilizados para la generación eléctrica, así como el costo inflacionario, con la finalidad de mantenerlos actualizados.

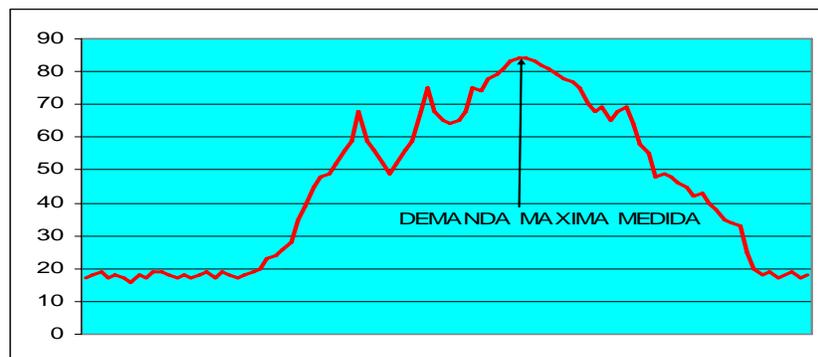
### Conceptos que Integran la Facturación Eléctrica en México.

Generalmente son tres los conceptos que se consideran para formular las facturas de consumo de energía eléctrica: la demanda máxima, la energía consumida y el factor de potencia. Se describen de la siguiente manera:

#### Cargos por demanda máxima

La demanda máxima medida en los distintos periodos se determina mensualmente, por medio de instrumentos de medición que indican la demanda media en KW, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente.

Entre mayor sea la demanda de energía en un momento dado por un periodo de 15 minutos, más alto será también el cargo por demanda. Entre más uniformemente se pueda repartir el consumo de energía eléctrica en una planta, más bajo será el cargo por demanda. Figura 4.1.



**Fig. 4.1 Demanda Máxima Medida**

### **Cargos por Energía Consumida**

Los costos de operación de la parte de la factura de consumo de energía eléctrica se basan en el número de KWh registrados en el término de cierto período. Para establecer comparaciones, tómesese en consideración este período de facturación. El número de días de trabajo y el número de días cubiertos tendrán diferencias.

Existen cuatro situaciones en las que se deben considerar las pérdidas en el transformador, estas son:

- 1) Si el usuario tiene su contratación en BT, las pérdidas en los transformadores la absorbe la compañía que suministra el servicio.
- 2) Si el usuario tiene su contratación en MT y AT, y el medidor de consumo se encuentra en el secundario del transformador, la compañía que suministra el servicio efectúa un cargo del 2 % por concepto de pérdidas en el transformador.
- 3) Si el usuario tiene su contratación en MT y AT, y el medidor de consumo se encuentra en el primario del transformador, no se realiza este cargo, ya que las pérdidas del transformador quedan incluidas en el medidor.
- 4) Si el suministrador del servicio tiene solo BT y el usuario requiere aumentar su voltaje a MT o AT mediante la instalación de un transformador, el suministrador del servicio bonifica el 2 % al usuario o se recurre a otro a otro convenio para hacerse cargo de las pérdidas del transformador.

### **Factor de Potencia**

La gran mayoría de los equipos eléctricos, motores, transformadores, hornos de inducción, lámparas fluorescentes, soldadoras, etc. consumen tanta potencia activa o de trabajo (Kilowatts), que es la potencia que el equipo la que se convierte en trabajo útil y potencia reactiva no productiva (kilo-volts-ampères reactivos), que proporciona el flujo magnético necesario para el funcionamiento del equipo, pero que no se transforma en trabajo útil.

El factor de potencia es un problema permanente y de obligada importancia para todos aquellos relacionados con el diseño, operación y mantenimiento en instalaciones eléctricas, ya que la operación de un bajo factor de potencia en una instalación eléctrica, además del impacto que puede tener en la factura eléctrica, tiene otras implicaciones de igual o mayor importancia, particularmente en relación con la capacidad de los equipos de transformación o distribución de la energía eléctrica y con el uso eficiente de las máquinas, aparatos y dispositivos que funcionan con electricidad.

Para compensar los perjuicios ocasionados a las empresas suministradoras de energía eléctrica por el bajo factor de potencia que adquieren las redes de distribución, en el ajuste y reestructuración para suministro y venta de energía, se estableció que:

El usuario procurará mantener un factor de potencia (FP) tan aproximado al 100 % (cien por ciento) como le sea posible; pero en el caso de que su factor de potencia durante cualquier

período de facturación tenga un promedio menor de 90 % (noventa por ciento) atrasado, determinado por métodos aprobados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar el monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine. En el caso de que el factor de potencia tenga un valor superior al 90 % (noventa por ciento), el suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación.

Debido a que la compañía suministradora tendrá que transmitir una corriente mayor a un sistema con bajo factor de potencia, que si hacia otro cuyo factor de potencia sea más alto, se ha introducido una cláusula al respecto para llevar a cabo la facturación. Esta cláusula ofrece una reducción en las cuotas de consumo para cargas con factor de potencia alto, o impone una multa si el factor de potencia es bajo.

Las compañías suministradoras (LFC o CFE) de energía eléctrica, penalizan a los usuarios que tienen un FP (factor de potencia) inferior al 90% y los bonifica en caso contrario, obteniendo el FP de la siguiente forma en porcentaje. Tabla. 4.5.

**Tabla. 4.5 Penalización y bonificación del Factor de Potencia**

Condición	Suministradora	Valores máximos
<b>FP&lt;0.9</b>	<b>Penalización por bajo FP</b> $Penalización (\%) = \frac{3}{5} \times \left[ \frac{0.9}{FP} - 1 \right] \times 100$	Penalización 120 %
<b>FP&gt;0.9</b>	<b>Bonificación por alto FP</b> $Bonificación (\%) = \frac{1}{4} \times \left[ 1 - \frac{0.9}{FP} \right] \times 100$	Bonificación 2.5%

Además de los conceptos que se integran en la facturación eléctrica se describe el factor de carga, como los tipos de periodos, la demanda facturable, las regiones tarifarias, y los principales cargos, que deben de complementar la facturación eléctrica.

**Factor de carga del servicio**

Esta es la relación que existe entre la carga promedio y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima, durante 24 horas diariamente, se dice que está operando al 100 % de su carga o de su factor de carga. En esa forma se logrará la tarifa más baja por kilowatt-hora.

Sin embargo el ritmo de operación de una planta decrece, los cargos por la demanda se reparten entre unos cuantos kilowatts-hora y por tal motivo estos cargos se elevan para cada kilowatt-hora.

El factor de carga se define como la relación existente entre la demanda media y la demanda máxima en un intervalo de tiempo dado y se puede calcular en base a los valores registrados en la facturación de energía eléctrica de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$FC = Dm/D_M$$

$$Dm = kWh / h$$

$$\% FC = \frac{KW-h}{h \times D_M} \times 100$$

Definiendo los siguientes conceptos como:

**FC** = Factor de carga

**Dm** = Demanda media

**D<sub>M</sub>** = Demanda máxima en el período

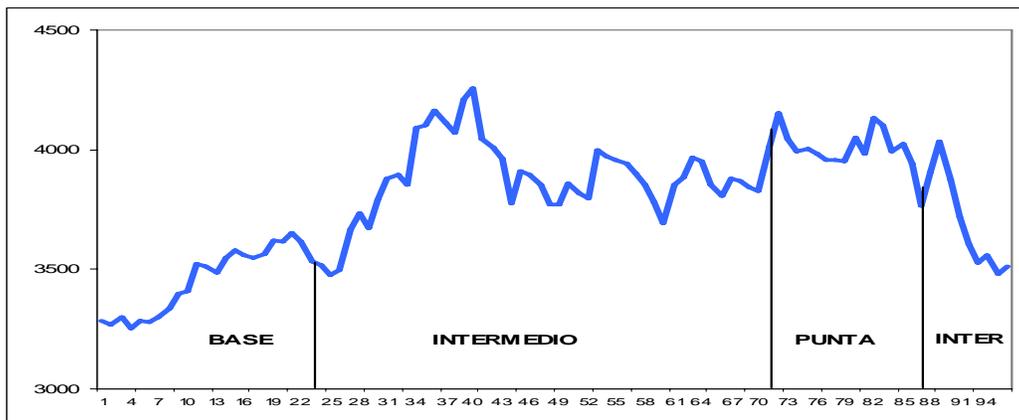
**KWh** = Energía consumida en el período

**h** = Número de horas del período

El factor de carga relaciona la energía que se utiliza durante un período de facturación con respecto a la energía que el suministrador debe proporcionar a razón de la demanda máxima medida durante ese mismo período.

**Periodos de Base, Intermedio y Punta.**

Estos períodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación en la Fig. 4.2.



**Fig. 4.2 Periodos de Punta, Intermedio y Base Demanda Máxima Medida**

Los períodos base, intermedio y punta que a continuación se describen, se han tomado de acuerdo al horario modificado, adelantando una hora más del horario normal después del 1° de Abril terminando el 31° de Octubre, y atrasando una hora después del 31 de Octubre horario normal o regional del centro del país, hasta un día anterior al 1 de Abril. (Horario de Verano en México centro del país), ver Fig. 4.3 a y b.

a)

Del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre			
Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	00:00 - 06:00	06:00 - 20:00	20:00 - 22:00
		22:00 - 24:00	
sábado	00:00 - 07:00	07:00 - 24:00	
domingo y festivo	00:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

b)

Del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril			
Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	00:00 - 06:00	06:00 - 18:00	18:00 - 22:00
		22:00 - 24:00	
sábado	00:00 - 08:00	08:00 - 19:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	00:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Fig. 4.3 Horario de verano en México base, intermedio y punta (a y b)

**Demanda Facturable**

La demanda facturable se define como se establece a continuación:

DF= es la demanda facturable

DB = es la demanda máxima medida en el período de base.

DI = es la demanda máxima medida en el período intermedio.

DP = es la demanda máxima medida en el período de punta.

DPI = es la demanda máxima medida en los períodos de punta e intermedio.

FRI y FRB son factores de reducción.

Definida por la relación de las diferentes demandas y periodos (tarifas horarias en México). Figura. 4.4.



Fig. 4.4 Regiones del sistema de tarifas en México.

**Para las tarifas:**

H-M, H-S, H-T, H-SL y H-TL en las Regiones de: Baja California Sur, Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur:

$$DF = DP + FRI \text{ máx. } (DI - DP, 0) + FRB \text{ máx. } (DB - DPI, 0)$$

**Para las tarifas:**

H-S, H-T y H-SL en la Región de Baja California:

$$DF = DP + 0.199 \times \text{máx. } (DS - DP, 0) + FRI \times \text{máx. } (DI - DPS, 0) + FRB \times \text{máx. } (DB - DPSI, 0)$$

**Principales Cargos:**

- Cargo por demanda máxima medida
- Cargo por consumo
- Bonificación por alto factor de potencia o cargo por bajo factor de potencia, según sea el caso
- Derecho de alumbrado público (DAP)
- Impuesto (IVA)

**Conceptos que integran la facturación eléctrica****1) Cargo por Consumo de Energía**

- a) Energía consumida total.
- b) Energía facturable de punta, energía facturable de base y energía facturable intermedia.
- c) Energía facturable de punta mínima, energía facturable de punta excedente y energía facturable de base.

**2) Cargo por Consumo de Demanda**

- a) Demanda máxima medida.
- b) Demanda facturable.

**3) Facturación básica****4) Cargo del 2 %, servicio en alta tensión con medidor en baja tensión (3) x 00.2****5) Facturación normal (3)+(4)****6) Cargo o bonificación por factor de potencia, (5) x %****7) Facturación neta, (5) + (8)**



- 8) **Bonificación o penalización por concepto de demanda interrumpible ( tarifa I-15 o I-30)**
- 9) **Facturación neta o penalizada (7) +(8)**
- 10) **IVA**
- 11) **Cargo por DAP, (9) x % o salarios mínimos.**
- 12) **Facturación total, (9) + (10) + (11)**

El costo de la energía y la demanda se ajusta mensualmente conforme al artículo 10-bis de las propuestas complementarias de las tarifas eléctricas, para la descripción del cobro y elementos que conforman la factura eléctrica (ver anexo C-4).

Para un mejor complemento de la metodología y evaluación económica, como además del diagnostico, se realizo de esta manera la tabla 4.6 para la obtención del análisis y evaluación económica correspondiente a seguir, del sistema eléctrico que se requiera analizar, ya que se complementa con la facturación eléctrica, por lo menos de un año para obtener su análisis y el diagnostico.

**Tabla 4.6. Datos de facturación**

<b>UNAM FES Aragón CTA</b>	<b>DATOS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA</b>				FECHA:	<b>FORMATO F - 5</b>
<b>FACTURACIÓN</b>						
<b>Inmueble:</b>						
<b>Tarifa</b>			<b>Región:</b>			
<b>Periodo</b>	<b>Consumo De energía (kWh.)</b>	<b>Demanda Máxima (kW. )</b>	<b>Demanda Facturable</b>	<b>Factor de Potencia (F. P. %)</b>	<b>Costos</b>	<b>Factura Eléctrica (\$)</b>

#### 4.5 CONOCIMIENTOS DE LAS NORMAS Y REGLAMENTOS ELÉCTRICOS

##### Normas Eléctricas y Reglamentos:

Muchas de las variaciones que ocurren en la calidad del suministro de energía eléctrica ocurren dentro de las instalaciones de los propios usuarios y están relacionadas con problemas de cableado y conexiones de equipo a tierra, por lo que es necesario hacer una revisión de los mismos. En México la NOM 1999 y actualmente la NOM 2005 es la norma



para instalaciones eléctricas que proporciona las condiciones mínimas en el cableado y la conexión de equipo, como para tierra, sin embargo cuando se trata de equipo sensible, es necesario ir más allá de los requerimientos de esta norma, para considerar los requerimientos de un sistema que también debe minimizar el impacto de los problemas como serian las armónicas, transitorios y ruido sobre el equipo conectado.

Todo tipo de instalación debe cumplir con las siguientes normas y requisitos oficiales, donde se explican los reglamentos eléctricos de instalaciones, como son las siguientes descritas en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7. Normas Eléctricas en México**

NORMA	DESCRIPCIÓN
NOM-001-SEMP-1999 y 2005(actualmente)	Norma Oficial Mexicana de instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.
NEC	Nacional Electrical Code (Código eléctrico Nacional)
SECOFI	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
ROIE	Reglamento de Obras de Instalaciones Eléctricas.
NEMA	National Electrical Manufacturers Association. (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos)
DGN	Dirección General de Normas
CFE	Comisión Federal de Electricidad
ANSI	American National Standard International
CCONNIE	Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica

**NOM**

La presente Norma Oficial Mexicana fué armonizada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas (CCNNIE) con el apoyo del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (IIUNAM) y de la Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico (ANCE), bajo la coordinación de la Dirección General de Gas L.P. y de Instalaciones Eléctricas de la Secretaría de Energía, y consultando trabajos, propuestas, comentarios y colaboraciones de las siguientes instituciones miembros del CCNNIE:

- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, CONAE
- Comisión Federal de Electricidad, CFE
- Petróleos Mexicanos, PEMEX
- Instituto Mexicano del Seguro Social, IMSS
- Luz y Fuerza del Centro, LyFC
- Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE
- Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, PAESE
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, FIDE
- Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas, AIUME
- Asociación Mexicana de Directores Responsables de Obra y Corresponsables, AMDROC
- Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones para la Construcción, AMERIC
- Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos Electricistas, AMIME
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, CMIC
- Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas, CANAME
- Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas, CIME

- Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos, CONCAMIN
- Federación de Colegios de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de la República Mexicana, FECIME

## NEMA EN MÉXICO

Los objetivos:

- El desarrollo de normas técnicas del producto y normas de instalación que aseguren que los productos hechos en México, puedan usarse seguramente por clientes en el país.
- El desarrollo de procesos de evaluación de la conformidad justos e igualitarios para todos los fabricantes.
- La inspección de todas las instalaciones eléctricas para asegurar el cumplimiento de NOM-001-SEDE-1999.

La Ley Federal de Metrología y Normalización de México define el Sistema Mexicano de Evaluación de la Conformidad, que comprende la certificación obligatoria (Normas Oficiales Mexicanas, NOM) o voluntaria (Normas Mexicanas, NMX).

En el área de productos eléctricos y electrónicos, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial **SECOFI** ahora Secretaría de Economía luego de la acreditación, pruebas y certificación a las siguientes organizaciones:

**Dirección General de Normas (DGN):** Acredita a los organismos de certificación y emite certificados de productos para las cuales no exista un organismo de certificación.

**Entidad Mexicana de Acreditación (EMA):** Evalúa y acredita Unidades de Verificación, Laboratorios de Prueba y/o calibración así como Organismos de Certificación.

**Asociación de Normalización y Certificación A.C. (ANCE):** Responsable de la emisión de normas y de la certificación de productos eléctricos, tales como electrodomésticos. Este organismo es también un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado nacionalmente.

**Normalización y Certificación Electrónica A.C. (NYCE):** Responsable del desarrollo de normas y de la certificación de productos electrónicos.

**Cámara Nacional de la Industria Electrónica, de Telecomunicaciones e Informática (CANIETI):** Responsable del desarrollo de normas y de pruebas de productos eléctricos y electrónicos.

**NEC Nacional Electrical Code**  
(Código eléctrico Nacional)

El propósito del código es “salvaguardar a las personas y propiedades que implica el uso de la electricidad “en otras palabras” es el buen funcionamiento de los sistemas eléctricos, atendiendo los criterios de seguridad a bienes y personas, sin pretender velar por la idónea operación de los equipos asociados o instalados.

## 4.6 EQUIPO DE MEDICIÓN PARA EL DIAGNOSTICO ENERGÉTICO (Medidores, medidas y lecturas)

Para obtener los datos que realmente son necesarios y de una información adecuada para la metodología, se requiere de ayuda de dispositivos que puedan ahorrarnos algunas actividades y datos, así como el no intervenir directamente con la línea o líneas de alimentación eléctricas (en el caso de una industria no detener la producción o interrumpir el servicio de la red eléctrica o de algún dispositivo y/o aparatos eléctricos).

Para ello se cuenta con el equipo de medición siguiente:

- 1) **Analizador de Redes (Calidad de Energía Eléctrica (Power Pad 3945))**
- 2) **Pirómetro de mira láser Raynger 3i**
- 3) **Terrómetro Kyoritsu**
- 4) **Multímetro de puntas**
- 5) **Multímetro de gancho**

### 1) **Analizador de Calidad de Energía Eléctrica (Power Pad 3945)**

Este analizador de redes permite analizar la señal eléctrica claramente, proporcionándonos la forma de onda, además de registrar datos de la señal eléctrica durante días, semanas e incluso hasta meses (ver anexo C-5).

Las aplicaciones que se obtienen con el Power Pad son las siguientes:

- Verificación de circuitos de distribución de energía eléctrica.
- Medición y registro de la calidad de los sistemas de potencia (KW, VA, VAR).
- Medición de Energía (KVA, VARh, KWh).
- Detección de fallas, en planta, de los paneles de distribución y maquinarias individuales.
- Monitoreo de transformadores montados en base de concreto.
- Determinación de problemas de armónicos originados en fuente o en la carga.
- Monitoreo de desbalance de fases.

Las formas de onda que presenta son Volts, Amps, Thd y factor de cresta por fase o en todas las fases, se pueden presentar diagramas de fasores en tiempo real para volts y amperes, por fase o en todas las fases.

También presenta armónicos hasta 50 th para volts, amps y VA, donde los armónicos se presentan como un porcentaje y en valor real.

### 2) **Pirómetro de mira láser Raynger 3i**

El Pirómetro óptico es un instrumento utilizado para medir la temperatura de un cuerpo, este funciona comparando el brillo de la luz emitida por la fuente de calor con la de una fuente estándar (ver anexo C-5).

El pirómetro esta diseñado para mantenimiento en instalaciones de refrigeración y calefacción, y en instalaciones eléctricas, así también en construcción de vías, edificios, como en fabricación de productos alimenticios; el medidor de temperatura sin contacto, es práctico para la medición de puntos de difícil acceso y para componentes en movimiento. La zona a medir se puede visualizar con gran precisión con la mira láser del pirómetro. De esta manera solo se medirá la zona del componente u objeto elegido (cables, interruptores, transformadores).

### **3) Terrómetro Kyoritsu**

Este equipo permite mide la resistencia a tierra que tiene el sistema eléctrico, también muestra la resistencia del terreno, además proporciona la resistencia a tierra del transformador o del sistema de pararrayos o apartarrayos (ver anexo C-5).

El terrómetro mide la resistencia a tierra en un rango de 0 hasta 2000 ohms, así como el voltaje a tierra del sistema.

La calidad de la energía depende de un sistema e instalación bien diseñada, donde se encuentran los rangos establecidos referentes a las normas eléctricas y estos no deben ser sobrepasados, así se obtiene un mejor suministro de energía y calidad de esta, como también un ahorro, tanto y de seguridad, eficiencia y vida más útil a los equipos eléctricos.

### **4) Multímetro de puntas.**

El multímetro conocido como multímetro de puntas (ver anexo C-5), permite tomar las medidas de forma instantánea o momentánea, el cual es fundamental para realizar las siguientes mediciones tales como:

Voltaje, amperaje, frecuencia, continuidad, resistencia, capacitancia.

### **5) Multímetro de gancho.**

El multímetro de gancho o también conocido como multímetro de pinzas, permite tomar valores de forma instantánea o momentánea, en un solo hilo o conductor sin necesidad de desconectar o aislar una punta, de manera que, facilita la toma de lectura o lecturas, para una mejor evaluación del equipo y su comportamiento actual, evitando así algún accidente o interviniendo directamente en la línea de alimentación eléctrica, o con algún otro dispositivo eléctrico (ver anexo C-5).

## **4.7-.PROPUESTAS DE: MANTENIMIENTO Y AHORRO DE ENERGÍA**

Para enfocarnos en las propuestas de mantenimiento, antes que nada se tiene que conocer qué es el mantenimiento y en que momento se puede aplicar en cada caso, de acuerdo a la infraestructura que se analice, ya que en la industria o comercio y en algunas instituciones como edificaciones, varía de acuerdo a las necesidades y actividades que se requieran para su medio de producción o actividad a desarrollar.

Por lo que se describe a continuación los tipos de mantenimiento para nuestro diagnostico.

### **Mantenimiento preventivo**

Se describe como el conjunto de actividades que se lleva a cabo en un equipo, instrumento o estructura con el propósito de que opere a su máxima eficiencia de trabajo, evitando que se produzca paradas forzadas o imprevistas.

Además se le conoce también como mantenimiento que se realiza de forma preestablecida con el objeto de prevenir la ocurrencia de una o varias fallas.

En la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan preestablecido y no a una demanda del operario o usuario, también se le conoce como mantenimiento preventivo.

### **Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento se basa en la predicción de la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas.

Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

### **Mantenimiento correctivo**

Este tipo de mantenimiento se basa en corregir fallas de los equipos en el momento en que estas se presenten, actuando lo más rápido posible para que la empresa no sufra daños en su producción.

Ahora conociendo los principales conceptos de mantenimiento es posible implementar un programa adecuado a las necesidades del lugar, en donde se realice el análisis y el diagnóstico eléctrico, ya que con los resultados a obtener en el proceso de la metodología se realizará y se propondrá un programa adecuado de mantenimiento, para mejorar el sistema eléctrico principalmente, además de la producción o actividades que se realizan dentro de la industria, edificio o institución en el cual se requiera implementar un mantenimiento eléctrico.

### **Ahorro de Energía**

Cuando se tiene un adecuado suministro de energía, una carga cualquiera debe de operar adecuadamente a través de su vida útil. Si existiera algún problema con la carga, ésta puede ser reparada. Sin embargo, si existe un problema con el suministro de energía, el darle servicio o reparar la carga es simplemente una solución a corto plazo. Un problema en el suministro de la energía puede resultar en daños a equipos, altos costos por paros de producción, altos riesgos de trabajo, etc.

Existen varios problemas asociados a la calidad de la energía, sin embargo, muchos de estos problemas son efectos de tres fenómenos bien definidos:

- Cambios en el Voltaje

- Armónicos
- Ruido

El ahorro de energía se basa en uso, análisis y diagnósticos de la utilización de la energía, y se aplica por medio de metodologías adecuadas, en cada área de trabajo como sería la industrial, comercial o residencial, para ello se debe tener los conocimientos adecuados de lo que produce una pobre calidad de energía eléctrica (cambios de voltaje, armónicos y ruido), lo cual para implementar el ahorro de energía, siempre se tienen varias propuestas de acuerdo a los principales problemas o fenómenos que se presentan, o también encontrar en el sistema que se esté analizando, para saber cuales son sus verdaderas causas de una pobre calidad de energía, y así comenzar para poder realizar propuestas de ahorro de energía, como mejorar el sistema o red eléctrica, dándole un mejor funcionamiento y vida útil a los equipos, como evitar cortes o interrupciones continuamente y dejar fuera de funcionamiento a equipos donde su principal fuente para desempeñar su trabajo es la energía eléctrica.

Además el ahorro de energía eléctrica no solamente se refleja en la red o en los equipos eléctricos, si no también en los costos económicos de estos, como son el consumo y la demanda de energía eléctrica, y el mejor aprovechamiento de ésta, en la cual se tiene que mejorar la administración y organización, ya sea a nivel industrial, comercial o residencial; implementando mejoras en equipo, organizando etapas de producción y trabajo, como eficientando y aprovechando la luz natural tanto como la artificial, para obtener el ahorro deseado de una mejor calidad de la energía eléctrica.



## CAPITULO V

# REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA FES ARAGÓN

(Aplicación de la Metodología Eléctrica)

### OBJETIVO:

Aplicar la metodología eléctrica a la FES Aragón, para conocer su demanda de consumo base, media y pico de energía eléctrica además de los costos que ésta genera, y actualizar el diagrama unifilar, obteniendo los resultados y recomendaciones para el uso eficiente de la energía eléctrica.





**5.1-INTRODUCCIÓN**

La facultad de Aragón ha cumplido más de 30 años de servicio, sin embargo ha tenido un crecimiento no adecuado para los servicios que presta hoy a la comunidad universitaria, ya que en la actualidad ha tenido el ámbito de implementar más sistemas de cómputo como equipo eléctrico, los cuales tienden a incrementar la capacidad de consumo de energía eléctrica y para ello no se ha contado con un programa de actualización y de ahorro de energía eléctrica, con un programa de mantenimiento, para evitar los gastos de equipo eléctrico con los que cuenta (subestaciones en mediana tensión MT y baja tensión BT), además de los consumos tan elevados como los que genera la institución; es por ello la necesidad de implementar un diagnóstico energético, además de actualizar el diagrama unifilar, para tener un mejor control de crecimiento y distribución de la energía eléctrica con la que se abastece y distribuye la Facultad, logrando dar propuestas tales como programas de ahorro de energía y mantenimiento, obteniendo una reducción en los gastos y consumos tan altos, para mantener así un mejor servicio tanto para los alumnos, maestros, trabajadores, docentes y de servicio, logrando un mejor crecimiento y desarrollo para la FES Aragón, la UNAM y el país.

**5.2 OBTENCIÓN DE DATOS DE LA FES ARAGÓN**

**Datos Generales**

La obtención de datos generales de la FES Aragón, se lograron obtener de una forma ordenada en la tabla F-1, describiendo los datos del inmueble más importantes:

<b>UNAM FES Aragón CTA</b>	<b>DATOS GENERALES DEL INMUEBLE</b>		FECHA:	<b>FORMATO F-1</b>
<b>NOMBRE, DIRECCIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>				
<b>Descripción del Proyecto</b>	Elaboración del diagnostico energético y actualización del diagrama unifilar		<b>Terreno</b>	Propio
<b>Institución</b>	Facultad de Estudios Superiores Aragón			
<b>Calle y No.</b>	Av. Rancho Seco S/N			
<b>Colonia/Localidad</b>	Impulsora	<b>Ciudad</b>	México	
<b>Delegación/Municipio</b>		<b>Estado</b>	<b>Código Postal</b>	
Nezahualcoyotl		Estado de México		57730

Teniendo los datos generales de la Facultad, se obtiene inicialmente en la tabla F-2 siguiente los datos del personal general con los que cuenta y sus horarios de trabajo, teniendo la información más completa del proyecto y adecuada para las necesidades del proyecto como a las demandas que requiere la Facultad de Aragón.

A continuación se muestra y se describe en la tabla F-2 los horarios de trabajo, donde se obtuvo un promedio de 15 horas de labores para nuestra metodología, la cual requiere un análisis general de las horas de uso promedio, para conocer el consumo eléctrico dentro de la FES Aragón.

UNAM FES Aragón CTA	DATOS GENERALES DE PERSONAL		FECHA:	FORMATO F-2
HORARIOS DE TRABAJO				
Personal	Horario de Trabajo o de labores	No. De Personas	Comentarios	
Personal Académico	7:00 AM - 22:00 PM	1,711 (2,314 antecedentes)	Comprenden horarios diversos dentro del horario de labores	
Personal Administrativo de base	6:30 AM – 14:30 PM 14:30 PM – 22:00 PM 22: PM – 6:30 AM	636	Divididos en tres turnos y con distintas actividades	
Personal Administrativo de Confianza	8: 00 AM - 21:00 PM	149	Comprenden un solo horario	
	<b>subtotal</b>	<b>2,496</b>		
Estudiantes	7:00 AM - 22:00 PM	15,379	Su labor como fin de trabajo es prepararse en carrera o área de especialización. Comprenden horarios diversos dentro del horario de labores	
	<b>Total</b>	<b>17, 875</b>		

Obteniendo los horarios de forma general, se establece en el punto siguiente la información complementaria, de la cual se obtuvo un mayor apoyo en el análisis de la facturación, y así se continuó con el diagnóstico eléctrico dentro de la Facultad de Aragón.

### Datos Complementarios

La obtención de los datos complementarios son los siguientes:

- **Ubicación geográfica (regiones del sistema de tarifas en México)**

La ubicación geográfica de la Facultad Aragón esta comprendida en la región central, que comprende el de adelantar una hora más del horario normal después del 1° de Abril terminando el 31° de Octubre; atrasando una hora después del 31 de Octubre horario normal o regional del centro del país, hasta un día anterior al 1 de Abril. (Horario de verano México)

- **Giro o actividad principal**

La actividad principal que brinda y presta la FES Aragón, es la educación superior en sus 11 carreras y áreas de formación educativa, como son sociales, físico - matemáticas, comunicación, relaciones, cómputo, artísticas, deportivas, culturales, idiomas, como además de investigación y desarrollo.

- **Fecha de construcción.**

Actualmente no se encontró con exactitud la fecha de construcción, solamente el año cuando se iniciaron las primeras obras de construcción y este fue el año de 1974, ya que la Facultad ha sido construida en varias etapas y algunas hasta la fecha sin concluir.

Realizando una investigación más profunda se encontró que la fecha de construcción de la subestación principal se realizó en agosto de 1975, la cual se tomo en cuenta, ya que además se iniciaron las primeras construcciones de dos edificios más, para aulas y salones de clase, junto con la planta baja del edificio de Gobierno. Aunado a lo anterior se investigo y se encontró en el boletín del aniversario de los 30 años de la FES Aragón que el periodo de inicio de las actividades, fue el 19 de enero de 1976.

- **Área total.**

Para el área total de la FES Aragón y los metros de construcción aproximados, como además de la superficie total del terreno se muestran en la tabla 5.1

**Tabla 5.1 Área total y metros de construcción**

	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Área Total</b>
FES	804.47	441.05	354,811.494 m <sup>2</sup>
Construcción aproximado en m <sup>2</sup>			102997.176 m <sup>2</sup>

Aunque se investigaron los datos de construcción, estos no coinciden con los datos obtenidos, por lo que se realizo una tabla de metros de construcción más detallada. (Ver anexo D-1 tabla de metros de construcción).

- **Fecha de ejecución y descripción de trabajos por ampliaciones.**

En cuanto a las fechas de ejecución y de ampliaciones de la Facultad de Aragón, la información no se obtuvo por completo; ya que en algunos oficios y planos de construcción se dan las fechas de inicio de obra y la mayoría de los edificios construidos del plantel no tienen fecha de ningún tipo. Es por ello que el periodo inicial de construcción de la Facultad comprende desde 1974, y el final de algunos edificios en su etapa de construcción es entre 1993-96. Para ello se muestra el anexo D –2 (Tabla de trabajos por ampliaciones), donde se presentan algunas de las fechas de construcción y ampliación del conjunto de la FES Aragón.

- **Planos arquitectónicos y Diagramas unifilares de subestación**

La obtención de los planos arquitectónicos y eléctricos, fueron proporcionados algunos solamente por la Dirección General de Obras (DGO), ya que en la Facultad de Aragón, dentro del departamento de infraestructura de la FES no cuentan con los planos correspondientes, y es por ello que parte de la red

eléctrica no cuenta con la actualización alguna adecuada, así que principalmente se encontraron y detectaron las primeras causas, como anomalías de la red eléctrica de las FES Aragón.

De lo anterior, los diagramas unifilares de igual forma fueron obtenidos solamente algunos por medio de la Dirección General de Obras (DGO), aunque la información recabada no coincidió con lo encontrado, así que se inicio de nuevo a recabar toda la información para actualizar el diagrama unifilar general; además de obtener los diagramas de la red eléctrica, dando seguimiento a nuestra metodología y diagnóstico eléctrico.

Los diagramas se mostrarán al final del capítulo en el anexo D-10 (Planos de diagramas unifilares y subestaciones).

- **Información sobre la compañía suministradora de energía eléctrica (Región, tarifa y demanda contratada)**

La facultad de Aragón como anteriormente se mencionó se encuentra en la región central de México y su tarifa eléctrica es de servicio industrial en HM (mediana tensión, con demanda de 100 KW o más); la compañía distribuidora es Luz y Fuerza del Centro (LFC). En cuanto a los cargos por energía, se verán mas adelante en la facturación eléctrica.

### 5.3 DETERMINACIÓN DEL ANÁLISIS DE DATOS

Contemplando la obtención de datos correspondientes, se realizó una hoja de actividades para el proyecto, las cuales se dieron a conocer cada una de ellas junto con la recolección de documentos e información hasta su término, ya que los datos obtenidos y la falta de información muestran que la prioridad es realmente conocer con cuánto equipo eléctrico cuenta la Facultad Aragón; así se obtuvo el diagrama unifilar el cual no se tenía actualizado desde la subestación principal hasta sus derivados por edificio. Además, no se encontraron indicaciones de los cuartos o cubos de subestación de cada uno de los edificios donde se distribuye la energía eléctrica en su interior.

Para ello se realizo un levantamiento eléctrico haciendo un recorrido visual, en todos los lugares donde se encuentran cada una de las subestaciones, después se realizo una investigación de la red de distribución con la que cuenta la FES Aragón, considerando el voltaje con el que se alimenta cada una de las edificaciones, alumbrado exterior, estacionamientos, etc.

Para recabar los datos, se tomó como base un cronograma de actividades (ver anexo D-3), que se realizo para aplicar la metodología, logrando obtener los datos y resultados de una manera más ordenada.

#### **Dimensiones**

En esta sección de las dimensiones de áreas, se consideró la tabla F-3 la cual se encuentra en el anexo D-4 (zonificación de áreas), donde se describe el edificio, los

niveles con que cuenta, la zona donde se ubica y la descripción de este mismo o el uso del edificio, así como la superficie de construcción aproximada.

### **Localización de las áreas que utiliza la red eléctrica.**

Para la ubicación de las áreas, se realizó un plano de vista de planta del todo el conjunto arquitectónico de la FES Aragón, indicando el lugar de las subestaciones de Mediana Tensión (MT) y Baja Tensión (BT), así como toda la distribución eléctrica de los edificios, estacionamiento, etc. además del conjunto que las forma. Ver anexo D-5 (Plano de Conjunto).

### **Volumen del proyecto.**

En la tabla 5.2 damos a conocer el volumen del proyecto, y este cuenta con lo siguiente:

**Tabla 5.2 Numero de edificios y zona**

<b>Descripción</b>	<b>No. Edificios</b>	<b>Zona</b>
Edificios de Aulas	12	Aulas de clases
Laboratorios	4	Ingenierías
Biblioteca	1 (2 etapas)	General
Centro de Computo	1 (2 secciones)	General
Gobierno	1	Administración
Mantenimiento	1	Infraestructura
Idiomas	1	Administrativo
CTA	1	Investigación y Desarrollo
Usos Múltiples	1	General
Auditorio	1	Cultural
Deportiva	1	Deportes
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>FES Aragón</b>

Con las 25 edificaciones la determinación del proyecto es bastante amplia, por lo que se tomo los datos generales de los edificios y el de las subestaciones principales de la FES Aragón.

## **5.4 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO Y MEDICIONES DE CAMPO EN LA RED ELÉCTRICA.**

- **Acometida**

La acometida de la FES Aragón cuenta con una línea de 23 KV de 3 fases, su sistema de protección es por medio de cuchillas con fusibles, la acometida se toma de la línea aérea de 23 KV y baja por un poste que llega a la línea de distribución subterránea del cuarto de medición que se encuentra dentro de la Facultad.

- **Medición**

El sistema de medición es proporcionado por la compañía suministradora Luz y Fuerza del Centro (LFC), dentro del cuarto de medición de la Facultad, se tiene un transformador de potencia -colocado por la compañía suministradora- y el medidor de lecturas de consumo es de tipo digital, donde muestra los KWh (kilo watts hora) de consumo en cada una de las fases, así como además, cuenta con un gabinete de cuchillas – fusibles para la protección de la subestación principal y la compañía suministradora en caso de alguna falla o maniobra eléctrica.(ver anexo D-11 diagrama de medición)

- **Gabinetes**

Los gabinetes con los que cuenta la Subestación Eléctrica 01 y 02 de la FES Aragón, se ubican en el edificio de mantenimiento. Dentro de la misma subestación principal se encuentra el acoplamiento del gabinete del Modulo de Extensión Cultural Universitaria (MECU) que es una derivación para la Subestación 03, el gabinete es de MT a 23 KV, además de la subestación principal se deriva otra sección más para la alimentación de Centro Tecnológico Aragón (CTA), la cual esta dentro del cuarto de la Planta de Emergencia de la subestación principal y cuenta con un gabinete seccionado, con dos alimentadores.

Los diagramas y equipos eléctricos con los que cuentan las subestaciones, se describen en el anexo D-12 (Planos Esquemáticos). En la tabla 5.3 se muestran los datos generales de cada uno de los gabinetes y su localización.

**Tabla 5.3 Descripción de gabinetes**

<b>GABINETES</b>				
<b>Gabinete</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Marca</b>	<b>Zona</b>
Sección 01	Subestación 01	23 KV	SELMEC	Edificio de Mantenimiento
Sección 02	Subestación 02	23 KV	SELMEC	Edificio de Mantenimiento
Sección 01	Subestación 03	23 KV	IGSA	Auditorio MECU
Sección 01	Subestación 04	23 KV	GEL ASTHOM	CTA

- **Transformadores**

La tabla 5.4 muestra los transformadores principales de las Subestaciones Eléctricas de la FES Aragón. Los datos técnicos de los transformadores se describen en su placa técnica que se incluyen en el anexo D-6 (Tabla técnica de transformadores).

Tabla 5.4 Transformadores principales

TRANSFORMADORES				
No. de Transformador	Capacidad	Voltaje	Ubicación	Zona
TR-01	500 KVA	23 KV/ 480-440 V	Subestación 01	Ed. De Mantenimiento
TR-02	500 KVA (antes 750KVA)	23 KV/ 480-440 V	Subestación 02	Ed. De Mantenimiento
TR-03	500 KVA	23 KV/ 240-220/127	Subestación 03	Auditorio MECU
TR-04	300 KVA	23 KV/ 240-220/127	Subestación 04	CTA

- **Tableros**

Los tableros generales de distribución se muestran en la tabla 5.5, de cada una de las Subestaciones Principales; Todos cuentan con características diferentes ya que la FES Aragón como se determinó desde sus inicios se ha construido en distintas etapas, por lo tanto solo se describirán las secciones generales de los tableros para alimentación y distribución de la energía eléctrica.

Tabla 5.5 Tableros Generales

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN				
No de Tablero	Tipo de Tablero	Amperes	Volts	Marca
TP-01	Distribución	1200	4840 - 440 V	SELMEC
TP-02	Distribución	1200	480 - 440 V	LORISSA
TP-03	Distribución	1440	240-220/127V	FEDERAL PACIFIC
TP-04	Distribución	1000	240-220/127V	SQUARE'D

- **Interruptores**

Para los interruptores se dará de forma general sus datos y capacidades en la tabla 5.6.

Tabla 5.6 Interruptores

INTERRUPTORES PRINCIPALES				
No de Interruptor	Tipo de Tablero	Amperes	Volts	Marca
IP-01	Distribución	1600-1600	480-440 V	FEDERAL PACIFIC
IP-02	Distribución	1600-1200	480-440 V	FEDERAL PACIFIC
IP-03	Distribución	1600-1440	480-440/240 V	FEDERAL PACIFIC
IP-04	Distribución	1000	240/220 V	SQUARE'D

Todos estos interruptores son de tipo atornillable y se encuentra cada uno en su tablero principal en su respectiva Subestación. Para los datos técnicos de los interruptores se muestran el anexo D-7.

En los interruptores termomagnéticos que se encuentran en los tableros de distribución se describe la capacidad y edificio o zona que alimentan, estos se anexan junto con cada unas de las subestaciones y diagramas unifilares descritos en el anexo D-10 y D-12 al final del capítulo.

- **Plantas de emergencia**

En la tabla F-4 se muestra el número de plantas de emergencia con las que cuenta así como la capacidad de cada una de ellas.

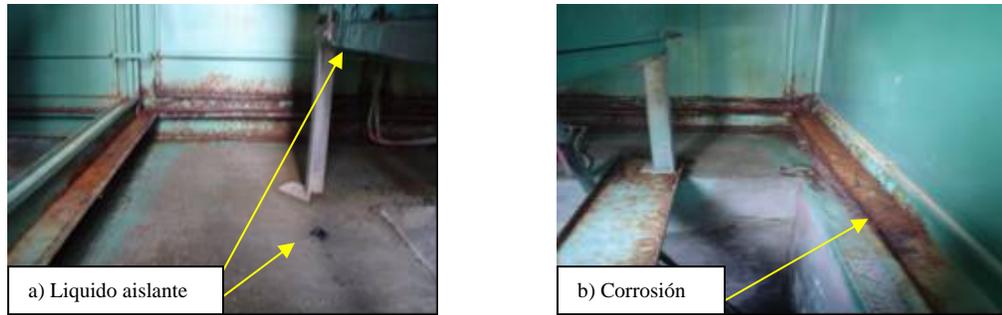
<b>UNAM FES Aragón CTA</b>	<b>DATOS GENERALES DE LA FES ARAGÓN</b>	FECHA:	<b>FORMATO F- 4</b>
<b>ELECTRICIDAD</b>			
<b>Tarifa</b>	HM		
<b>Región</b>	CENTRAL		
<b>Acometida</b>	23 KV		
<b>Fases</b>	3 F		
<b>No. de Subestación Eléctrica</b>	<b>Capacidad de la(s) subestación(es) principales en KVA</b>	<b>Capacidad de la(s) planta(s) de emergencia en KW</b>	
1	500 KVA	660 KW	
2	500 KVA (ANTES 750 KVA)	***	
3	500 KVA	410 KW	
4	300 KVA	289 KW	
<b>Total</b>	<b>1800 KVA</b>	<b>1359 KW</b>	

\*\*\*Nota: La planta de emergencia para la subestación 02 es alimentada con la planta de emergencia de la subestación 01, la cual no alimenta eléctricamente a todas las áreas o secciones correspondientes a esta subestación.

### 5.5 DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y EXISTENTE

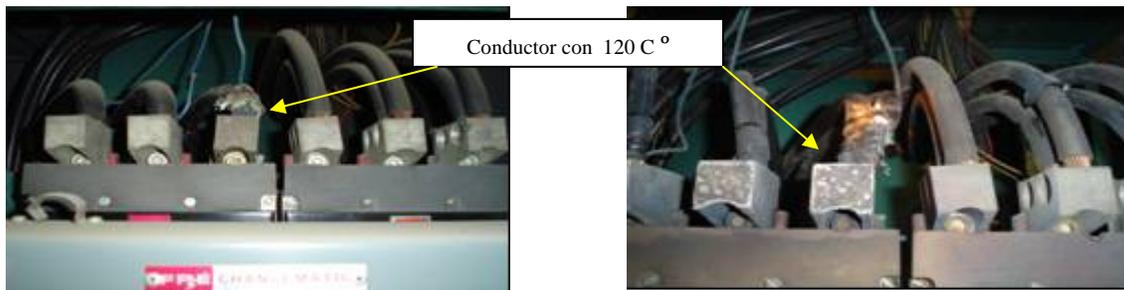
Obteniendo los datos ya mencionados se muestran las condiciones actuales de cada una de las Subestaciones Principales, donde se encontró parte de la red y del equipo eléctrico afectado, además también se han incrementado los consumos de energía de la misma Facultad.

En el cuarto de medición se encontró con hundimiento, humedad, suciedad; además de que el transformador de potencia tiene escurrimientos del líquido aislante, aunado a la corrosión del gabinete de recepción. (Ver figura 5.1).



**Fig.5.1 a) Líquido aislante y b) Corrosión**

En la Subestación Eléctrica SB-E01 y SB-E02 que se ubican en el edificio de mantenimiento, se encontraron calentamientos en el tablero principal y en el de transferencia, en varios conductores se encontraron temperaturas mayores de 120 ° C de igual forma en los mismos interruptores, dando aviso a las autoridades de infraestructura de la FES Aragón para que lo resolvieran a la brevedad posible, y no ocasionar una interrupción o un accidente en el lugar. (Ver figura 5.2)



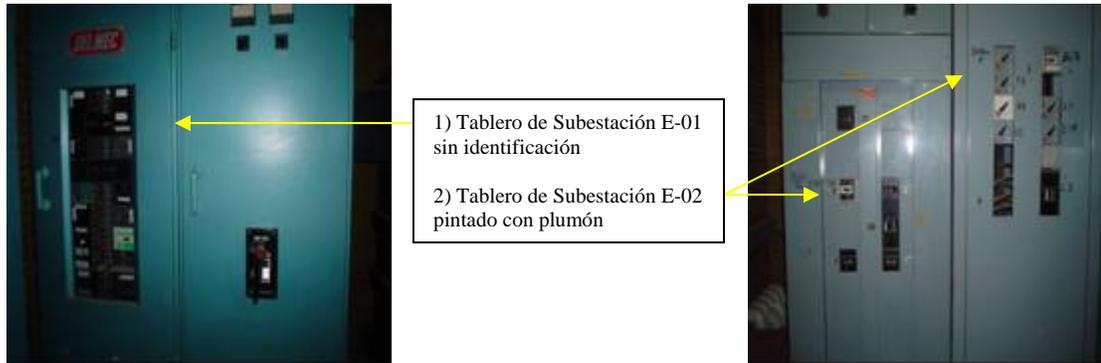
**Fig.5.2 Conductores con más de 120 ° C**

En el pasillo de la entrada a la subestación, se encuentra ocupado por material sanitario y material eléctrico, lo cual la norma oficial mexicana (NOM) en su artículo 450 de transformadores y bóvedas, como el artículo 924 de subestaciones, nos indica que las subestaciones deben de estar limpias de cualquier tipo de material o basura y no ser usadas como bodegas, ya que puede suscitar una maniobra de reparación de emergencia, y este tipo de material obstruye el acceso al lugar donde se encuentran las dos principales Subestaciones de la FES Aragón. (Ver figura 5.3)



**Fig.5.3 Sanitarios, lámparas, tubos, cables telefónicos, pacas de estopa**

Otro de los problemas que se suscitan dentro de los tableros generales de distribución, es la falta de identificación de interruptores, ya que no se sabe con precisión cual es el interruptor de cada uno de los edificios correspondientes, y lo que se detecto además es que los trabajadores solamente pintan con pluma la puerta del tablero para identificarlos, en dado caso de una falla. (Ver figura 5.4 tableros sin identificación alguna)



**Fig.5.4 Tableros de la subestación sin identificación**

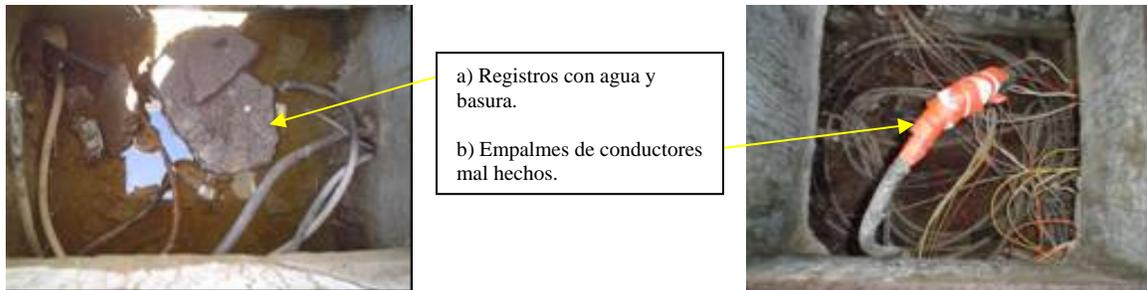
De lo anterior se solicitó apoyo a infraestructura de la FES Aragón para identificar cada uno de los interruptores, lo cual fué proporcionado de manera incompleta, sin embargo se continuo haciendo el levantamiento eléctrico debido dentro de cada una de las subestaciones, dando pie al diagnostico y diagrama unifilar realizado.

En el transformador T-01 se encontró con bastante suciedad y polvo, en la parte inferior sobre el suelo hay aceite aislante (dieléctrico) el cual puede causar un accidente, en el transformador T-02 de 500 KVA (antes 750 KVA), se encuentra prácticamente estable aun que se detecto con temperaturas mayores de 50 ° C, se encontró además que el acoplamiento está hecho solamente de cartón, ya que anteriormente este transformador dejo de operar por una falla eléctrica en época de lluvias y después de ella (transformador de 750 KVA), a pesar de que fue sustituido por el transformador actual no cuenta con el acoplamiento debido, y los conductores del lado secundario del transformador están sin protección alguna (NOM articulo 450). (Ver figura 5.5)



**Fig.5.5 Transformadores principales en condiciones no adecuadas**

Otra parte fundamental son los registros de distribución eléctrica con los que cuenta, ya que se encontraron llenos de agua, basura y sin tapas como además sin identificar, aun que actualmente están pintados de un color rojo que no nos indica el voltaje de operación como además al edificio que alimenta eléctricamente, todo esto contribuye a las interrupciones de energía eléctrica, como a la degradación del aislante del conductor (Artículos de alimentadores 225 y líneas subterráneas 923 de la NOM). (Ver figura 5.6 a). Dentro de los registros, también se localizaron acoplamientos de cable de distribución (440 y 220 volts) mal empalmados, con silicón o cinta de aislar solamente. (Ver figura 5.6 b)



**Fig.5.6 a) Registros inundados y b) empalmes de conductores mal realizados**

En la mismas subestaciones se encontró además equipo que ya no funciona, un ejemplo es el banco de capacitores de la SBE-02 y en las otras subestaciones hay interruptores que no tienen función alguna a pesar de estar conectados, también se encuentran cables sin conectar ya sea de algún tablero o equipo que dejo de funcionar. (Ver figura 5.7)



**Fig.5.7 Equipo eléctrico descompuesto**

## 5.6 MEDICIONES ELÉCTRICAS EN LAS INSTALACIONES

Dentro de las instalaciones se colocó un analizador de redes (equipo de medición AEMC power pad 3945), el cual se proporcionó de manera accesible para obtener datos del comportamiento de cada una de las subestaciones, donde se hace mención de cada una a continuación.

- En la subestación eléctrica 01 (SUB-E01), se ha encontrado estable en la frecuencia y con algunas variaciones en el voltaje, se encontró un exceso de corriente en una de sus fases, como además de que se ha encontrado transitorios

en esta subestación, los cuales provienen de alguna maniobra en la red eléctrica de la FES Aragón o de algún equipo que se esté conectando, esto afecta su alimentación de esta subestación aunque sea por algunos lapsos de segundo, sin embargo también cuenta con presencia de armónicos, los cuales tienden a ser producidos por la misma carga que puede exceder el transformador o también por maquinas rotatorias (cuarto de bombas), y en el mayor de los casos por lámparas fluorescentes, ya que la facultad cuenta con casi el 70 % del sistema de iluminación.

- La subestación eléctrica 02 (SUB-E02), se ha encontrado con caídas en la frecuencia de casi un 50 % por debajo de su frecuencia nominal, al igual que el voltaje se ha encontró con caídas de tensión, reduciendo el voltaje de 440 volts a 281 volts; en el caso de la corriente se encuentra con algún exceso en una de sus fases, también se ha localizado con la detección de 16 transitorios en el lapso de una semana por lo que al mes serian aproximadamente 64 transitorios, este tipo de disturbio se tiene de igual forma en la SUB-E01, lo cual también afecta a toda la red eléctrica que este alimentado con una mala o deficiente energía eléctrica.
- La subestación eléctrica 03 (SUB-E03), se ha encontrado de manera estable y en buen funcionamiento, la frecuencia y el voltaje se encuentran dentro de los rangos establecidos, la corriente excede solamente de igual forma en una de sus fases, además se ha registrado con aproximadamente 96 transitorios en un mes, como además se registran armónicos con un mayor porcentaje, lo cual hacen que la red eléctrica tenga deficiencias eléctricas y los dispositivos como equipo eléctrico tengan una vida útil más corta.
- En la subestación eléctrica 04 (SUB-04), se encontró con una caídas de frecuencia hasta 35 Hz y de voltaje hasta 129 volts por debajo del voltaje nominal de línea a línea que es de 220 volts, en la corriente aunque se encuentra más equilibrada o estable, se encuentra una corriente en el neutro de aproximadamente 40 amperes, además un numero mayor de armónicos en cada una de sus fases las cuales afectan el equipo eléctrico como la red en general.(Esta subestación no cuenta con banco de capacitores o filtro de armónicos).

Todas las mediciones encontradas se muestran en el anexo D-8, las cuales fueron obtenidas por el analizador de redes, mostrando el comportamiento real de cada una de las subestación principales para nuestra metodología y análisis.

### **Medición de tierras**

Las mediciones fueron efectuadas en el cable a tierra o electrodo de las subestaciones eléctricas principales con un terrómetro (Kyoritsu 4105), de la Facultad de Aragón, proporcionando los siguientes resultados mostrados en la tabla 5.7.

Tabla 5.7 Medición de tierras

Medición	SUB-E01	SUB-E02	SUB-E03	SUB-E04
Ohms de resistencia	6	7	6	5
Voltaje	8	8	4	3

De lo anterior, estas mediciones no rebasan los límites de la Norma Oficial Mexicana (NOM), relativa a instalaciones eléctricas (capítulo 250), la cual recomienda una resistencia a tierra nominal de 10 ohms-m, además se hace mención que en el suelo de la FES Aragón se encuentra con salitre o salinidad como también humedad, por lo que contribuye a mejorar la resistencia del lugar, aunque los equipos eléctricos de los edificios no cuenten con una instalación de tierra física en las subestaciones de baja tensión.

### 5.7 EVALUACIÓN DE VIABILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA

En el punto siguiente me apoyo en la página web de luz y fuerza del Centro (LFC) donde se muestra en la tabla 5.8 de los costos de energía actual, la cual es útil para obtener los costos de energía base, media e intermedia de la Facultad de Aragón y ver el periodo correspondiente de cada mes, aun que este varia mes tras mes de acuerdo a la demanda que requiere el país, ya que el costo de la energía esta situada en la región centro de México en donde se muestra el costo por KWh.

Tabla 5.8 Costos de energía de la región central del 2007

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
C x Dem Fact	127.34	122.98	122.68	122.85								
C x kWh Punta	2.4062	2.3239	2.3183	2.3215								
C x kWh Intermedio	0.7696	0.7433	0.7415	0.7425								
C x kWh Base	0.6430	0.6210	0.6195	0.6204								

#### Costos de energía.

En éste caso se aplica la obtención de los consumos y costos de energía eléctrica de la manera siguiente. Para el proyecto se verificara la tarifa en la que está contratada la Facultad de Aragón, donde se describe en el formato F-4 que indica la tarifa y la región que a continuación se muestra:

H-M Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 KW o más.

Esta tarifa esta aplicada a la FES Aragón, la cual cumple con las siguientes cuotas mensuales que están definidas por Luz y Fuerza del Centro (LFC), de acuerdo a la tarifa y la región. Se aplican los cargos por la demanda facturable a la tarifa HM, por la energía de punta, la energía intermedia y por la energía de base. Seleccionando la región que corresponde a la Facultad Aragón.

La Demanda Contratada la fija el usuario y su valor no será menor del 60 % (sesenta por ciento) de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts. En el caso de que el 60 % de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90 % (noventa por ciento). Para los efectos de la aplicación de la tarifa HM, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos (horario de verano en México).

La Demanda Facturable se define como se establece a continuación, que se describió en el capítulo IV:

$$DF = DP + FRI * \text{máx.} (DI-DP,O) + FRB * \text{máx.} (DB-DPI,O)$$

Donde:

DP es la Demanda Máxima Medida en el Período de Punta.

DI es la Demanda Máxima Medida en el Período Intermedio.

DB es la Demanda Máxima Medida en el Período en el Periodo de Base.

DI es la Demanda Máxima Medida en los Períodos de Punta e Intermedio.

FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaría tabla 5.9.

**Tabla 5.9 Factores de reducción**

Región	Factores de Reducción	
	FRI	FRB
Central	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

En las fórmulas que definen las Demandas Facturables, el símbolo "máx." significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Las Demandas Máximas Medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el período correspondiente.

Además para cualquier fracción de kilowatt de Demanda Facturable se tomará como kilowatt completo, y cuando el usuario se mantenga durante 12 meses consecutivos los

valores de DP, DI y DB inferiores a 100 kilowatts, se podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa O-M.

Para el proyecto se incluyo un ejemplo del período del 2006 el cual se aplica de la manera anterior, aun que tanto los costos como la demanda facturable son diferentes al año correspondiente, lo cual se manejan de la misma forma.

Para iniciar se tomarán los valores de la factura que corresponden al periodo del 1 de septiembre al 4 de octubre del 2006. (Ver anexo D-9 tabla de facturación 2004 - 2006). Se toman los datos de consumo de la factura de energía base, intermedia y pico en (KWh) antes mencionada, así como los de la demanda máxima base, intermedia y punta en (KW), para obtener el costo de la demanda máxima.

Considerando los datos correspondientes vistos en la factura, se sabe que la demanda máxima de punta es de 656 KW y se aplicara la fórmula para obtener la demanda facturable de este período, y saber el costo real de la factura a pagar, y tenemos que:

Descripción	DP	DI	DB	DPI
Lecturas	656 kW	692 kW	298 kW	698 kW

FRI y FRB son los factores de reducción, que tendrán los siguientes valores de la región central:

Región	FRI	FRB
Central	0.300	0.150

Sustituimos los valores y se obtuvo lo siguiente para la demanda facturable:

$$DF = 656 + 0.300 (\text{máx. } (692 - 656)) + 0.50 (\text{máx. } (298 - 656))$$

$$DF = 656 + 10.8 + 0$$

$$DF = 666.8$$

Se muestra que la demanda facturable toma el valor de **666.8** en fracción, la cual tiene que ser tomada como kilowatt completo y se tiene que la demanda facturable **DF = 667**, lo que corresponde a la factura de este período, ahora se vera los consumos en la tabla 5.10 que corresponde al mes de septiembre del 2006.

**Tabla 5.10 Consumo, cuotas y cobros aplicables a la tarifa HM del 2006 de la FES Aragón.**

Descripción	Consumo	Mes de Septiembre	Sub-Total
Energía Base	52 kWh	0.6683	\$ 34,751.6
Energía Intermedia	172 kWh	0.8000	\$ 137,600
Energía en Punta	20 kWh	2.5009	\$ 50,018
Demanda Facturable	667 kW	132.36	\$ 88,284.12
		<b>subtotal</b>	<b>\$ 310,653.72</b>

Después de la demanda facturable se obtuvo el factor de potencia que es **FP = 98119** indicado en la factura, el cual tiene un valor mayor de 90 %, y la compañía suministradora tiene que cumplir con una bonificación la cual se logra obtener de la tabla 5.11.

**Tabla 5.11 Penalización y bonificación**

Condición	Suministradora	Valores máximos
<b>FP&lt;0.9</b>	<b>Penalización por bajo FP</b> $Penalización (\%) = \frac{3}{5} \times \left[ \frac{0.9}{FP} - 1 \right] \times 100$	Penalización 120 %
<b>FP&gt;0.9</b>	<b>Bonificación por alto FP</b> $Bonificación (\%) = \frac{1}{4} \times \left[ 1 - \frac{0.9}{FP} \right] \times 100$	Bonificación 2.5%

Nuestra bonificación que se obtuvo es del **2.07 %**, aplicando la fórmula anterior de la tabla 5.11, y de nuestro factor de potencia medido representado en la factura eléctrica.

Después de que se tiene el **2.07 %** de bonificación, convertido en valor económico nos da una cantidad de **\$ 6,430.53**, y esta cantidad se restará con el subtotal de la factura que es de **\$ 310, 653.72** y la diferencia nos da, de **\$ 304, 223.18**, además también se obtiene el IVA de esta cantidad, la cual da un total de **\$ 45, 633.47**, con este resultado se obtiene la cantidad a pagar final, que es de **\$ 349, 856. 47**, sin embargo la factura indica otra cantidad que es de **\$ 359,235.00**. (Ver anexo D-9 tabla de facturación)

En nuestra factura estos datos varían demasiado ya que en el factor de demanda y el costo, no muestra la cantidad que se encuentra en el recibo de la factura, por lo que también es importante saber cuánto se paga y de qué manera se cobra, ya que puede suscitarse un ejemplo como éste, donde se pagan sin saber lo que se está cobrando y no se verifica el costo real del consumo eléctrico y pago de la factura eléctrica de la FES Aragón.

### **Valor y costo del equipo actual y propuesto, para mejorar el sistema eléctrico de la FES Aragón**

Se sabe de antemano que invertir en equipo nuevo implica un gran gasto, sin embargo siempre hay que tener presente en pensar en corto, mediano y largo plazo para saber de que manera también se puede recuperar la inversión. Sin embargo para el proyecto se requiere más que una inversión, ya que no solamente es cambiar y proponer equipo nuevo, si no mejorar el mantenimiento dentro de las instalaciones, por que como se ha visto en la Facultad Aragón, se ha cambiado equipo eléctrico nuevo y sin embargo su vida útil y funcionamiento no es la misma, ya que no se cuenta con el mantenimiento adecuado a estos equipos eléctricos y por consecuencia tendrán una vida más corta, sin embargo los mantenimientos propuestos deben ser planteados a las necesidades que se requieran en cada uno de los edificios correspondiente hasta la subestación principal.

Como anteriormente se mencionó que la Facultad cuenta con casi el 70 % de iluminación y uno de sus casos es reducir el consumo eléctrico, y dar propuestas eléctricas como son las siguientes:

- Una de ellas es mejorar el sistema de iluminación general de la FES Aragón, la cual sería la sustitución de balastos electromagnéticos a balastos electrónicos de encendido rápido con la sustitución de lámparas T12 a lámparas eficientes T8, con esta propuesta o medida se puede obtener una reducción en el consumo eléctrico del **10 %** al **20 %** en iluminación, lo que se obtendría una reducción en el costo de facturación y demanda facturable.
- Otra propuesta es hacer un programa de mantenimiento en cuestiones de iluminación (correctivo-preventivo), lo cual ayudaría principalmente a aumentar los niveles de iluminación, donde se haría el cambio oportuno de luminarias ayudando a mantener los niveles de iluminación adecuados, como además de un programa de encendido y apagado de pasillos, aulas u oficinas, aprovechando de manera más eficiente la luz natural y que a su vez se más útil, trayendo beneficios y cumpliendo las necesidades que requiere la comunidad universitaria como el plantel en general.

Un cambio en el sistema de iluminación, puede dar como beneficio un ahorro en el pago de la factura eléctrica, como además una mejor iluminación con una mayor emisión de flujo luminoso, mejorando el índice de reflexión cromática (IRC) y también evitando el efecto estroboscópico que causa una fatiga visual, siendo una forma muy significativa para mejorar el área de estudio o de trabajo visual de todos los usuarios de la Facultad, y evitando además con el transcurso del tiempo problemas como la pérdida de la vista u otras deficiencias visuales.

Para las propuestas mostramos el costo de las lámparas actuales y el de las lámparas eficientes y tenemos lo siguiente:

#### **Costos de lámparas fluorescentes y proyectores actuales dentro de la FES Aragón.**

<b>No. Equipos</b>	<b>Lámpara o proyector</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo total</b>
10,368	T12 1 X 40 watts	\$ 32.00	\$ 331,776.00
5, 184	Balastro electrónico 2 X40 watts	\$ 72.00	\$ 373,248.00
96	Vapor de sodio 250 watts	\$ 950.00	\$ 91,200.00
		<b>Total</b>	<b>\$ 796,224.00</b>

#### **Costos de lámparas fluorescentes y proyectores propuestos.**

<b>No. Equipos</b>	<b>Lámpara o proyector</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo total</b>
10,368	T8 eficientes 1 X 32 watts	\$ 20.00	\$ 207,360.00
2,592	Balastro electrónico 4 X 32 watts	\$ 200.00	\$ 518,400.00
96	Aditivos Metálicos 250 watts	\$ 1,200.00	\$ 115,200.00
		<b>Total</b>	<b>\$ 840,960.00</b>

<b>Costo del equipo actual</b>	<b>Costo del equipo propuesto</b>	<b>Diferencia</b>
<b>\$ 796,224.00</b>	<b>\$ 840,960.00</b>	<b>\$ 44,736.00</b>

Con el equipo anterior propuesto se observa que nuestra diferencia es de \$ **44,736.00**, equivalente a un 18 % más de la inversión anterior o actual.

Con la obtención de la factura eléctrica se obtiene que también hay una diferencia del costo facturado con el costo calculado que es de \$ 9, 379.00, por lo que si se diera esta situación de ahorro en el año obtendríamos la cantidad de \$112,548.00; ésta cantidad sería anual y se obtendría una recuperación en menos de un año, sin embargo el propósito es reducir el costo de la factura eléctrica y obtener un ahorro haciendo la inversión propuesta en el caso del sistema de iluminación.

Las lámparas que se proponen para sustituir son T8 eficientes de 32 watts entonces se tiene una diferencia de 8 watts con respecto a las actuales que son T12 de 40 watts, estas lámparas operan en un promedio de 8 horas al día aproximadamente, por lo que se obtiene de una lámpara es un promedio de 64 watts-h, calculando los días de la semana será de 320 watts-h, así se muestra la tabla siguiente donde se obtuvo los kilo-watts hora al año.

No. de Lámparas	Watts-h mes	kW-h al año
10,368	1,280	119, 439.36

Ahora que se tiene el ahorro de consumo de un mes en energía y se obtuvo el de un año promedio (9 meses efectivos), para mostrar el ahorro que se puede obtener sustituyendo parte del sistema de iluminación.

De la tabla anterior se obtuvo 119, 439.36 kW-h al año de ahorro y además se obtiene un promedio del precio del kilowatt hora que es de 0.67, para obtener el valor y la cantidad en pesos, el cual fue de \$ 80,024.37 pesos de ahorro, y el promedio de recuperación es de menor de un año, contando la vida útil de las lámparas que son de 66 meses (5.5 años).

De acuerdo a la tabla anterior, el costo actual de las lámparas T12 y del costo de las lámparas T8 de alta eficiencia podemos saber que la inversión que se requiere es viable para el proyecto.

Primeramente se toma la inversión 0 que es  $A = I_0$  la cual muestra la inversión inicial de las lámparas T12, sin embargo tenemos una segunda inversión que es  $B = I_{ef}$ , que nos muestra la inversión de las lámparas T8 de alta eficiencia, donde el monto de la inversión se muestra en B si se cambiarían las lámparas T12 por las T8 de alta eficiencia, es así como tenemos dos tipos de inversión al igual que la diferencia como anteriormente se mostró, el número de años de vida de las lámparas esta representado en  $N = \text{años}$ , esto se mostrara de manera siguiente:

$$A = I_0 = \$ 796, 224.00 / 1 \text{ año}$$

$$B = I_{ef} = \$ 840, 960.00 / 1 \text{ año}$$

$$N = 5.5 \text{ años}$$

Además se toma en cuenta un promedio del costo de la energía al año, y que anteriormente se dio para sacar el total de ahorro en pesos, ya que el porcentaje que se encontró fue de 8 watts de cada lámpara y en total de ahorro es del 20 % en energía eléctrica la cual se obtuvo un promedio de \$ 80, 024 .37 pesos de ahorro de energía en un año, que se tomara como un promedio simple de recuperación (PSR).

Para obtener el periodo de recuperación (PR) tenemos la siguiente formula:

$$PR = \frac{I_{ef} - I_o}{PSR}$$

De lo anterior se obtuvo los valores correspondientes de cada una de las inversiones lo cual sustituimos en la formula de PR para mostrar el tiempo de recuperación del proyecto con la inversión de sustitución de las lámparas de alta eficiencia

$$PR = \frac{\$ 44, 736}{\$ 80, 024}$$

$$PR = 0.56 \text{ años}$$

Con este periodo de recuperación simple se obtuvo el promedio de recuperación de la inversión propuesta, y se encontro que la inversión propuesta se recupera en menos de seis meses, teniendo además un mejoramiento en el sistema eléctrico y un ahorro en el sistema de iluminación.

**Transformadores en MT y BT**

Para el caso de los transformadores implementando el ahorro de iluminación se encontró lo siguiente, ya que los costos en equipo son mucho mayores en el caso de las subestaciones principales.

**Costos de Transformadores:**

23 KV	300 KVA	500 KVA	750 KVA
220 /127 V	\$ 283,261	\$ 312,015	\$ 366,355
440/254 V	\$ 339,911	\$ 374,418	\$ 439,626

Todos estos precios anteriores son sin IVA, en el caso de la sustitución de equipo eléctrico de las subestaciones principales, son para realizar un mejoramiento de sustitución de equipo.

Se toma el ahorro sobre el caso de la iluminación, donde el ahorro que se obtuvo se puede usar para sustituir equipo eléctrico que esté operando deficientemente, como son en este caso los transformadores de mediana tensión (MT) o baja tensión (BT), lo cual el costo de recuperación sería de 3 a 6.5 años, de los \$ 80,024.37 pesos que se obtuvieron por medio de ahorro en la iluminación de la anterior propuesta, y el promedio de vida de un transformador es de 20 a 35 años, con un buen mantenimiento, sin embargo el ahorro

proporcionado con la iluminación se podría además pagar el mantenimiento de forma general, el cual beneficiaría al equipo eléctrico teniendo más tiempo de vida útil.

Para el caso de los transformadores de baja tensión (BT) como son en los edificios de aulas y oficinas, los transformadores de tipo seco de capacidades diferentes como son de 45 KVA, 75 KVA, 112.5 KVA se pueden sustituir con un programa de acuerdo a su vida útil, ya que los costos son menores para este tipo de transformadores enfriados solamente por aire (AA), además requieren de un mantenimiento mínimo, y sin embargo los que están dentro de los cubos de los edificios de la FES Aragón no se les a dado el mantenimiento adecuado y sus cuartos o bóvedas los utilizan como bodegas para limpieza, además se ha encontrado que algunos transformadores tienen más de 30 años de operación, pero a pesar de esto su funcionamiento ya no es el adecuado en algunos casos, ya que tienen caídas de tensión constantemente provocando fallas, disparo en los interruptores, sobrecalentamiento en conductores y desbalanceo en las fases de los tableros, así como sobrecarga de equipo electrónico.

Para la sustitución del equipo como transformadores en su caso se muestran algunos precios de transformadores con operación normal y los llamados tipo K que protegen equipos electrónicos de las corrientes y tensiones armónicas generadas por cargas de tipo no lineal, mejorando la operación del transformador para cada uno de los edificios.

**Costos de Transformadores de operación normal enfriados por aire (AA) tipo seco en Baja Tensión (BT).**

Operación 440 V	45 KVA	75 KVA	112.5 KVA
220 /127 V	\$ 12,101.25	\$ 15, 219.75	\$ 20,375.35

**Costos de Transformadores de tipo K enfriados por aire (AA) en Baja Tensión (K-BT).**

Operación 440 V	45 KVA	75 KVA	112.5 KVA
220 /127 V	\$ 16,941.75	\$ 21,307.65	\$ 28,525.49

Se encontró que invirtiendo en el ahorro de la sustitución de equipo de iluminación se puede obtener equipo eléctrico, como transformadores de forma gradual e irlos sustituyendo poco a poco para ir mejorando cada parte de la red eléctrica con la que cuenta la FES Aragón, ya que los tiempos de recuperación son en este caso anuales, y cada año se podría invertir en equipo como transformadores de tipo normal o con factor K, para no tener problemas de fallas en la red eléctrica, ni intervenciones de mantenimiento correctivo.

De lo anterior se obtuvieron algunos costos a de transformadores y lámparas fluorescentes, con lo que se da algunos costos de recuperación si se invierte en el mejoramiento de la red eléctrica y del consumo eléctrico. En uno de estos casos sería la iluminación, ya que con los ahorros dentro de la factura se podría invertir en el mejoramiento de la red eléctrica y recuperar en un tiempo ya sea a corto, mediano y largo plazo la inversión propuesta, y obtener benéficos que se puedan generar dentro de

la Facultad de Aragón y al mismo tiempo seguir teniendo ahorros de consumo por el hecho de ir sustituyendo el equipo adecuado, en este caso comenzando con el sistema de iluminación, de igual manera hacer un programa para toda la facultad sobre ahorro y uso eficiente de energía.

### **Mantenimiento.**

Para el mantenimiento en la subestaciones, los costos varían demasiado, ya que hay mantenimientos superficiales o completos, además se incrementa el costo dependiendo de la carga a la que trabajen.

Ya se ha mencionado que los costos aproximados tiende a ser de \$ 15,000 hasta \$ 200,000 pesos, y que en nuestro país hay distintas empresas que se dedican a dar este servicio ofreciendo revisiones periódicas o dando recomendaciones después del servicio, obviamente los mantenimientos deben de estar programados para no interrumpir ninguna actividad importante, solamente en el caso necesario como en una falla del sistema eléctrico o equipo.

En la Facultad de Aragón se han hecho y se ha encontrado un solo un tipo de mantenimiento y este es de tipo correctivo, de manera que cuando hay una falla en la red o equipo, el departamento de infraestructura llama de inmediato a la empresa correspondiente para hacer las correcciones que se suscitaron en el momento, ya que el departamento de infraestructura de la FES Aragón no cuenta con el personal calificado en mantenimiento, para las áreas como son las subestaciones principales.

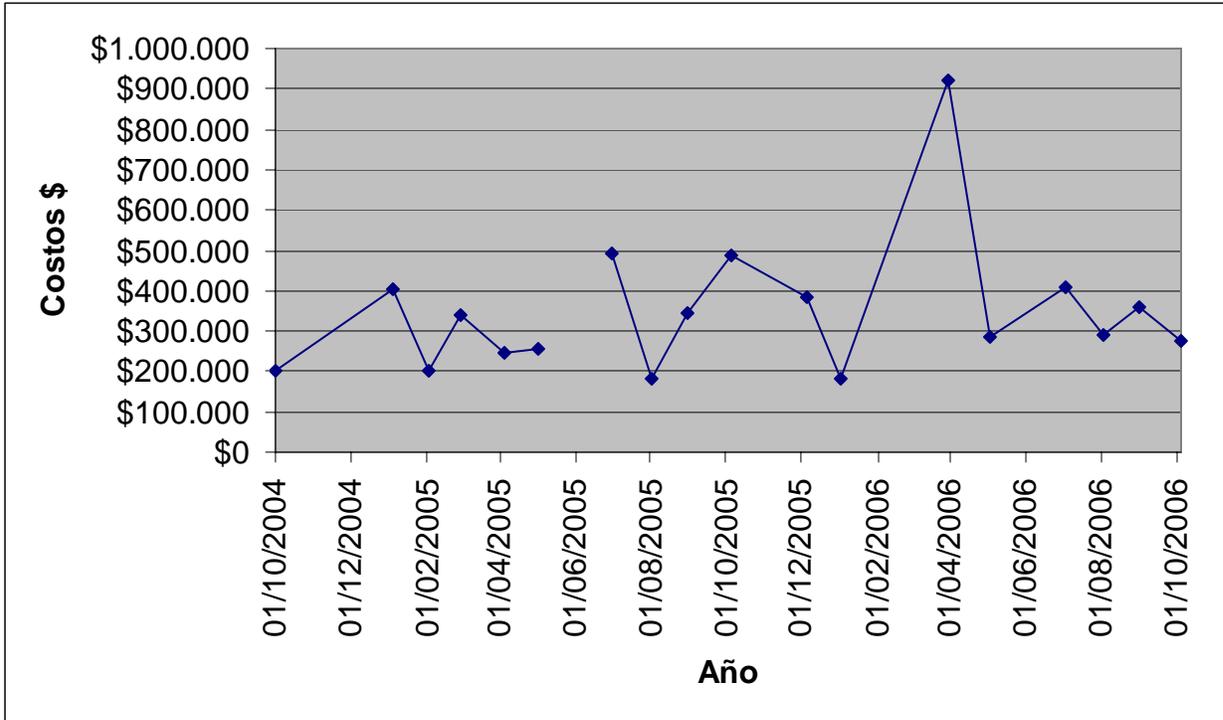
De lo anterior se investigaron los últimos mantenimientos en la FES Aragón de forma general, el primero se realizo el 21 de octubre del 2003 que fue solamente una termografía para corregir los puntos calientes, esto indica el desbalance que hay en la red eléctrica, y a pesar de cambiar tableros o centros de carga aún se encuentran desbalances, lo cual se incrementa la carga en una de las fases teniendo como resultado el calentamiento de conductores. Otro de los mantenimientos correctivos se suscito en el mes de Noviembre y Diciembre del 2006, ya que anteriormente en época de lluvias se quemó un transformador de 750 KVA (Subestación eléctrica 02), las causas fueron principalmente la falta de mantenimiento en los ductos subterráneos, inundación en la subestación principal y falla en las protecciones de Mediana Tensión, para ello se llamo directamente a LFC para corregir el problema de manera inmediata, por lo que la facultad dejo de operar continuamente por más de 3 días, requiriendo después el servicio de otra empresa para reparar el transformador de 500 KVA (subestación eléctrica 01), aunque este ultimo servicio fué programado, su mantenimiento fue de forma correctiva y no predictiva, ya que este transformador sufrió daños internos y mecánicos donde físicamente no eran visibles y esto se suscito por las fallas antes mencionadas.

### **Facturación Eléctrica**

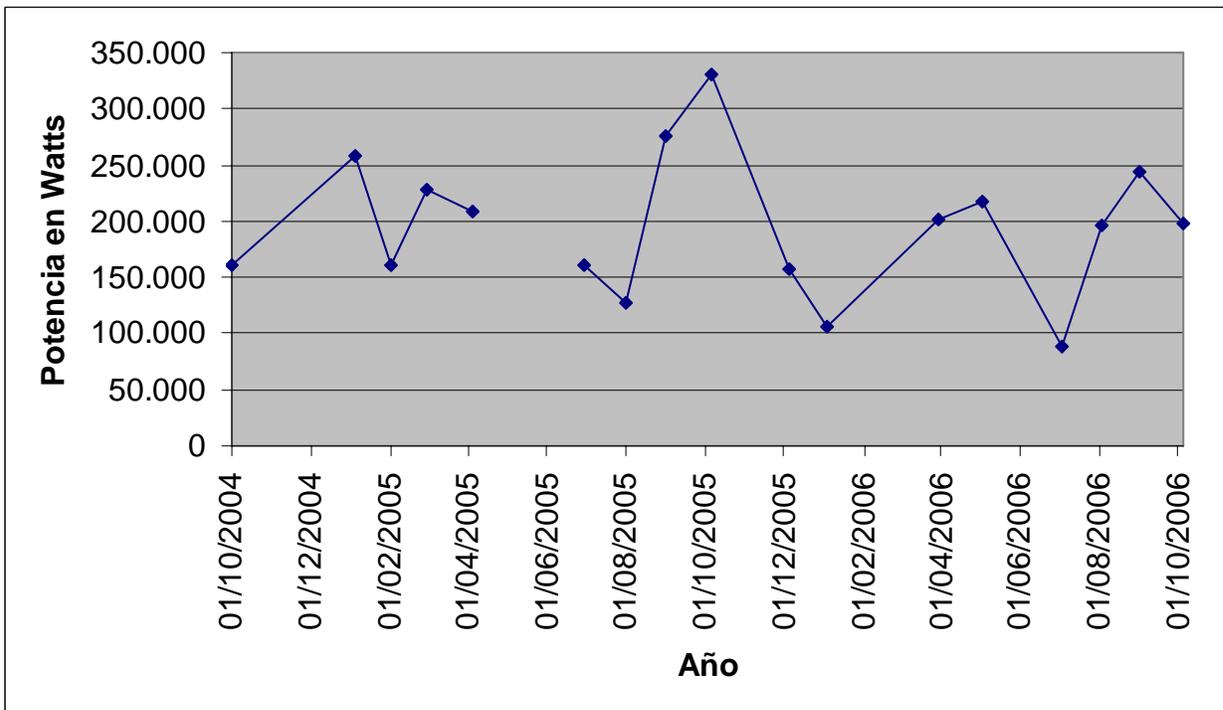
Como anteriormente se mostró los costos por energía y la facturación del periodo de un mes, ahora se muestran los consumos de los últimos tres años dentro de la Facultad Aragón, mostrando la variación del costos y consumos que tiene la Facultad, además de la carga, la cual se dará en la tabla F-5 donde se muestra de forma ordenada el período

hasta el importe total a pagar, obteniendo todos estos datos se realizaron las graficas 5.1 y 5.2 de tiempo-costos y tiempo-demanda, mostrando los picos de consumo y costos que se desean reducir, todo esto implementando o realizando las propuestas anteriores y lograr obtener ahorros como beneficios en toda la red eléctrica e implementar un programa sobre el uso eficiente de la energía (cultura energética) dentro de la Facultad de Aragón.

UNAM FES Aragón CTA		DATOS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA			FECHA:	FORMATO F - 5	
FACTURACIÓN							
Inmueble:		FES ARAGÓN					
Tarifa		HM		Región:	CENTRAL		
Periodo		Consumo De energía (kWh.)	Demanda Máxima (kW. )	Demanda Facturable	Factor de Potencia (F. P. %)	Costos	Factura Eléctrica (\$)
01-Oct-04	01-Nov-04	160,000	536	536	95,100	57,371	\$200,201
03-Ene-05	01-Feb-05	257,400	684	684	95,823	71,695	\$403,588
01-Feb-05	28-Feb-05	160,000	536	536	95,100	55,908	\$200,125
28-Feb-05	04-Abr-05	228,000	744	744	95,596	90,076	\$337,666
04-Abr-05	02-May-05	208,000	692	693	95,833	67,715	\$248,677
02-May-05	01-Jun-05			27	96,518	2,776	\$255,094
01-Jun-05	30-Jun-05						
30-Jun-05	01-Ago-05	160,000	536	536	95,100	60,807	\$490,752
01-Ago-05	31-Ago-05	128,000	628	632	94,262	68,568	\$180,464
31-Ago-05	05-Oct-05	276,000	680	697	96,762	91,345	\$344,597
05-Oct-05	31-Oct-05	330,000	708	722	98,687	69,063	\$489,177
05-Dic-05	02-Ene-06	158,000	769	769	90,801	85,511	\$384,309
02-Ene-06	31-Ene-06	106,000	672	672		77,738	\$182,615
30-Mar-06	02-May-06	202,000	646	646	92,974	83,840	\$920,809
02-May-06	01-Jun-06	218,000	634	640	95,464	74,928	\$287,399
03-Jul-06	02-Ago-06	88,000	360	360	94,651	45,656	\$407,925
02-Ago-06	01-Sep-06	196,000	674	674	97,980	87,015	\$288,517
01-Sep-06	04-Oct-06	244,000	656	667	98,119	96,726	\$359,235
04-Oct-06	04-Nov-06	198,000	634	657	99,494	72,891	\$274,095
						<b>Total</b>	<b>\$6,255,245</b>



Grafica 5.1 Costo-Tiempo



Grafica 5.2 Energía (Potencia en Watts) -Tiempo



La FES Aragón a tenido cambios muy frecuentes en equipo eléctrico y con lo anterior se observaron los costos por energía y de consumo eléctrico de manera elevada en algunos casos y en otros muy bajos, por lo que primeramente se ve que en los períodos vacacionales y de inter-semestrales el consumo tiende a bajar, sin embargo la iluminación exterior tiene un margen de consumo continuo y éste es en las noches donde se prende los reflectores de cada edificio para alumbrar pasillos y jardines, es por ello que a pesar de que no hay actividades en la Facultad esta sigue mostrando consumos de energía eléctrica, aunado todo esto a los costos e incrementos en los pagos de las facturas por adeudos anteriores o facturas vencidas, lo cual son gastos que se podrían evitar, llevando un control adecuado o implementado la metodología antes citada, para reducir los consumos de energía eléctrica.

Uno de los casos de las facturas que comprende el período de marzo-mayo donde el incremento del cobro fué de casi tres veces más, por el hecho de adeudos, sin embargo esto no debería de suceder, en esta parte se puede mejorar supervisando y registrando el día de la lectura, para su pronto pago de la fecha de vencimiento y revisar que los consumos y cobros sean los correctos en la factura para no gastar más de lo debido, y así obtener beneficios y ahorros dentro de la factura eléctrica que paga la Facultad.

También se muestra un ejemplo si se reduce el consumo de energía, la demanda máxima y la demanda facturable a un a un 15 %, quitando los picos de mayor consumo eléctrico, donde tomaré el ejemplo de la factura que comprende el periodo de septiembre octubre del 2006.

Periodo		Consumo De energía (KWh.)	Demanda Máxima (KW.)	Demanda Facturable	Factor de Potencia (F. P. %)	Costos	Factura Eléctrica (\$)
01-Sep-06	04-Oct-06	244,000	656	667	98,119	96,726	\$359,235

Se muestran cada uno de los conceptos de consumos y cobros que integra la facturación, y se reducen el consumo de energía y la demanda facturable a un 15 %, obteniendo así, lo siguiente:

Descripción	Costos del mes De Septiembre del 2006	Consumo reduciendo el 15 % (KWH)	Total \$
Energía Base	0.6683	44,2000	\$ 29,539
Energía Intermedia	0.8000	146,200	\$ 116,960
Energía Punta	2.5009	17,000	\$ 42,515
Demanda Facturable	132.36	567	\$ 75,048
		<b>Sub -total</b>	<b>\$ 264,062</b>
		<b>IVA</b>	<b>\$ 39,609</b>
		<b>Total</b>	<b>\$ 303,671</b>

El ahorro que se obtuvo es muy considerable, ya que el resultado se aproxima más a cobros de facturas anteriores, donde el consumo tiene un período más constante mes con mes, sin embargo la diferencia es de \$ 55,564 pesos del cobro del periodo de septiembre con la reducción de un 15 %, así también, la grafica tendrá una secuencia más relativa sin picos tan altos, reduciendo los consumos y costos por energía, beneficiando principalmente a la FES Aragón y la UNAM en sus presupuestos para la infraestructura.

## **5.8 ESTABLECIMIENTO DE UNA O VARIAS ALTERNATIVAS**

Una de las alternativas primordiales en las instalaciones eléctricas es contemplar las normas eléctricas (NOM, NEC, IIIE etc.), ya que con ellas se pueden realizar las instalaciones de manera más adecuada para la red eléctrica y evitar problemas como disparos en interruptores, sobrecalentamiento en los conductores, fallas de equipo eléctrico, quema de equipo electrónico, computo, iluminación etc.

Las alternativas que se suscitan pueden ser varias, ya que la red eléctrica de la Facultad de Aragón ha crecido sin un control adecuado, y es por eso que principalmente se debe de saber con qué cuenta (diagrama unifilar), para poder establecer o implementar poco a poco un sistema eléctrico adecuado y atender los principales problemas o anomalías que anteriormente se han mencionado.

Nuestro objetivo principal como se mencionó en el inicio es contar con el diagrama unifilar ya obtenido de la FES Aragón, como además los costos y consumos que esta genera mes con mes, todo esto fue para realizar las evaluaciones técnicas y económicas anteriores, que nos permitieron dar las principales propuestas de mejora de la red eléctrica.

## **5.9 DETERMINACIÓN DE OPCIONES PARA SU MEJORA**

Antes de dar algunas opciones es preciso hablar un poco del sistema de la red eléctrica de la FES Aragón, ya que ésta Facultad desde sus inicios a tenido el problema continuo de interrupciones eléctricas, lo cual también afecta parte de la red eléctrica, aunado a esto otro de sus problemas son los periodos de cambio de dirección e infraestructura, donde no se atiende primordialmente los cambios y las actualizaciones de planos como de proyectos por ampliaciones futuras y construcciones nuevas, de manera que no se lleva un control adecuado por parte de las autoridades correspondientes, ya que el crecimiento en un sistema implica gastos, como también una mayor demanda de consumo eléctrico y de igual forma genera mayores costos en la factura eléctrica.

A continuación daré algunas opciones y propuestas para su mejora con respecto a una integración general, la cual puede irse haciendo de forma periódica y en base a una lista de prioridades respectivamente. Mencionaré las principales opciones y propuestas de acuerdo al diagnostico y metodología realizada en la FES Aragón:

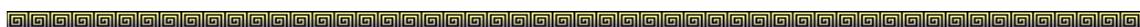
- 1. Realizar los mantenimientos predictivos y preventivos en las subestaciones generales (Subestaciones de mediana tensión MT).**



2. Realizar los mantenimientos predictivos y preventivos en la subestaciones derivadas de Baja Tensión (BT), en cada uno de los edificios que cuenten con una subestación de distribución.
3. Realizar los mantenimientos adecuados de limpieza en los registros de alimentación y distribución de la red eléctrica, como identificarlos por el voltaje que manejan, ya que toda la red es subterránea y el voltaje es de mediana tensión (MT) y baja tensión (BT), como son los siguientes de 23 KV, 440 V y 220 V.
4. Realizar los mantenimientos predictivos y preventivos en los transformadores de baja tensión (BT), ya que algunos tienen más de 30 años de servicio, los cuales a pesar de que siguen funcionando, su tiempo de vida como operación ya no es el adecuado en las edificaciones, además se han encontrado sobrecalentamientos en los conductores y en los interruptores que se encuentran en los tableros de distribución de cada edificio, donde comúnmente tienen interrupciones constantemente debido que los transformadores ya no operan debidamente y a la carga que se ha incrementado en los edificios, además de los desbalanceos en los tableros y centros de carga con los que cuentan.
5. Realizar los diagramas unifilares correspondientes por edificio, para obtener la carga real instalada, como demandada y verificar los dispositivos de protección con los que cuenta, obteniendo el buen funcionamiento del transformador y que este sea el adecuado, realizando los balanceos correspondientes en sus tableros y centros de carga, como verificar que funcionen los demás dispositivos de cada uno de los edificios.
6. Realizar un programa de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, por etapas, las cuales se cumplan y se verifiquen para la FES Aragón.
7. Realizar un programa de uso eficiente y ahorro de energía, abarcando a toda la comunidad universitaria como son: los estudiantes, profesores, administrativos técnicos y trabajadores dentro de la Facultad de Aragón, para hacer buen uso de la energía eléctrica y reducir los costos y consumos que genera la FES Aragón.

## 5.10 RECOMENDACIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO

La red eléctrica de la FES Aragón se determinó que es de tipo radial expandido (ver anexo D- 10), con 4 subestaciones principales para toda la Facultad, dando por hecho de que una falla eléctrica en el principal punto de distribución la red de estas subestaciones dejan de operar hasta que se restablezca su fuente principal, por lo que se recomienda que nuestro sistema debe y puede estar integrado de otra manera, ya que la NOM solamente permite una sola acometida por predio, sin embargo también se puede hacer otros tipos de conexión y excepciones, pero al hacerlas la Facultad debe contar con el diagrama unifilar principal más actualizado y con toda la carga real que tiene instalada.



Uno de sus casos, es que la subestación eléctrica 04 ubicada en el Centro Tecnológico Aragón (CTA), donde se encontró que tiene una distancia mayor de 200 mts desde la acometida que la alimenta hasta la recepción con el transformador, sin embargo la línea de 23 KV esta a menos de 20 mts por la parte posterior de esta subestación, también se recomienda hacer una buena planeación de la red eléctrica, ya que se encuentran casos como este, donde se podrían evitar más gastos de lo necesario y obteniendo una buena calidad de energía eléctrica.

Con metodología se establece que una red eléctrica requiere de buen funcionamiento y actualización continua, para no tener las consecuencias graves de una interrupción que pueda tener efectos secundarios, y además se muestra que se requiere de un programa de mantenimiento y de una implementación sobre el de ahorro de energía, adecuado a las diferentes necesidades que requiere el plantel, sin embargo analizando los costos de energía junto la con facturación eléctrica se determina de una manera más adecuada que se pueden obtener equipos eléctricos y ahorros de energía, invirtiendo y mejorando en el sistema eléctrico (iluminación), además de reducir costos por energía eléctrica.

### **5.11 JUSTIFICACIÓN DE VIABILIDAD DEL PROYECTO**

Aplicar la propuesta de la metodología eléctrica, se justifica que se puede obtener más que un ahorro de inversión, sino también un ahorro de consumo y de energía utilizada, la cual también beneficia al medio ambiente, como además evita la quema de combustible para generar más energía eléctrica, en nuestro caso. La propuesta de la metodología nos muestra que es factible en cuestión de aplicarla, ya que los ahorros obtenidos son de las tres partes generales integradas, una es la inversión propuesta que se puede hacer implementando solamente el cambio de luminarias, donde el ahorro que se obtiene es de aproximadamente al año es de 119, 439.36 kW-h, esto generado económicamente en pesos es de \$ 80, 024.37 anuales.

De lo anterior se puede sumar este monto a la otra parte, que se obtiene reduciendo los picos de consumo y demanda mostrado en las factura, esto se logra por medio de una propuesta de mejoramiento de la red eléctrica, la cual se obtiene realizando los balances en cada una de subestaciones de baja tensión (BT) y mediana tensión (MT), logrando que la red eléctrica opere adecuadamente sin tener excesos de carga sobre una de sus fases, y evitando que en la medición se tome el valor más alto en horas de mayor demanda, mostrando un ejemplo de este tipo dentro de la FES Aragón se obtuvieron valores en cada una de las fases desbalanceadas el día 3 de febrero del 2007 como son los siguientes: A = 2,453 kWh, B = 6,669 kWh, y C = 1,402 kWh, lo cual nos da un promedio del 70 % de desbalance general, el propósito de la metodología es reducir y equilibrar la carga aun 15 % de lo que nos indica la factura, y se obtuvo un monto de aproximadamente de \$ 55,564 pesos, que se obtendrían y ahorraría en un mes aproximadamente.

La tercera parte es la implementación de la cultura energética a la comunidad de la FES Aragón, la cual se puede hacer de la manera más fácil, que es simplemente aprovechando de manera más eficiente la energía eléctrica, y esto es apagando las lámparas, como equipo que no se utilice en los lugares de trabajo así como en pasillos u

oficinas que no requieren de iluminación artificial sino de aprovechar más la luz natural, de acuerdo a los horarios de trabajo y evitando además que se encienda todo el sistema de iluminación en horas pico, generando el consumo innecesario de la energía eléctrica, para ello se tiene que realizar un plan de trabajo junto con las autoridades del plantel para llevarlo a cabo, sin embargo con esta propuesta se puede obtener desde un 5 % hasta el 10 % de ahorro de energía dentro de la Facultad, que podría ser de una cantidad aproximada de \$ 17, 492.82 en el periodo de un mes.

Se puede decir que conjuntando las propuestas se pueden obtener ahorros aproximados en un año, y esto nos daría un monto de \$ 737,528 pesos al año, que equivale a un 20 % de ahorro anual del promedio de las facturas de un año de la FES Aragón.

Todo lo anterior se obtuvo siguiendo un plan de trabajo o programa (metodología) que me llevo a obtener propuestas de mejoramiento de la red eléctrica y de todo el conjunto que la integra, para beneficiar a la comunidad universitaria, al medio ambiente y por supuesto a nuestro país.



## CONCLUSIONES

La FES Aragón cuenta con una infraestructura bastante amplia, sin embargo el crecimiento que demanda día con día la educación junto con equipos eléctricos-electrónicos, ha rebasado su estructura en el sistema de la red eléctrica y esto se debe principalmente a que no se lleva un control adecuado de la actualización de la red eléctrica, sin embargo los problemas de cortes de energía, quema de equipo, falla en las líneas de alimentación a los edificios, costos y consumos de energía tan elevados, no solamente se deben a quien esta cargo de la infraestructura de la red eléctrica, si no a toda la población en general de la Facultad, ya que el no contar con una cultura sobre el ahorro de energía además del el uso de ésta, implica grandes inversiones y gastos innecesarios, que no solamente le cuestan a la Facultad o la Universidad si no a toda la comunidad universitaria y al el país en general.

Sin embargo de lo obtenido en el proyecto se ha dado a conocer algunas soluciones que son viables, además de propuestas de ahorro y de uso eficiente, todo esto con finalidad de beneficiar principalmente a la red eléctrica con la que cuenta la FES Aragón, y evitar problemas a futuro en su sistema eléctrico, como accidentes al personal que labora en estas áreas de trabajo.

Es así que todo esto se obtuvo involucrando un conjunto de análisis, diagnósticos, técnicas y metodologías sobre la calidad de la energía, logrando obtener más que un resultado en cuestiones de ahorro de energía, si no también verificar el estado actual en el que se encuentra la red eléctrica y sus anomalías dentro de la Facultad, con lo que podemos llegar a la conclusión de que es una prioridad atender y dar el mantenimiento adecuado de cada una de las subestaciones con las que cuenta, ya que no se sabe en que momento alguna de ellas pueda suscitarse alguna falla, ocasionando perdidas materiales o humanas en un caso más grave, además de invertir en reparaciones innecesarias y costosas que nunca se planearon o se previnieron para evitarlas, ocasionando interrupciones de labores y de trabajo, ya sea docentes o administrativas, es por ello que se requiere trabajar de manera conjunta e inmediata junto con infraestructura de la FES Aragón y con las autoridades correspondientes, para desarrollar un proyecto que renueve por etapas la red eléctrica e implementar la metodología propuesta para obtener beneficios económicos, materiales, humanos y ambientales.

Podemos además concluir que con la metodología se recabo de manera ordenada todos los datos e información sobre el sistema eléctrico, ya que si no se tomaba en cuenta una guía o proceso de las actividades a seguir, la información puede ser muy extensa, es así que con ello se definió los datos principales para obtener el diagrama unifilar, el cual habla mucho de la Facultad ya que anteriormente no se contaba con ningún diagrama actualizado para que posteriormente se puedan realizar pruebas de sobreprotecciones y verificar su capacidad de los conductores como de su carga en general por cada edificio, ayudando a mantener de manera correcta las instalaciones como además teniendo una mejor calidad de energía eléctrica.



## CONCLUSIONES

Otra parte del sistema eléctrico de la FES Aragón es su análisis y obtención de la tarifa eléctrica con la que fue contratada, ya que es importante tener en cuenta los costos de cada mes y verificar las mediciones correspondientes de la factura, teniendo en cuenta que hay que eliminar los picos de consumo en las horas de mayor demanda, es así como se llega a la conclusión de que se puede obtener una disminución de consumo de energía y ahorro en los costos de la factura dentro de la Facultad, por eso es importante llevar a cabo la metodología junto con un programa de ahorro de energía que se pueda llevar a aplicar, logrando así cada uno de los propósitos antes mencionados, logrando que la comunidad de Aragón tenga un beneficio de demanda y consumo, evitando gastos y pagos innecesarios.

Se determinó además que la red eléctrica de la FES Aragón es de tipo radial expandido, con 4 subestaciones principales y 21 derivadas para toda la facultad, dando por hecho de que una falla eléctrica en el principal punto de la red, todas estas subestaciones dejan de operar hasta que se restablezca la red principal o en su caso entrara la planta de emergencia, pero como se sabe y se ha encontrado que no toda la red está conectada, y la carga es demasiada para una sola planta de emergencia principal; por lo que concluimos que nuestro sistema no puede estar integrado de otra manera ya que las normas eléctricas solamente permiten una acometida por predio, sin embargo se pueden hacer excepciones por parte de la compañía suministradora, pero al hacerlas la facultad debe contar con el diagrama unifilar principal actualizado, así como contar con toda la carga actual e instalada para hacer los cambios adecuados a las necesidades de la Facultad.

Con lo anterior no descartamos que también se pueden implementar energías alternas (energía fotovoltaica o eólicas), para sustituir parte de las actuales, disminuyendo parte del consumo actual y mejorando nuestro medio ambiente, y beneficiar no solamente a la comunidad de la Facultad sino a toda la infraestructura y entorno en el cual se labora día con día en la Facultad de Aragón.

Sabemos que la energía es la fuente principal para el desarrollo social, económico y tecnológico que requiere el país, sin embargo la generación, transformación y distribución de la energía eléctrica requiere de inversiones muy altas y equipos muy costosos para llegar a nuestros hogares o lugares de trabajo, es por ello que se debe de dar la importancia que requiere como su buen uso y aprovechamiento, ya que en nuestro caso para el crecimiento de nuestra Facultad se propone llevar a cabo todo un planteamiento y una estructura sobre la cultura de ahorro de energía e implementación de propuestas para generar ahorros por medio de sustitución de equipos, así como de energías alternas, dando pie al crecimiento y desarrollo de la infraestructura de la FES Aragón, además de todos sus campos y áreas de conocimiento, llevando y logrando así un beneficio integral junto con las autoridades del plantel y la comunidad universitaria, obteniendo un bien común para nuestro país y la UNAM.

# BIBLIOGRAFÍA

## Libros

No	Título	Autor	Capítulo
1-	Transformadores de Distribución	Pedro Avelino Pérez	Capitulo I Teoría.
2-	Fundamentos de Instalaciones Eléctricas	Gilberto Enríquez Harper	Capitulo I Subestaciones
3-	Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño	Neugu Bratu Serban	Capitulo II Elementos que constituyen una instalación eléctrica
4-	Sistema de protecciones	Gilberto Enríquez Harper	Capitulo I
5-	Elementos de diseño de Subestaciones Eléctrica	Gilberto Enríquez Harper	Capítulos I, VII y IX
6-	El ABC de las instalaciones eléctricas industriales	Ing. Gilberto Enríquez Harper	Capitulo VII
7-	El ABC del alumbrado y las instalaciones en baja tensión	Ing. Gilberto Enríquez Harper	Capitulo V y VI
8-	Alta tensión y sistemas de transmisión	Luis A. Sieget C.	Capitulo I y II
9-	Guía para el diseño de instalaciones eléctricas Residenciales, industriales y comerciales	Ing. Gilberto Enríquez Harper	Capitulo I
10-	Líneas e instalaciones eléctricas	Luca Marin Carlos	Consulta
11-	Instalaciones eléctricas para proyectos y obras	López Antonio	Consulta
12-	Instalaciones Eléctricas en la Vivienda	Lambert Charles	Consulta
13-	Redes Eléctricas	Jacinto Viqueira Landa	Capitulo I
14-	Instalaciones Eléctricas Practicas	Ing. Becerril L. Diego Onesimo	Consulta
15-	Transformadores y Motores de Inducción	Ing. Gilberto Enríquez Harper	Consulta
16-	Transformadores de Distribución	Pedro Avelino Pérez	Capitulo II
17-	Diseño de Subestaciones Eléctricas	Gilberto Enríquez Harper	Capitulo I, II, IV, VI
18-	ABC de la Calidad de la Energía	Gilberto Enríquez Harper	Capitulo I, II, III, V y VI
19-	Energía Eléctrica y Medio Ambiente	Campos Aragón Leticia	Capitulo I
20-	Ahorro de energía mediante la electrónica	Henning Kriebel	Capítulo I
21-	Pasado presente y futuro de la energía: fuerza motriz, humana, hasta la energía atómica.		Consulta
22-	Notas del Diplomado Tema: Calidad de la Energía		Consulta
23-	Centro de Investigaciones en Energía Solar: Actualización en Energía Solar		Consulta
24-	Instalaciones eléctricas especiales (para sistemas industriales y comerciales)	Pascal Martínez Tomás	consulta

## BIBLIOGRAFÍA



### Tesis

No.	Tesis	Título	Autor
1	302	Manual de procedimientos para la elaboración de un proyecto eléctrico	Mauricio Barron
2	888,889	La importancia de la energía regulada e ininterrumpida en computo	Alejandro Rodríguez
3	1307	Instalación eléctrica en BT de la torre de consultorios del Hospital Ángeles	Guillermo Rubén Montaña
4	866	Diseño de alumbrado y propuesta de ahorro de energía para el Edificio 12 de Aragón	David Jáuregui
5	1188	Alumbrado para el MECU Aragón	Carlos Galeana
6	1318	Diseño de subestaciones	Naun Andrés

### Normas y Manuales

No.	Normas
1	NOM Norma Oficial Mexicana
2	NEMA Nacional Electrical manufactures Association
3	NEC Nacional Electric Code
4	Manual eléctrico CONELEC
5	Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas
6	Manual de Instalaciones eléctricas residenciales e industriales

### Paginas Web consultadas

Logo	Pagina	Dependencia
	<a href="http://www.fide.org.mx">www.fide.org.mx</a>	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
	<a href="http://www.lfc.gob.mx">www.lfc.gob.mx</a>	Luz y Fuerza del Centro
	<a href="http://www.cfe.gob.mx">www.cfe.gob.mx</a>	Comisión Federal de Electricidad
	<a href="http://www.conae.gob.mx">www.conae.gob.mx</a>	Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
	<a href="http://www.energia.gob.mx">www.energia.gob.mx</a>	Secretaría de Energía, México - Gobierno de la República
	<a href="http://www.cre.gob.mx">www.cre.gob.mx</a>	Comisión Reguladora de Energía





# ANEXOS





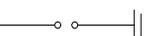
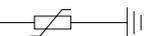
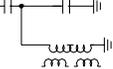
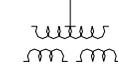
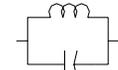
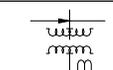


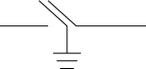
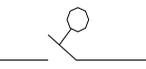
**ANEXO A**



## Anexo A-1

### SIMBOLOGIA PARA DIAGRAMAS UNIFILARES

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	ENTRADA DE ALIMENTADOR
	SALIDA DE ALIMENTADOR
	APARTARRAYOS AUTOVALVULAR-AP
	APARTARRAYOS DE OXIDO DE ZINC (ZnO)-AP
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TIPO CAPACITIVO
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TIPO INDUCTIVO
	TRAMPA DE ONDA - TO
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO DEVANADO-TC
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO DONA (BOQUILLA)-TC
	AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA
	AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA (DOS DEVANADOS)
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA (TRES DEVANADOS)

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	CUCHILLA DESCONECTADORA
	CUCHILLA DESCONECTADORA OPERACION MANUAL CON CUCHILLA DE CONEXION A TIERRA
	CUCHILLA DESCONECTADORA DE OPERACION CON MOTOR
	INTERRUPTOR DE POTENCIA
	LINEA DE ALIMENTADOR (ACTUAL)
	LINEA DE BARRAS (ACTUAL)
	FUTURO O EXISTENTE (EN CASO DE APLICACION)
	BANCO DE CAPACITORES
	AMPERIMETRO
	VOLMETRO
	WATMETRO O WATMETRO



**ANEXO B**



## Anexo B-1

### Equipo y efectos de armónicos

EQUIPO	EFEECTO DE ARMONICAS	RESULTADO
Capacitores (Todos, no solo los destinados a corregir el factor de potencia)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ La impedancia del capacitor decrece al incrementarse la frecuencia, así los capacitores actúan como un sumidero a donde las armónicas convergen. Sin embargo, los capacitores no producen armónicas.</li> <li>○ La industria del sistema de alimentación puede entrar en resonancia con capacitores a varias frecuencias armónicas, causando grandes corrientes y voltajes.</li> <li>○ Los capacitores secos no disipan muy bien el calor y, por consiguiente, son más susceptibles al daño por armónicas.</li> <li>○ Ruptura de material aislante.</li> <li>○ Los capacitores usados en computadoras son particularmente susceptibles, cuando éstas no están usualmente protegidas por fusibles o relevadores.</li> <li>○ Como regla general, los capacitores y dispositivos de transferencia son incompatibles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Calentamiento de los capacitores, debido aun incremento en las pérdidas dieléctricas.</li> <li>○ Corto circuito.</li> <li>○ Fallas de fusibles.</li> <li>○ Explosión de capacitores.</li> </ul>
Transformadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Las armónicas de voltaje causan alto voltaje y esfuerzos en aislamiento; normalmente esto no es un problema significativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Calentamiento del transformador.</li> <li>○ Reducción de la vida útil.</li> <li>○ Incremento de las perdidas en el hierro y en el cobre.</li> <li>○ Esfuerzos en el aislamiento.</li> <li>○ Ruido.</li> </ul>
Motores	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Incremento de las pérdidas.</li> <li>○ Armónicas del voltaje produce campos magnéticos rotatorios a una velocidad correspondiente a la frecuencia armónica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Calentamiento del motor.</li> <li>○ Vibraciones mecánicas y ruido.</li> <li>○ Impulsos de par de torsión.</li> <li>○ Incremento de perdidas en el hierro y en el cobre en los devanados del rotor y del estator. En un 5 -10 %.</li> <li>○ Reducción de eficiencia.</li> <li>○ Reducción de vida útil.</li> <li>○ Esfuerzos en el aislamiento de los devanados del motor.</li> </ul>
Interruptores (Circuit Breakers)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Las bobinas pueden no operar apropiadamente en presencia de corrientes armónicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Falla al pretender interrumpir corrientes.</li> <li>○ Falla del interruptor.</li> </ul>
Inducción electromecánica en disco de relevadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Producen componentes adicionales al par, originando un efecto de retraso de tiempo en las características de operación del relevador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Velocidad incorrecta en el relevador.</li> <li>○ Lecturas incorrectas.</li> </ul>
Wattthorímetros, relevadores de sobrecorriente	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Las armónicas producen un par adicional sobre el disco de inducción, causando una operación indeseable, pues estos dispositivos son solamente calibrados para operar a la frecuencia fundamental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Lecturas incorrectas.</li> </ul>
Equipo de control electrónico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Los controles electrónicos son usualmente dependientes del cruce cero y picos de voltaje para un control adecuado; sin embargo las armónicas pueden alterar significativamente estos parámetros, de tal manera que afectan en forma adversa su operación.</li> </ul>	



**ANEXO C**



## Anexo C-1

### Clasificación de Tarifas Eléctricas

#### Servicio Domestico Aplicación

1	A medidor y cuota fija
1A	Para localidades con temperatura media mínima en verano de 25° C
1B	Para localidades con temperatura media mínima en verano de 28° C
1C	Para localidades con temperatura media mínima en verano de 30° C
1D	Para localidades con temperatura media mínima en verano de 31° C
1E	Para localidades con temperatura media mínima en verano de 32° C
1F	Para localidades con temperatura media mínima en verano de 33° C
DAC	Servicio Domestico de Alto Consumo

#### Servicio Comercial

2	General hasta 25 kW de demanda
3	General para más de 25 kW de demanda

#### Servicio Para Alumbrado Público

5	Zonas conurbadas de Monterrey, Guadalajara y DF
5A	Resto del país
6	Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público
7	Servicio temporal

#### Servicio Agrícola

9	Para bombeo de agua para riego en baja tensión
9M	Para bombeo de agua para riego en media tensión
9CU	Para bombeo de agua para riego agrícola en media tensión
9N	Para bombeo de agua para riego agrícola en baja o media tensión - Tarifa nocturna

#### Servicio Industrial

O-M	Tarifa ordinaria para general en media tensión, con demanda menor de 100 kW
H-M	Media tensión, con demanda de 100 kW o más
H-MC	Media tensión, con demanda de 100 kW o más para corta utilización
H-S	Alta tensión, nivel subtransmisión
H-SL	Alta tensión, nivel subtransmisión para larga utilización
H-T	Alta tensión, nivel transmisión
H-TL	Alta tensión, nivel transmisión para larga utilización
HM-R	Respaldo para falla y mantenimiento en media tensión con una demanda de 500 kW o más
HM-RF	Respaldo para falla en media tensión con una demanda de 500 kW o más
HM-RM	Respaldo para mantenimiento en media tensión con una demanda de 500 kW o más
HS-R	Respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel subtransmisión
HS-RF	Respaldo para falla en alta tensión, nivel subtransmisión
HS-RM	Respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel subtransmisión
HT-R	Respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel transmisión
HT-RF	Respaldo para falla en alta tensión, nivel transmisión
HT-RM	Respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel transmisión
I-15	Servicio interrumpible con demanda de 10,000 kW o más
I-30	Servicio interrumpible con demanda de 20,000 kW o más

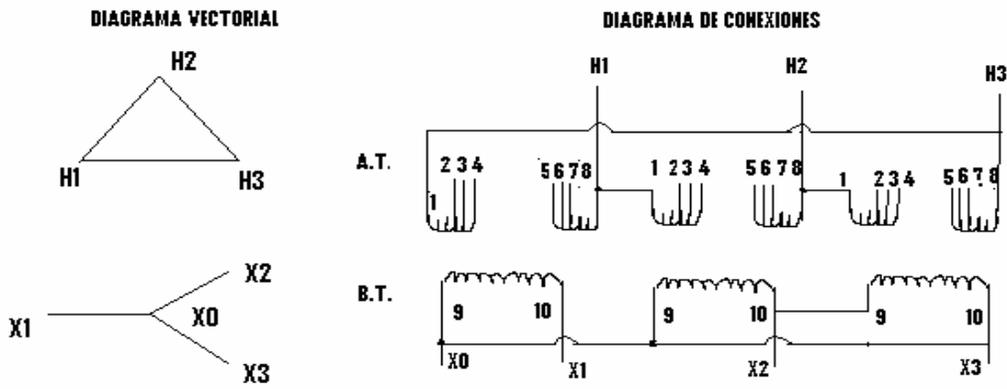
Anexo C-2

Tabla Técnica de Transformadores

<b>UNAM FES Aragón CTA</b>	<b>TABLA TÉCNICA DE TRANSFORMADORES</b>	<b>FECHA: SUB</b>
<b>SUBESTACIÓN PRINCIPAL</b>		

"NOMBRE Y MARCA DEL FABRICANTE"			
kVA:		SERIE:	
VOLTS:			
FASES:	FREC: Hz	IMP: %	A: °C
ELEV: °C	ALTITUD: M.S.N.M.	TIPO:	
O.T.	FECHA:	CLASE:	kV
NIVEL BÁSICO DE IMPULSO: A.T. _____ kV B.T. _____ MASA APROXIMADA EN KILOGRAMOS _____ NÚCLEO Y BOBINAS _____ TANQUE _____ LIQUIDO _____ LIQUIDO AISLANTE _____ L TOTAL _____ POLARIDAD SUBSTRACTIVA INSTRUCTIVO No: _____			

DERIVACIONES				
CONECTA		POS.	VOLTS	AMPERES
4 - 5		1		
5 - 3		2		
3 - 6		3		
6 - 2		4		
2 - 7		5		
BAJA TENSION				



## ANEXO C-3

**Israel Martínez Valencia**

### **Metodología de Análisis y Actualización del Diagrama Unifilar de la FES Aragón**

#### **Entrevista con el Súper-Intendente o Ingeniero de Mantenimiento**

- 1- ¿Cual es su nombre completo?
- 2- ¿Puesto o cargo que ocupa actualmente es esta dependencia?
- 3- ¿Tiene usted otra función o cargo, dentro de esta institución?
- 4- ¿En su horario de trabajo realiza varias actividades programadas?
- 5- ¿Que días realiza usted otras actividades en la institución?
- 6- ¿Cuantos años a trabajado en el puesto que tiene actualmente?
- 7- ¿Experiencia laboral en el puesto y en otras áreas?
- 8- ¿Cuenta usted con los conocimientos generales sobre arquitectura, obra civil o sistemas eléctricos, o tiene el apoyo de sus colaboradores sobre estos temas?
- 9- ¿Con cuantos colaboradores actualmente trabaja (Planta)?
- 10- ¿Cuenta con el personal exclusivo para el área de mantenimiento eléctrico?
- 11- ¿Conoce el número de personal con el que cuenta actualmente?
- 12- ¿Tiene conocimiento del estado actual de la institución, en la red eléctrica?
- 13- ¿Sabe usted con cuantas subestaciones cuenta actualmente?
- 14- ¿Sabe las capacidades de cada una?
- 15- ¿Sabe con cuantos sistemas de fuerza cuenta (motores)?
- 16- ¿Cuenta con un sistema de alumbrado exclusivamente?  
(Áreas de estacionamiento y jardineras)
- 17- ¿Cuenta con planos y desarrollos para proyectos futuros?
- 18- ¿Sus trabajadores llevan una bitácora de todos los cambios o modificaciones que se hacen diariamente en el área eléctrica?
- 19- ¿Realiza un reporte del material o dispositivos que se han cambiado por fallas eléctricas, deterioramiento o desgaste?
- 20- ¿Cada cuando hace un recorrido del sistema eléctrico de toda la institución, visualmente?
- 21- ¿Contrata a otras empresas para llevar acabo un mantenimiento eléctrico dentro de la institución?
- 22- ¿De que forma hace un contrato, o por que medio es contratada la empresa para realizar las tareas de mantenimiento?
- 23- ¿Con sus colaboradores, discuten la mejor propuesta de las empresas que realizaran el mantenimiento (preventivo o correctivo)?
- 24- ¿Las empresas que se contratan están realmente certificadas y garantizan su buen funcionamiento del sistema eléctrico de esta institución?
- 25- ¿Cada cuanto tiempo se le realiza un mantenimiento preventivo a la institución?
- 26- ¿Lleva registros de cada uno de los mantenimientos?
- 27- ¿Sabe que tipo de tarifa tiene la institución?



- 28- ¿Considera bueno o benéfico los cambios de horarios (horario de verano en México) que propone LFC o CFE, para la institución?
- 29- ¿Saben cuando sus trabajadores realizan el mantenimiento preventivo a los equipos, o nunca lo hacen?
- 30- ¿A sus trabajadores se les da una capacitación para dar un buen mantenimiento a los equipos eléctricos?
- 31- ¿Se reportan las fallas técnicas o mecánicas de cada equipo?
- 32- ¿Cuando se realiza un trabajo correctivo de que manera se registra?
- 33- ¿Sabe de que forma se optimiza la distribución de carga de un transformador?
- 34- ¿Sabe de que forma se optimiza el uso de un motor?
- 35- ¿Busca los mejores parámetros u opciones para la reposición de un equipo?
- 36- ¿Sabe que es el uso eficiente de la Energía?
- 37- ¿Sabe que hay programas para el uso racional de la Energía?
- 38- ¿Si en la institución se planteara un programa de ahorro de energía, lo llevaría acabo?
- 39- ¿Implementaría las medidas del programa de ahorro de energía para la institución?
- 40- ¿Cree usted que un programa de ahorro de energía traiga beneficios o ahorros?
- 41- ¿Quien cree usted, que se beneficiaría primordialmente con un programa de este tipo?
- 42- ¿Piensa que la institución realmente necesita de un programa de ahorro de energía?

***Comentarios del Super-Intendente o Ingeniero de Infraestructura***

---

---

***Comentarios del Entrevistador***

---

---



## Anexo C-4

## Factura Eléctrica LFC

Los Avisos-Recibo de **Cuentas Especiales** son emitidos **mensualmente** por Luz y Fuerza del Centro y contienen información relativa a la facturación de su servicio, así como impuestos y derechos aplicables. Están integrados por dos secciones precortadas. La derecha es el comprobante para el usuario y la izquierda para Luz y Fuerza del Centro, ambas se separan al momento de realizar su pago, ver figura.



## Recibo de facturación eléctrica

Los datos que aparecen en su recibo contiene la siguiente información:

- **Numero de cuenta:** A través de este número se identifica y controla el servicio para efectos de la toma de lectura y facturación, entre otros.
- **No. O.C.** Número de Orden de Conexión del servicio de energía eléctrica.
- **Fecha de facturación:** Año, mes y día en que se emite el Aviso-Recibo.
- **R.F.C. cliente:** Registro Federal de Contribuyentes del titular.
- **Ciclo factn.:** Ciclo de facturación, generalmente corresponde con el número del mes de la última toma de lectura.
- **Tarifa:** Es la tarifa aplicada al servicio.
- **Cia.:** Indica que el servicio es atendido por Luz y Fuerza del Centro.
- **Periodo de consumo:** Indica las fechas de inicio y final del periodo de facturación.

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO															
MELCHOR OCAMPO 171 COL. TLAXPANA MEXICO, D.F. C.P. 11379 LFC940208C77															
NUMERO DE SU CUENTA					No. O.C.	FECHA DE FACTURACION			R.F.C. CLIENTE	CICLO FACTN.	TARIFA	CIA.	PERIODO DE CONSUMO		
IV.	BL.	ZONA	FOUR	S.		AÑO	MES	DA					AÑO	MES	DA

## Datos del primer bloque de facturación eléctrica.

En este segundo bloque encontraremos, entre otros, los siguientes datos:

- **Medidor num:** El (los) número (s) de medidor (es) que está (n) instalado (s) en su servicio.
- **Lec. Ant., lec. Act. :** Son las lecturas correspondientes a las fechas de inicio y final, respectivamente, del periodo de consumo.
- **Constante del medidor:** Es la constante del medidor que se utiliza para el cálculo de consumo por medidor.
- **Concepto:** Indica el total de consumo en kWh, demandas registradas en kW y la energía reactiva en kVArh.
- **Factor de potencia:** Indica el grado de eficiencia en la utilización de la energía eléctrica. Se determina en función del consumo en kWh y la energía reactiva en kVArh.
- **Cargos:** Importes con cargo a su cuenta.

- **Créditos:** Importes con crédito a su cuenta.
- **Clave:** El significado de las claves se encuentra impreso al reverso del Aviso-Recibo, por ejemplo: CE-Consumo estimado.

MEDIDOR NUM.	LECT. ANT.	LECT. ACT.	CONSTANTE MEDIDOR	CONCEPTO	FACTOR DE POTENCIA	CARGOS	CREDITOS	CLAVE

**Datos del segundo bloque de facturación eléctrica.**

En el tercer bloque encontraremos los siguientes datos:

- **Nombre o razón social y dirección:** Nombre o la razón social del titular así como la dirección del servicio de energía eléctrica.
- **C.P. Código Postal.**
- **Importe por pagar:** Importe total a pagar en esta facturación.

NOMBRE O RAZON SOCIAL Y DIRECCION  C.P.:	IMPORTE POR PAGAR  EL PAGO DE ESTE IMPORTE NO LO LIBERA DE ADEUDOS ANTERIORES PAGO EN UNA SOLA EXHIBICION
--	--

**Datos del segundo bloque de facturación eléctrica.**

Datos que se encuentran en el talón que se desprende cuando es saldada la cuenta del recibo:

- **Para evitar la suspensión de su servicio pague usted antes de:** Año, mes y día límite en el que el usuario debe pagar el consumo por energía eléctrica y evitar así el corte del suministro.
- **Nombre o razón social y dirección:** Nombre o la razón social del titular y la dirección del servicio de energía eléctrica.

<b>CUENTA ESPECIAL</b>
PAGA USTED LA SUMA INDICADA EN ESTOS DATOS PAGA USTED ANTES DE:
NOMBRE O RAZON SOCIAL

**Datos del talón de pago de la facturación eléctrica.**

- **Importe por pagar:** Importe total a pagar en esta facturación.
- **Datos de uso interno:** Se imprime un código de barras y una línea de captura. Se solicita al usuario no tachar ni perforar esta área, a efecto de acreditar correctamente su pago.
- **Cuenta:** A través de este número se identifica y controla el servicio para efectos de la toma de lectura y facturación, entre otros.

EN CASO DE CORTE VER NOTA AL REVERSO							
IMPORTE POR PAGAR							
<table border="1"> <tr> <td>D.C.</td> <td>EV</td> <td>BL</td> <td>ZONA</td> <td>FOLIO</td> <td>S</td> <td>IMPORTE</td> </tr> </table>	D.C.	EV	BL	ZONA	FOLIO	S	IMPORTE
D.C.	EV	BL	ZONA	FOLIO	S	IMPORTE	
CUENTA:							



**Reverso:**

- **Información correspondiente a los lugares donde puede efectuarse sus pagos:** En las Oficinas Comerciales de Luz y Fuerza del Centro o en las Instituciones Bancarias señaladas, antes de la fecha de vencimiento.
- **Números telefónicos para reportar:** Interrupciones, variación de voltaje y servicios de emergencia, así como para reclamaciones y aclaraciones de cobranza.
- **Datos fiscales:** Cédula de identificación fiscal de Luz y Fuerza del Centro.
- **Nota:** Indica el plazo que tiene usted para solicitar la reconexión del servicio, previa liquidación del adeudo, cuando su servicio fue cortado por falta de pago.



## Anexo C-5

### Equipo de Medición

#### ANALIZADOR DE REDES CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA (POWER PAD 3945)



#### Características:

- Mediciones de RMS verdadero mono, di y trifásicas a 256 muestras/ciclo, mas CC.
- Formas de onda en color en tiempo real.
- Ajustes en pantalla
- Reconocimiento del sensor de corriente y ajustes de escala automáticos
- Mediciones RMS verdaderas de voltaje y corriente
- Mide volts, amps y potencia cc
- Presenta y captura armónicos de voltaje, corriente y potencia hasta el orden 50<sup>a</sup>, incluyendo dirección en tiempo real.
- Presentación de diagramas de fasores
- Voltaje y corriente de pico
- Frecuencia nominal de 40 a 70 Hz.
- VA, VAR y W por fase y totales
- Kva., VARh y kWh por fase y totales
- Presentación de corriente neutra para trifásicas
- Factores de cresta para corriente y voltaje
- Presentación de factor K de transformador
- Presentación del factor de potencia, FP de desplazamiento
- Presentación de fluctuaciones de corta duración
- Desbalance de fases (corriente y voltaje)
- Distorsión armónica
- Alarmas, golpes y caídas de voltaje
- Registra fecha y características de las perturbaciones
- Puerta de seguridad RS-232 óptimamente aislada
- Cumple la categoría de seguridad 600 V.

## PIROMETRO DE MIRA LASER Raynger 3i



El Pirómetro óptico es un instrumento utilizado para medir la temperatura de un cuerpo y este funciona comparando el brillo de la luz emitida por la fuente de calor con la de una fuente estándar.

El pirómetro consta de dos partes: un telescopio y una caja de control. El telescopio contiene un filtro para color rojo y una lámpara con un filamento calibrado, sobre el cual la lente del objetivo enfoca una imagen del cuerpo cuya temperatura se va a medir. También contiene un interruptor para cerrar el circuito eléctrico de la lámpara y una pantalla de absorción para cambiar el intervalo del pirómetro.

### Instrucciones de uso

Dirigir el objetivo y leer, así de sencilla es la medición de casi todas las temperaturas superficiales con el pirómetro. El pirómetro está indicado para mantenimiento en instalaciones de refrigeración y calefacción, en instalaciones eléctricas, en construcciones de vías, edificios, en fabricación de alimentos,... El medidor de temperatura sin contacto es ideal para medir en puntos de medición de difícil acceso y para componentes en movimiento. La zona a medir de un material se puede visualizar con gran precisión con el objetivo láser del pirómetro. De esta manera medirá sólo la zona del componente elegido.

## TERROMETRO Kyoritsu

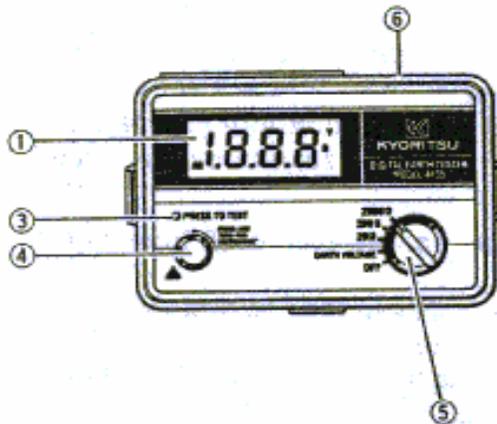


### Características

Modelo 4105, marca Kyoritsu

- El equipo nos permite medir la resistencia a tierra que tiene el sistema eléctrico.
- Muestra la resistencia del terreno.
- Proporciona la resistencia a tierra del transformador o del sistema de pararrayos o apartarrayos.
- El terrómetro mide la resistencia a tierra en un rango de 0 hasta 2000 ohms, así como el voltaje a tierra del sistema.

1. Pantalla de LCD.
2. Indicador de reemplazo de batería.
3. Led indicador de medición (verde).
4. Botón de pruebas.
5. Selector de rangos.
6. Terminales.



## MULTIMETRO UNIVERSAL Y DE GANCHO



### *Multímetro de punta TEK DMM digital:*

El multímetro de puntas, nos permite tomar las medidas de forma instantánea o momentánea y realizar las siguientes mediciones como son:

- Voltaje AC y CC
- Amperaje AC y CD
- Frecuencia Hz
- Continuidad
- Resistencia R
- Capacitancia F

### *Multímetro de gancho HT-44:*

El multímetro de gancho, nos permite tomar valores de forma instantánea o momentánea, en un solo hilo o conductor, de manera que facilita la toma de lectura.

El multímetro de gancho, permite tomar las medidas de forma instantánea o momentánea, obteniendo las siguientes mediciones como son:

- Voltaje AC y CC
- Amperaje AC y CD
- Frecuencia Hz
- Continuidad
- Resistencia



**ANEXO D**



## ANEXO D-1

Tabla de Construcción

EDIFICIO	LARGO	ANCHO	SUB-TOTAL	NIVELES	TOTAL
A1	65.62	13	853.06	3	2559.18
A2	64.02	13	832.26	3	2496.78
A3	56.2	13	730.6	3	2191.8
A4	56.12	13	729.56	3	2188.68
A5	56.1	13	729.3	3	2187.9
A6	57.31	13	745.03	3	2235.09
A7	60.38	13	784.94	3	2354.82
A8	54.13	13	703.69	3	2111.07
A9	60	13	780	3	2340
Anex A9	12.4	3.8	47.12	1	47.12
A10	54.4	13	707.2	3	2121.6
A11	54.22	13	704.86	3	2114.58
A12	54.35	13	706.55	3	2119.65
BAÑOS	14.75	8.20	362.85	3 (6)	2177.1
L1	42.56	20.2	859.712	1	859.712
L2	42.56	20.2	859.712	1	859.712
L3	50.07	13	650.91	3	1952.73
L4	42.56	20.2	859.712	1	859.712
BODEGA	31.69	8.1	256.689	1	256.689
TALLER	31.69	8.1	256.689	1	256.689
MTO	43.39	7.91	343.2149	2	686.4298
PLANTA	12.74	8	101.92	1	101.92
ADQUISI	61.79	12.61	779.1719	1	779.1719
BAÑ Y VES	58.76	13.81	811.4756	1	811.4756
ANEX CAL	18.44	7	129.08	1	129.08
GIMNASIO	39.4	33.42	1316.748	1	1316.748
CAN DE BAS	61.25	58.16	3562.3	1	3562.3
COMPU 1	40.5	12.87	521.235	3	1563.705
COMPU 2	20.14	18.03	363.1242	1	363.1242
SAL. U. MUL	26.13	26.13	682.7769	1	682.7769
EDI GOB	31.82	31.08	988.9656	3	2966.8968
COMEDOR	23.26	20.75	482.645	1	482.645
EST TECHA	21.38	21.22	453.6836	1	453.6836
CLINICA 1	50.04	12.65	633.006	2	1266.012
CLINICA 2	45.66	12.65	577.599	2	1155.198
BIBLIOTECA	76.94	41.13	3164.5422	2	6329.0844
CELE	39.33	12.95	509.3235	3	1527.9705
MECU	40.06	40.43	1619.6258	4	6478.5032
CTA			0	3	2227.71
CAN DE AM	140.2	80.97	11351.994	1	11351.994
CAN DE FR	54.3	22.3	1210.89	2	2421.78
CAN DE VP	28.95	19.94	577.263	1	577.263
PISTA D ATL	190.6	112.65	21471.09	1	21471.09
			Total de construcción aprox. en m²		<b>102997.176</b>
FES	804.47	441.05		Área en m²	<b>354811.494</b>

## ANEXO D-2

## Ejecución y trabajos por ampliaciones

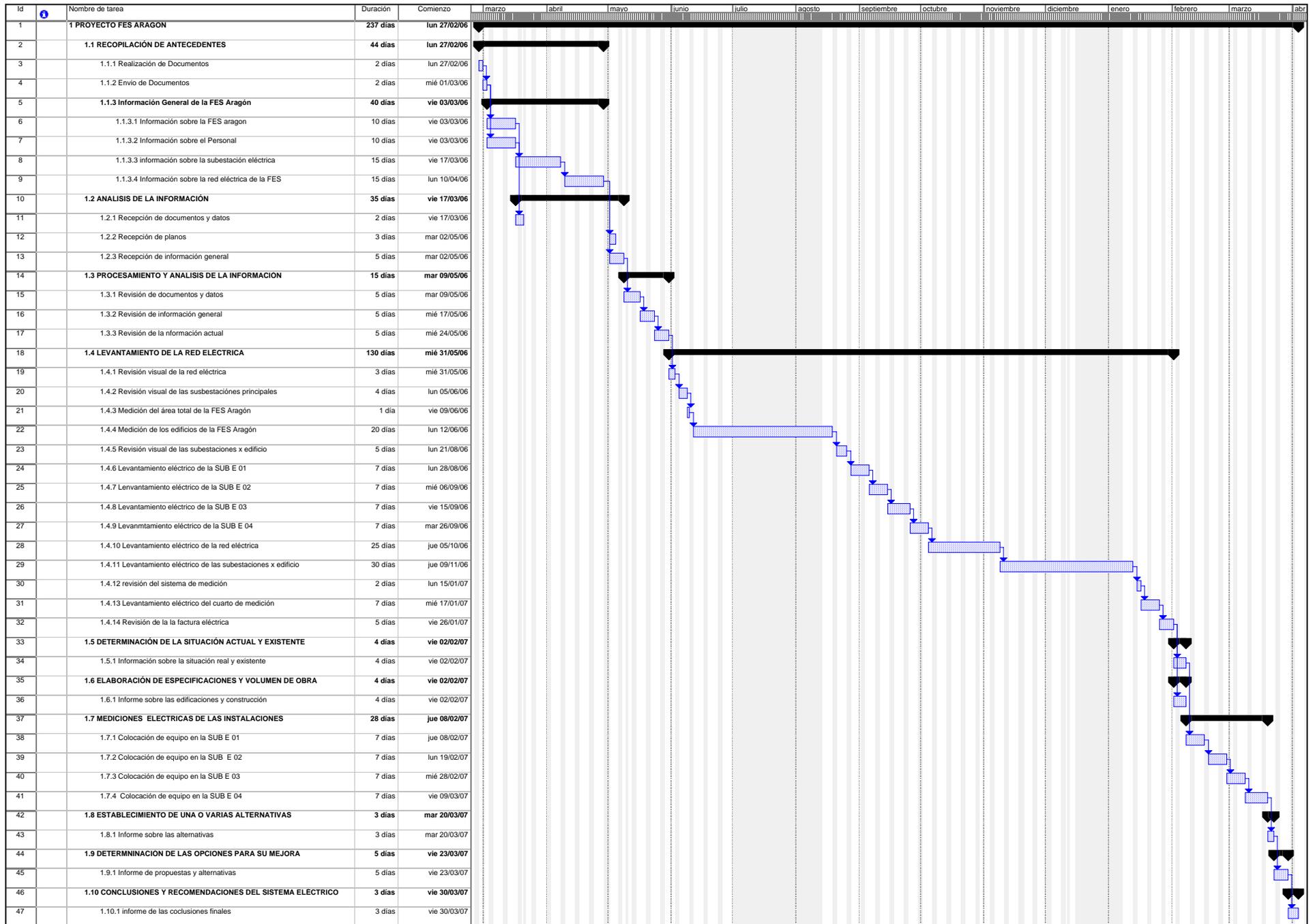
Descripción de Crecimiento o Ampliación	MES	AÑO
A1	MAYO	1974 - 75
A2-A6, A11,A12	S/E	S/E
A7	ABRIL	1977
A8	JULIO	1977
A9	JUNIO	1974 – 1977
A10	DICIEMBRE	1978 – 1979
L1-L4	S/E	S/E
BODEGA	S/E	S/E
TALLER	S/E	S/E
MANTENIMIENTO	AGOSTO	1975
PLANTA	S/E	S/E
ADQUISICIONES	S/E	S/E
BAÑOS Y VESTIDORES	S/E	S/E
ANEX CAL	S/E	S/E
GIMNASIO	S/E	S/E
CANCHA DE BÁSQUETBOL	S/E	S/E
COMPU 1	S/E	S/E
COMPU 2	S/E	S/E
SALÓN DE USOS MÚLTIPLES	AGOSTO	1993
EDIFICIO GOBIERNO	FEBRERO	1994 – 1997
COMEDOR	S/E	S/E
EST. TECHADO	S/E	S/E
CLINICA 1	S/E	S/E
CLINICA 2	S/E	S/E
BIBLIOTECA	S/E	S/E
CELE	S/E	S/E
MECU	AGOSTO, SEPTIEMBRE, JULIO	1982,83
CTA	JULIO	1993-1996
CANCHAS DE AMERICANO	S/E	S/E
CANCHAS DE FÚTBOL R.	S/E	S/E
CANCHAS DE VOLEIBOL P.	S/E	S/E
PISTA DE ATLETISMO	S/E	S/E
ESTACIONAMIENTOS	FEBRERO	1975
ALIMENTACIÓN EN BT	FEBRERO, MARZO, ABRIL	1976, 77,77
DUCTOS TELEFONICOS	JUNIO	1976





**ANEXO D-3**  
**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**





Proyecto: FES 01  
Fecha: mié 10/10/07

Tarea  
 División  
 Progreso  
 Hito  
 Resumen  
 Resumen del proyecto  
 Tareas externas  
 Hitos externos  
 Fecha límite



## Anexo D-4

## Zonificación de áreas

UNAM FES Aragón CTA		DATOS GENERALES DE LA FES ARAGÓN		FECHA:	FORMATO F- 3
ZONIFICACIÓN DE ÁREAS					
Edificio	Nivel o niveles	Zona	Descripción	Superficie [m <sup>2</sup> ] (Aprox.)	Observaciones
A1	3	Relaciones I. y Comunicaciones	Aulas y Servicios	2559.18	
A2	3	Ingeniería en Computo	Aulas , salas de tesis	2496.78	
A3	3	Ingeniería y Arquitectura	Aulas, Computo	2191.8	
A4	3	Relaciones I y Comunicaciones	Aulas, servicios y computo	2188.68	
A5	3	Pedagogía y varios	Aulas	2187.9	
A6	3	Pedagogía, Ingeniería, Diseño Industrial	Aulas, Computo y Servicios	2235.09	
A7	3	Derecho y varios	Aulas	2354.82	
A8	3	Derecho y varios	Aulas	2111.07	
A9	3	Diseño industrial y Agropecuaria	Aulas, auditorio	2340	
A10	3	Arquitectura y Economía	Aulas y Salas	2121.6	
A11	3	Lenguas Extranjeras	Aulas	2114.58	
A12	3	Postgrado de Investigación, Derecho	Servicios, Computo y Aulas	2119.65	
L1		Laboratorio de Mecánica	Ingeniería	859.712	
L2		Laboratorio de Mecánica y Civil	Ingeniería	859.712	
L3	3	Laboratorio de Eléctrica	Ingeniería	1952.73	
L4		Laboratorio de Civil	Ingeniería	859.712	
Bodega	1	Automotriz	Autos de la Facultad	256.689	
Taller	1	Laboratorios	Reparación y mantenimiento	256.689	
Edif. Mantenimiento	2	Mantenimiento	Súper -Intendencia, vigilancia, sindicato y varios	686.4298	
Planta de Emergencia	1	Mantenimiento	Cuarto de la P. Emergencia	101.92	
Adquisiciones	1	Adquisiciones	Servicios	779.1719	
Baños y vestidores	1	Deportiva	Regaderas y pesas	811.4756	
Cuarto de Caldera	1	Deportiva	Cuarto de Caldera	129.08	
Gimnasio de parquet	1	Deportiva	Duela	1316.748	
Canchas de Basq.	1	Deportiva	Alumbrado de canchas	3562.3	
Edificio de Computo 1	3	Comunicaciones y Editorial	Radio, TV, vides, Ediciones y publicaciones	1563.705	

**ANEXO D**

Edificio de Computo 2	1	Ingeniería en Computo	Aulas de Computo y Docencia	363.1242	
Salón de Usos Múltiples	1	Deportiva	Eventos exposiciones y Varios	682.7769	
Edificio de gobierno	3	Administrativa	Dirección y Jefaturas	2966.8968	
Comedor	1	Administrativa	Servicios	482.645	
Estacionamiento Techado	1	Administrativa	Servicios	453.6836	
Clínica Odontología 1	2	Medica	Clases y servicios	1266.012	Alimentación de la SUB-EO2
Clínica Odontología 2	2	Medica	Clases y servicios	1155.198	Alimentación de la SUB-E2
BIBLIOTECA A	2	Servicios generales	Biblioteca	6329.0844	
CELE	3	Servicios generales	Idiomas e Investigación	1527.9705	
MECU	4	Cultural	Servicios artísticos y culturales	6478.5032	
CTA	3	Ingeniería e Investigación	Proyectos, Investigación y Docencia	2227.71	
Canchas de FT Americano	1 C	Zona deportiva	Americano	11351.994	
Canchas de FT Rápido	2 C	Zona deportiva	Fútbol Rápido	2421.78	
Canchas de Voleibol de Playa	1 C	Zona deportiva	Voleibol	577.263	
Pista de Atletismo	1 P	Zona deportiva	Atletismo y Fútbol	21471.09	
			<b>Total</b>	<b>102997.176</b>	



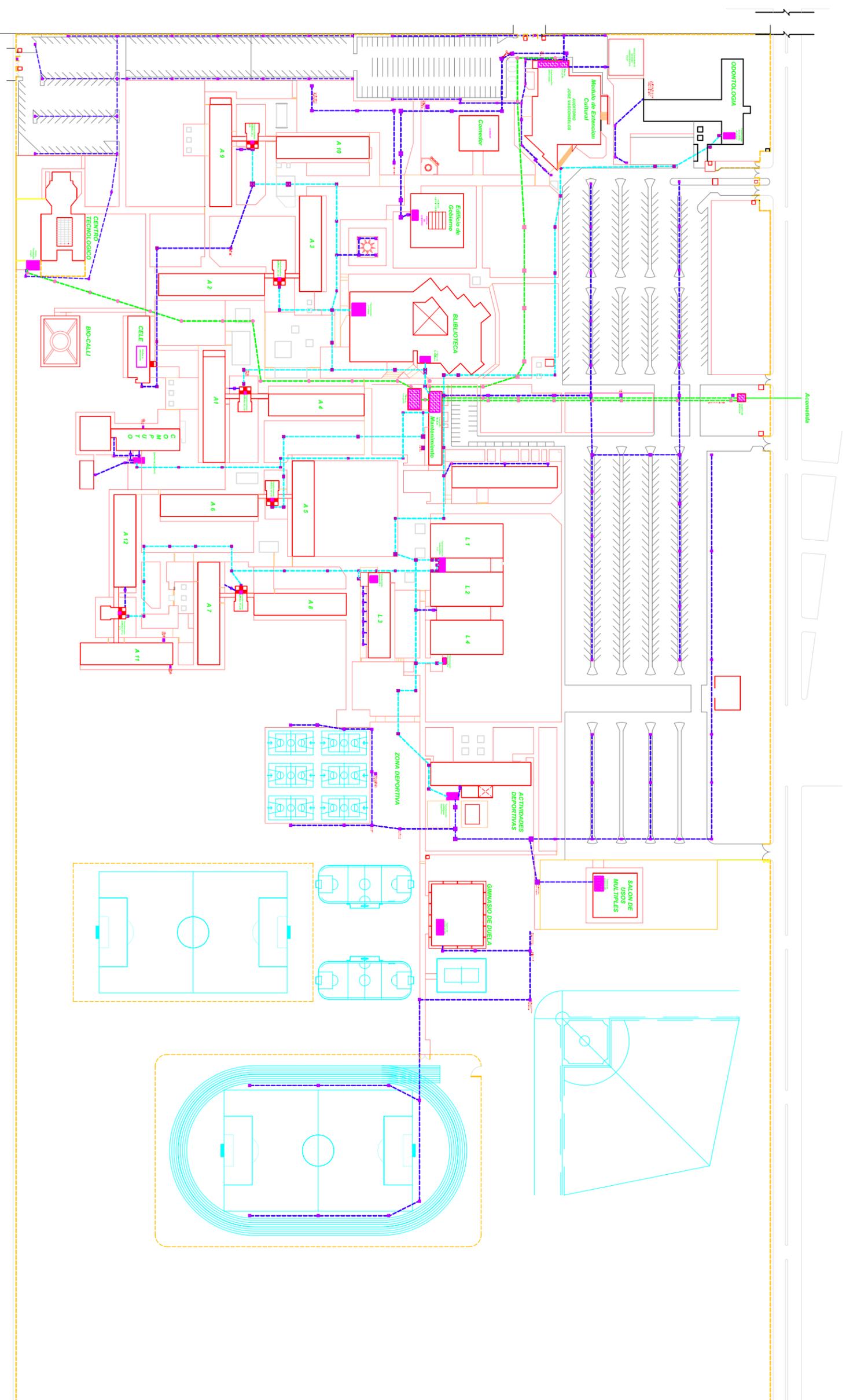
**ANEXO D-5**  
**PLANO DE CONJUNTO**





# FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON

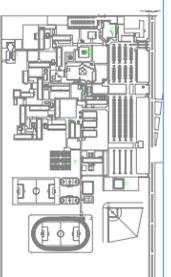
## PLANTA DE CONJUNTO



Cuadro de áreas:

356.810 m<sup>2</sup>

PLANTA DE CONJUNTO  
FES ARAGON



MEGA PROYECTO	
FECHA	USO

### SIMBOLOGIA

- Subestación, acomoda o planta de emergencia.
- Transformador BT y tableros de distribución.
- Registros para cableado a 220 voltios.
- Registros para cableado a 440 voltios.
- Registros para cableado a 23 KV.
- Cableado subterráneo a 220 voltios.
- Cableado subterráneo a 440 voltios.
- Cableado subterráneo a 23 KV.




Nombre:	ELECTRICO		
Contenido:	RED ELECTRICA		
Objeto de estudio:	N.º DE LOS DIB. PROYECTO/FECHA		
Objeto de estudio:	BIBLIOTECA		
Objeto de estudio:	BIBLIOTECA		
Objeto de estudio:	BIBLIOTECA		
Objeto de estudio:	BIBLIOTECA		
Objeto de estudio:	BIBLIOTECA		
Objeto de estudio:	BIBLIOTECA		
Objeto de estudio:	BIBLIOTECA		
Objeto de estudio:	BIBLIOTECA		

FECHA:	01/1	TITULO:	RE-1
--------	------	---------	------

Idioma:	Español	Modelo:	A1
Fecha:	10/03/2023	Modelo:	A1

DIAGNOSTICO ENERGETICO



Anexo D-6

Tabla tecnica de transformadores

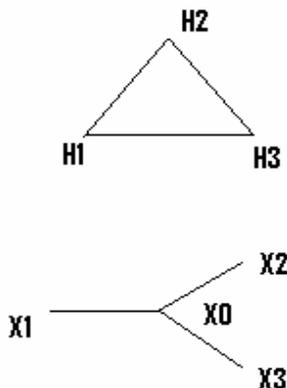
**TRANSFORMADOR TR- 01**

<b>ZONA:</b> Mantenimiento			
<b>EDIFICIO:</b> Mantenimiento <b>NIVEL:</b> Planta Baja			
<b>SUBESTACIÓN:</b> Eléctrica SUB - 01			
<b>“NOMBRE Y MARCA”</b>			
<b>KVA:</b> 500		<b>SERIE:</b> D-29511	
<b>VOLTS:</b> 20KV/480-440 V			
<b>FASES:</b> 3	<b>FREC:</b> 50/ 60 Hz.	<b>IMP:</b> 4.64 %	<b>A:</b> 85 ° C
<b>ELEV:</b> 65 ° C	<b>ALTITUD:</b> 2500 M.S.N.M.	<b>TIPO:</b> OA	
<b>O.T.</b>	<b>FECHA:</b>	<b>CLASE:</b> 25 KV	
<b>NIVEL BÁSICO DE IMPULSO:</b> A.T.150 KVA y en B.T. 30 KVA			

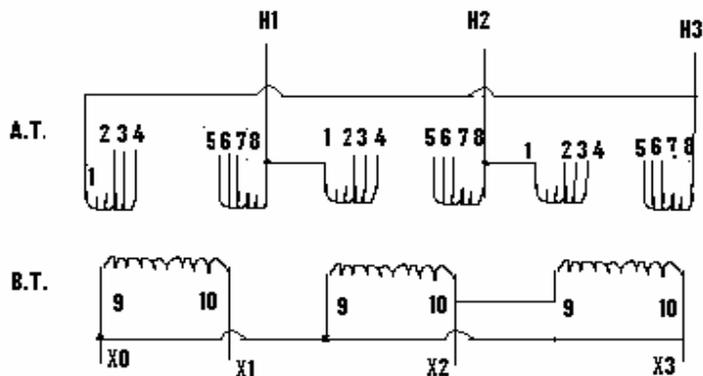
<b>MASA APROXIMADA EN KILOGRAMOS</b>	
<b>NÚCLEO Y BOBINAS:</b>	<b>TANQUE:</b>
<b>LIQUIDO:</b>	<b>LIQUIDO AISLANTE:</b> 944 LTS
<b>TOTAL:</b> 2921 kg.	
<b>POLARIDAD SUBSTRACTIVA INSTRUCTIVO NO:</b>	

<b>DERIVACIONES</b>				
CONECTA		POS.	VOLTS	AMPERES
4 - 5		1		
5 - 3		2		
3 - 6		3		
6 - 2		4		
2 - 7		5		
<b>BAJA TENSION</b>				

**DIAGRAMA VECTORIAL**



**DIAGRAMA DE CONEXIONES**



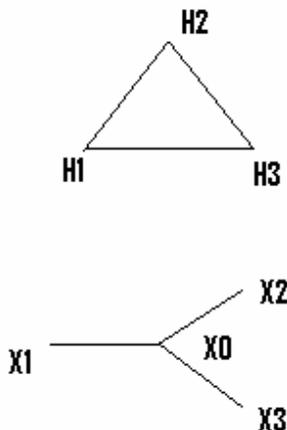
**TRANSFORMADOR TR- 02**

<b>ZONA:</b> Mantenimiento			
<b>EDIFICIO:</b> Mantenimiento <b>NIVEL:</b> Planta Baja			
<b>SUBESTACIÓN:</b> Eléctrica SUB - 02			
<b>“NOMBRE Y MARCA”</b>			
<b>KVA:</b> 500		<b>SERIE:</b> D-29511	
<b>VOLTS:</b> 23KV/480-440 V			
<b>FASES:</b> 3	<b>FREC:</b> 60 Hz.	<b>IMP:</b> 3.83 %	<b>A:</b> 85 ° C
<b>ELEV:</b> 65 ° C	<b>ALTITUD:</b> 2300 M.S.N.M.		<b>TIPO:</b> OA
<b>O.T.</b> 375	<b>FECHA:</b>	<b>CLASE:</b> 25 KV	
<b>NIVEL BÁSICO DE IMPULSO:</b> A.T.150 KVA y en B.T. 30 KVA			

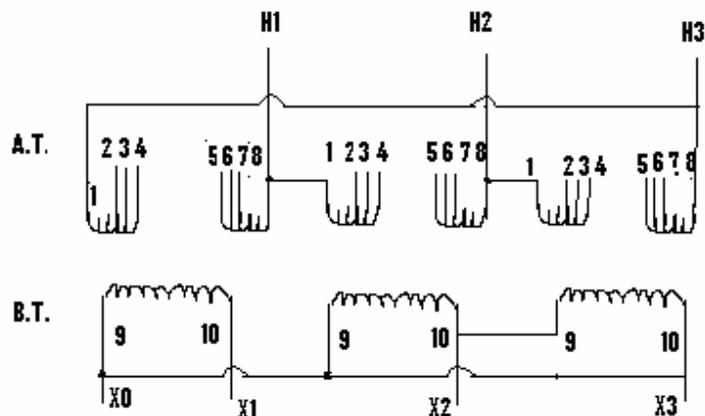
<b>MASA APROXIMADA EN KILOGRAMOS</b>	
<b>NÚCLEO Y BOBINAS:</b> 7/0	<b>TANQUE:</b> 344
<b>LIQUIDO:</b> 604 Kg.	<b>LIQUIDO AISLANTE:</b> 711 Lts
<b>TOTAL:</b> 1858 Kg.	
<b>POLARIDAD SUBSTRACTIVA INSTRUCTIVO NO:</b>	

<b>DERIVACIONES</b>				
CONECTA		POS.	VOLTS	AMPERES
4 - 5		1		
5 - 3		2		
3 - 6		3		
6 - 2		4		
2 - 7		5		
<b>BAJA TENSIÓN</b>				

**DIAGRAMA VECTORIAL**



**DIAGRAMA DE CONEXIONES**



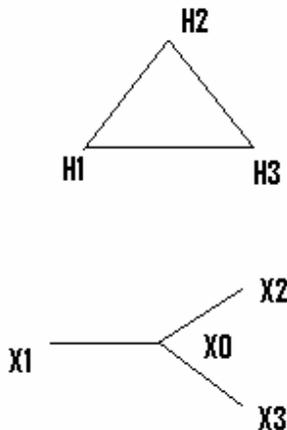
**TRANSFORMADOR TR- 03**

<b>ZONA:</b> Cultural			
<b>EDIFICIO:</b> Modulo de Extensión Cultural Universitaria			
<b>NIVEL:</b> Planta Baja parte trasera			
<b>SUBESTACIÓN:</b> Eléctrica SUB-03			
<b>“NOMBRE Y MARCA”</b>			
IESA			
<b>KVA:</b> 500		<b>SERIE:</b> 8805 1-1	
<b>VOLTS:</b> 23KV/ 220-127			
<b>FASES:</b> 3	<b>FREC:</b> 60 Hz.	<b>IMP:</b> 85 ° C 6.6 %	<b>A:</b> ° C
<b>ELEV:</b> 65 ° C	<b>ALTITUD:</b> 2300 M.S.N.M.	<b>TIPO:</b> OA	
<b>O.T.</b>	<b>FECHA:</b>	<b>CLASE:</b> 25	
<b>NIVEL BÁSICO DE IMPULSO:</b> A.T.150 KVA y en B.T. 30 KVA			

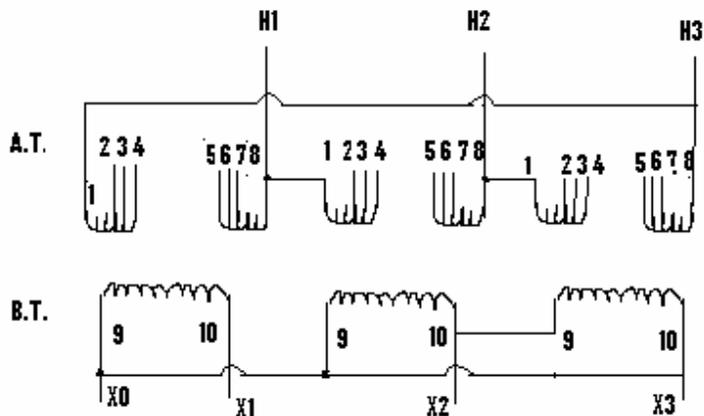
<b>MASA APROXIMADA EN KILOGRAMOS</b>	
<b>NÚCLEO Y BOBINAS:</b> 840 Kg.	<b>TANQUE:</b> 1095 Kg.
<b>LIQUIDO:</b> 953 Kg.	<b>LIQUIDO AISLANTE:</b> 1110 Lts.
<b>TOTAL:</b> 2888 Kg.	
<b>POLARIDAD SUBSTRACTIVA INSTRUCTIVO NO:</b>	

<b>DERIVACIONES</b>				
CONECTA		POS.	VOLTS	AMPERES
4 - 5		1		
5 - 3		2		
3 - 6		3		
6 - 2		4		
2 - 7		5		
<b>BAJA TENSIÓN</b>				

**DIAGRAMA VECTORIAL**



**DIAGRAMA DE CONEXIONES**



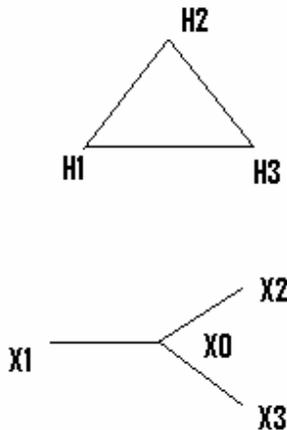
**TRANSFORMADOR TR- 04**

<b>ZONA:</b> Ingenierías			
<b>EDIFICIO:</b> Centro Tecnológico <b>NIVEL:</b> Planta Baja costado trasero			
<b>SUBESTACIÓN:</b> Eléctrica SUB-04			
<b>“NOMBRE Y MARCA”</b>			
PROLEC			
<b>KVA:</b> 300		<b>SERIE:</b>	
<b>VOLTS:</b> 23KV/220-127 V			
<b>FASES:</b> 3	<b>FREC:</b> 60 Hz.	<b>IMP:</b> 85 ° C 3.39%	<b>A:</b> ° C
<b>ELEV:</b> 55 ° C	<b>ALTITUD:</b> 2300 M.S.N.M.	<b>TIPO:</b> O	
<b>O.T.</b>	<b>FECHA:</b>	<b>CLASE:</b> 25 KV	
<b>NIVEL BÁSICO DE IMPULSO:</b> A.T.150 KVA y en B.T. 30 KVA			

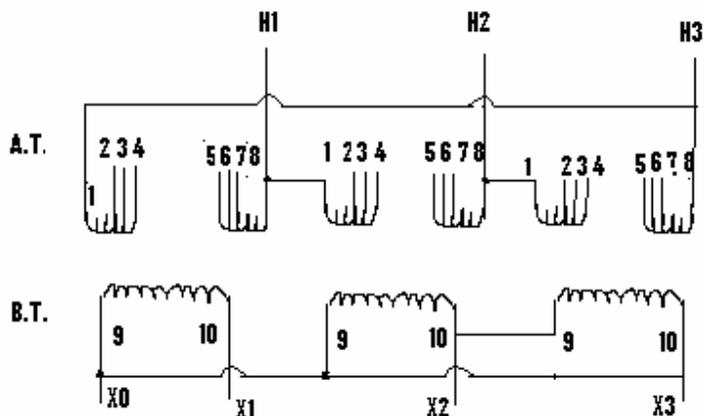
<b>MASA APROXIMADA EN KILOGRAMOS</b>	
<b>NÚCLEO Y BOBINAS:</b>	<b>TANQUE:</b>
<b>LIQUIDO:</b>	<b>LIQUIDO AISLANTE:</b> 944 LTS
<b>TOTAL:</b> 2291 Kg.	
<b>POLARIDAD SUBSTRACTIVA INSTRUCTIVO NO:</b>	

<b>DERIVACIONES</b>				
CONECTA		POS.	VOLTS	AMPERES
4 - 5		1		
5 - 3		2		
3 - 6		3		
6 - 2		4		
2 - 7		5		
<b>BAJA TENSIÓN</b>				

**DIAGRAMA VECTORIAL**



**DIAGRAMA DE CONEXIONES**



## Anexo D-7

## Interruptores Principales

<b>Interruptor 01 Subestación 01</b>			
<b>Marca</b>	Federal Pacific	<b>Tipo</b>	50H-2
<b>Polos</b>	3	<b>Volts</b>	600, 480, 240
<b>Cap. Ruptura</b>	42 /50/ 65 KA	<b>Amperes</b>	1600, 1600
<b>Hz.</b>	50- 60	<b>Diagrama</b>	
<b>No. de serie</b>	N752445		

<b>Interruptor 02 Subestación 02</b>			
<b>Marca</b>	Federal Pacific	<b>Tipo</b>	50H-2
<b>Polos</b>	3	<b>Volts</b>	600,480,240
<b>Cap. Ruptura</b>	4250 65 KA	<b>Amperes</b>	1600, 1200
<b>Hz.</b>	60	<b>Diagrama</b>	0.829
<b>No. de serie</b>	N773431		

<b>Interruptor 03 Subestación 03</b>			
<b>Marca</b>	Federal Pacific	<b>Tipo</b>	50H-2
<b>Polos</b>	3	<b>Volts</b>	600,480,240
<b>Cap. Ruptura</b>	4250 65 KA	<b>Amperes</b>	1600, 1200
<b>Hz.</b>	60	<b>Diagrama</b>	0.829
<b>No. de serie</b>	N773431		

<b>Interruptor 04 Subestación 04</b>			
<b>Marca</b>	Federal Pacific	<b>Tipo</b>	50H-2
<b>Polos</b>	3	<b>Volts</b>	600,480,240
<b>Cap. Ruptura</b>	4250 65 KA	<b>Amperes</b>	1600, 1200
<b>Hz.</b>	60	<b>Diagrama</b>	0.829
<b>No. de serie</b>	N773431		

ANEXO D





**ANEXO D-8**

**MEDICIÓN**







**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 01**

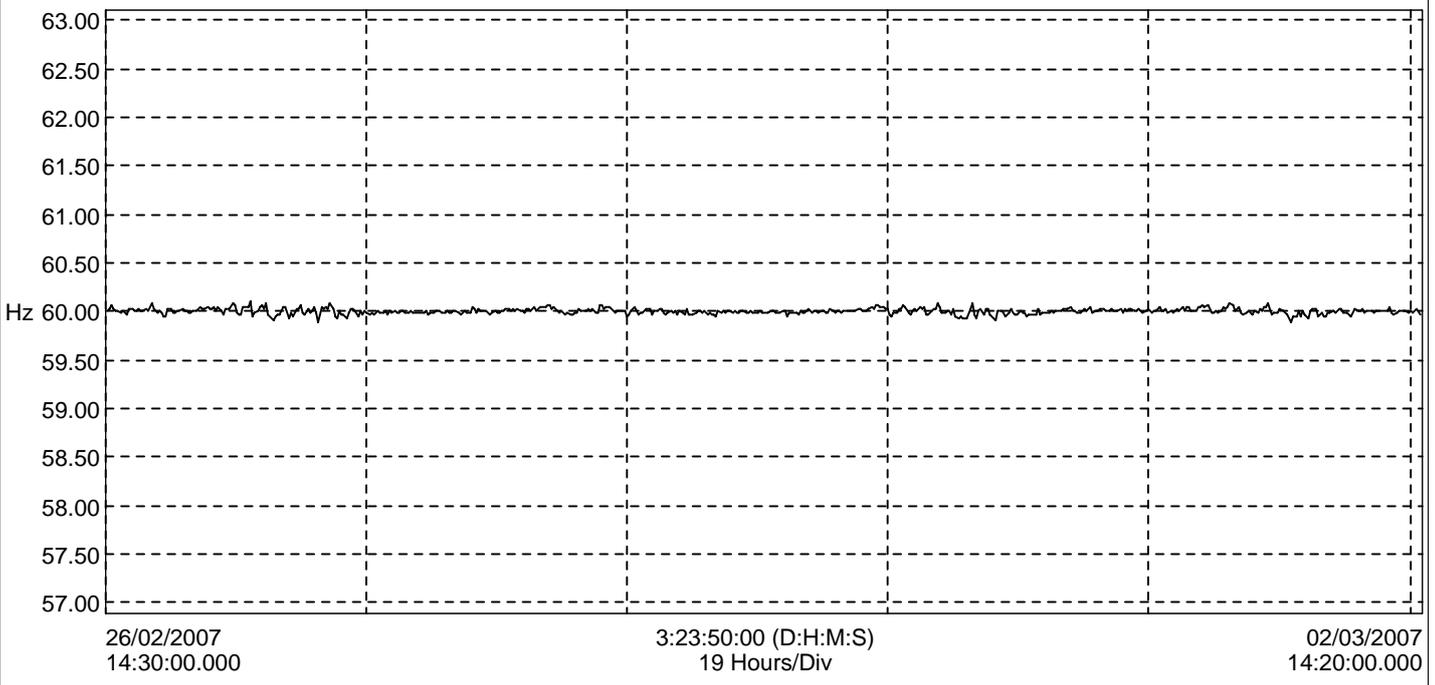




# Informe de Tendencia

Fecha Comienzo Grabación 26/02/2007 - 14:30:00  
 Duración Grabación 3:23:50:01 (d:h:m:s)  
 Instrumento ID Modelo: 3945 - 1 1:261895 3.0

Nombre del Canal: Hz



Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	26/02/2007	14:30:00.000	4:00:00:00	(D:H:M:S)	60.001	59.880	60.100	576

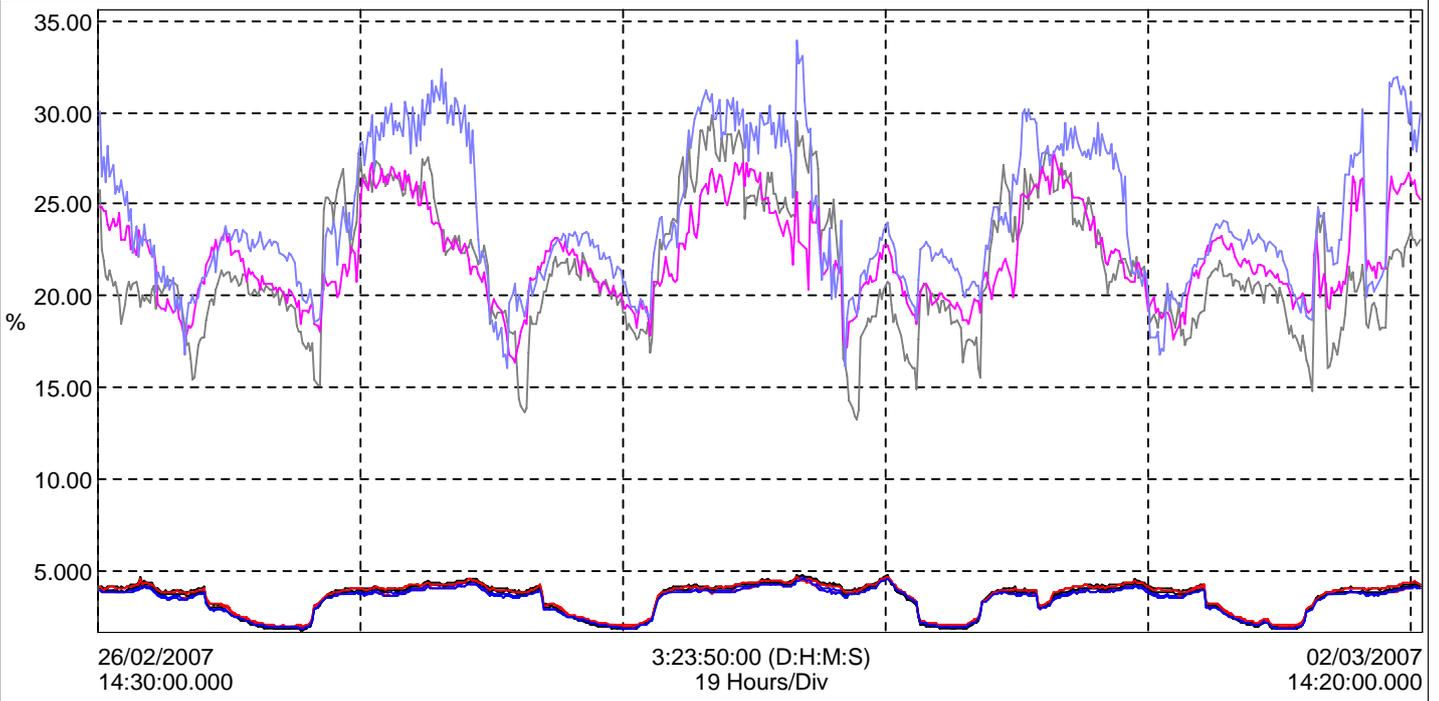
26/02/2007 - 14:30:00.000  
 Val  
 60.01 — Hz







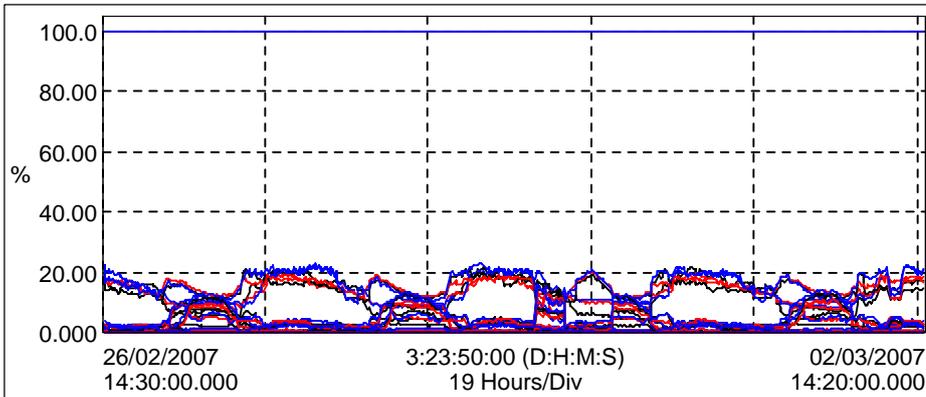
Nombre del Canal: Uthd Linea1



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Linea1	26/02/2007	14:30:00.000	3.5313	1.8000	4.7000	%
Uthd Linea2	26/02/2007	14:30:00.000	3.3734	1.9000	4.6000	%
Uthd Linea3	26/02/2007	14:30:00.000	3.3635	1.8000	4.6000	%
Vthd Linea1	26/02/2007	14:30:00.000	3.4042	1.7000	4.7000	%
Vthd Linea2	26/02/2007	14:30:00.000	3.5236	1.9000	4.6000	%
Vthd Linea3	26/02/2007	14:30:00.000	3.3095	1.8000	4.5000	%
Athd Linea1	26/02/2007	14:30:00.000	21.566	13.200	29.800	%
Athd Linea2	26/02/2007	14:30:00.000	22.048	16.400	27.900	%
Athd Linea3	26/02/2007	14:30:00.000	24.094	16.000	33.900	%

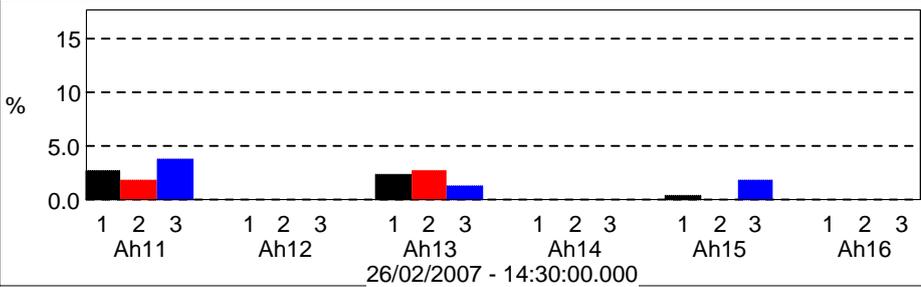
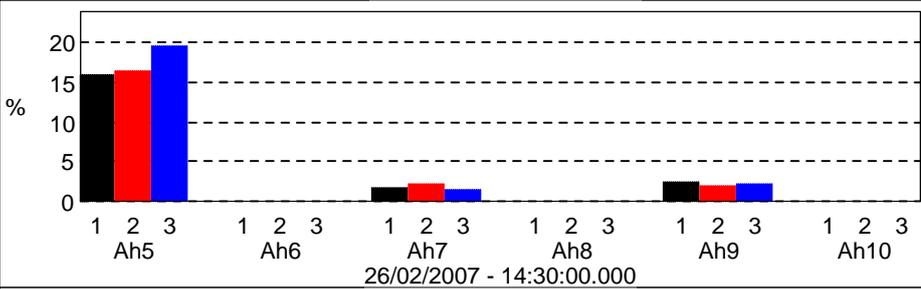
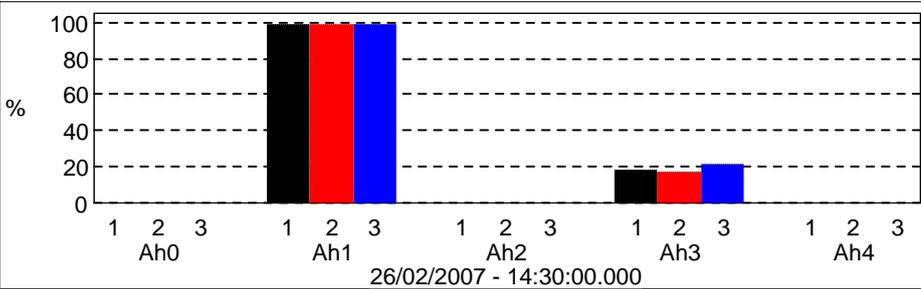
26/02/2007 - 14:30:00.000  
 Val  
 4.100 — Uthd Linea1  
 3.900 — Uthd Linea2  
 3.900 — Uthd Linea3  
 4.000 — Vthd Linea1  
 4.100 — Vthd Linea2  
 3.900 — Vthd Linea3  
 25.80 — Athd Linea1  
 24.80 — Athd Linea2  
 30.10 — Athd Linea3





Nombre del Canal: Ah2 Linea1  
 Ratio de Corriente: 1.000

Nombre	Prom	Min	Max	Unidades
Ah0 Linea1	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah0 Linea2	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah0 Linea3	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah1 Linea1	100.00	100.00	100.00	%
Ah1 Linea2	100.00	100.00	100.00	%
Ah1 Linea3	100.00	100.00	100.00	%
Ah2 Linea1	0.148	0.0000	0.700	%
Ah2 Linea2	0.253	0.0000	0.600	%
Ah2 Linea3	0.293	0.0000	0.900	%
Ah3 Linea1	11.873	3.3000	21.500	%
Ah3 Linea2	13.138	8.5000	19.600	%
Ah3 Linea3	14.107	8.2000	22.400	%
Ah4 Linea1	1.5625E-3	0.0000	0.100	%
Ah4 Linea2	3.4722E-3	0.0000	0.100	%
Ah4 Linea3	24.479E-3	0.0000	0.200	%
Ah5 Linea1	14.223	3.8000	21.300	%





**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 02**

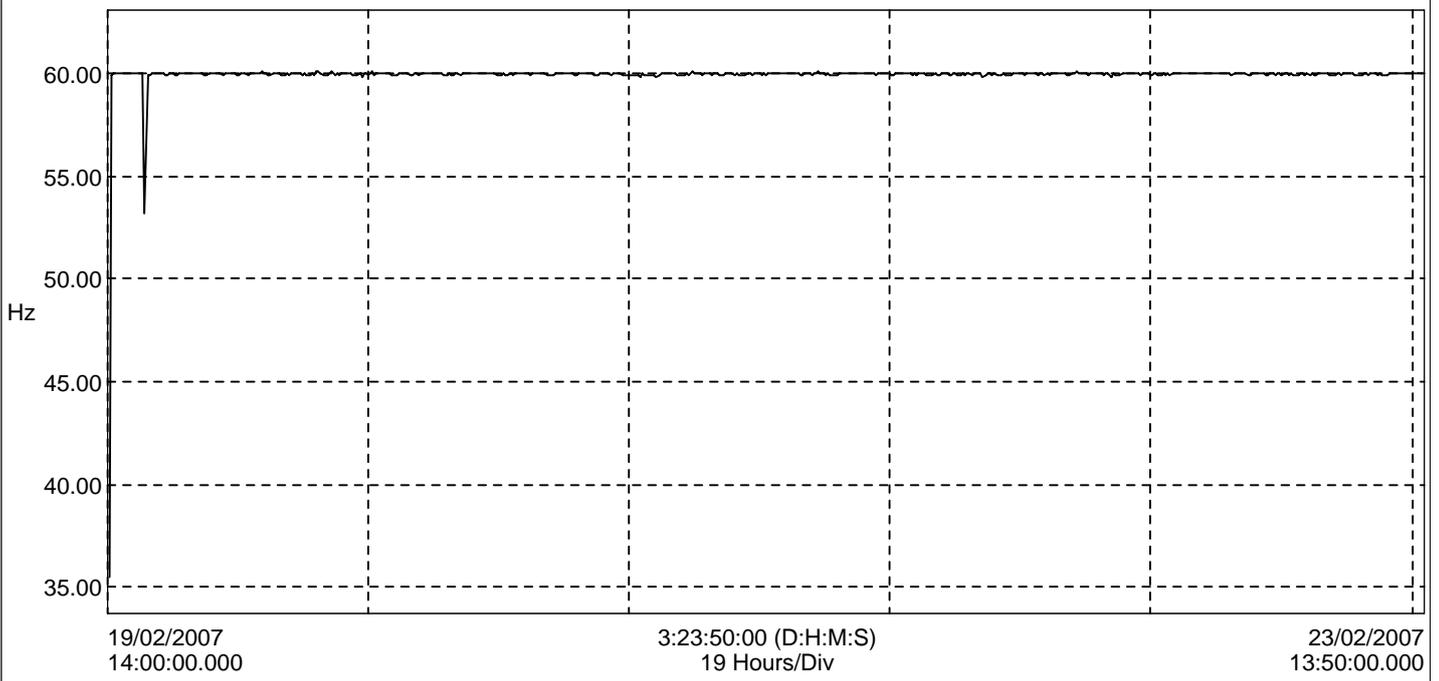




# Informe de Tendencia

Fecha Comienzo Grabación 19/02/2007 - 14:00:00  
 Duración Grabación 3:23:50:01 (d:h:m:s)  
 Instrumento ID Modelo: 3945 - 1 1:261895 3.0

Nombre del Canal: Hz



Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	19/02/2007	14:00:00.000	4:00:00:00	(D:H:M:S)	59.947	35.470	60.110	576

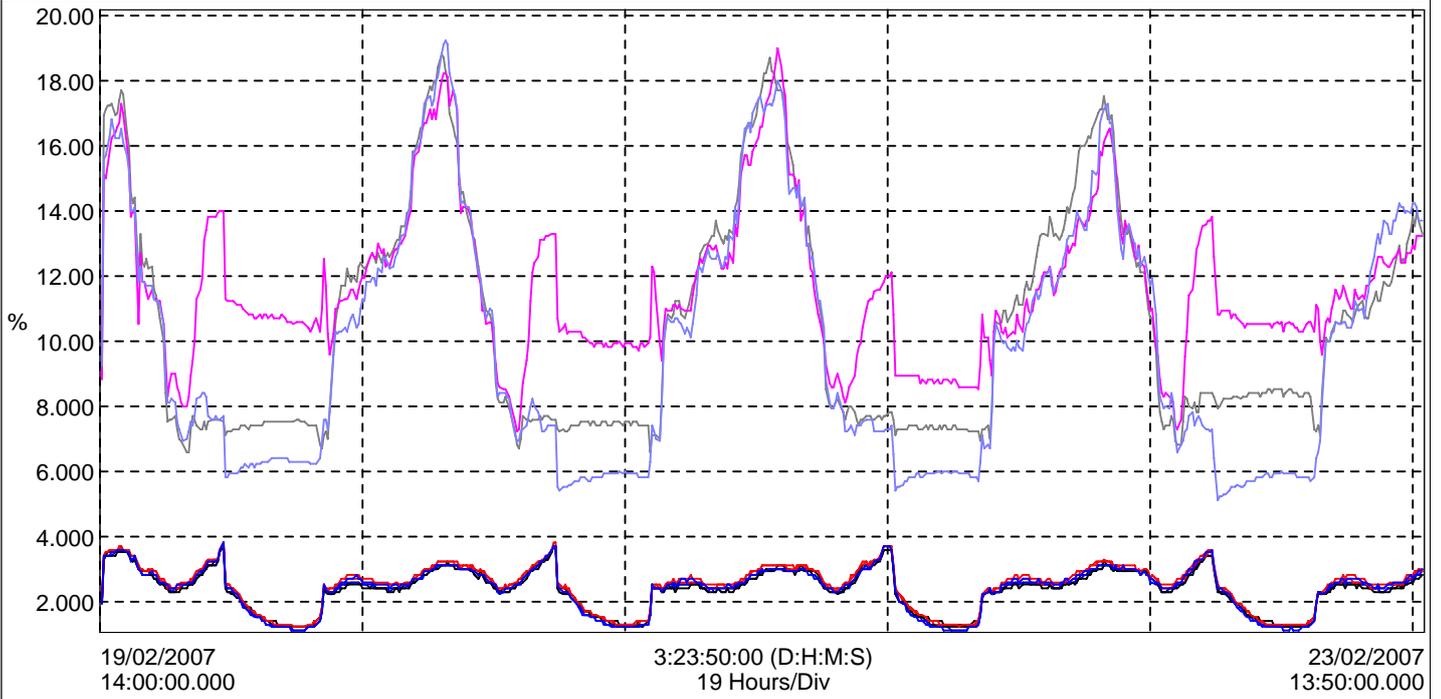
19/02/2007 - 14:00:00.000  
 Val  
 35.47 — Hz







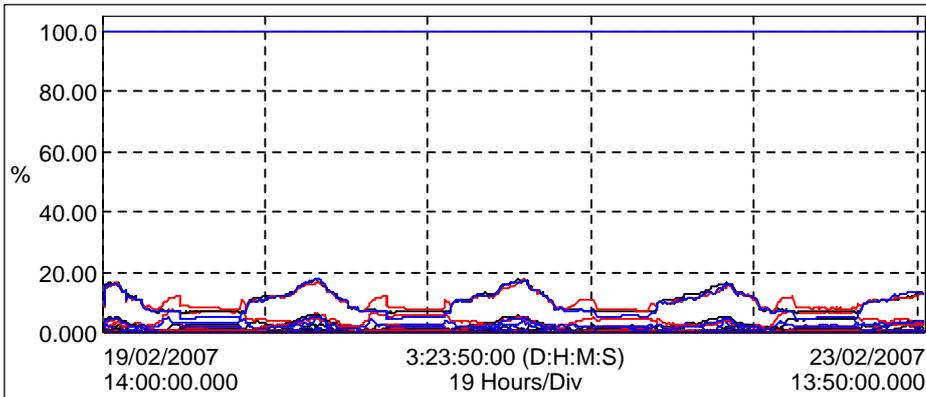
Nombre del Canal: Uthd Linea1



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Linea1	19/02/2007	14:00:00.000	2.3977	1.2000	3.7000	%
Uthd Linea2	19/02/2007	14:00:00.000	2.4780	1.2000	3.8000	%
Uthd Linea3	19/02/2007	14:00:00.000	2.3448	1.1000	3.7000	%
Vthd Linea1	19/02/2007	14:00:00.000	2.3319	1.2000	3.7000	%
Vthd Linea2	19/02/2007	14:00:00.000	2.4533	1.2000	3.8000	%
Vthd Linea3	19/02/2007	14:00:00.000	2.3927	1.1000	3.8000	%
Athd Linea1	19/02/2007	14:00:00.000	10.490	6.6000	18.800	%
Athd Linea2	19/02/2007	14:00:00.000	11.633	7.2000	19.000	%
Athd Linea3	19/02/2007	14:00:00.000	9.8245	5.1000	19.200	%

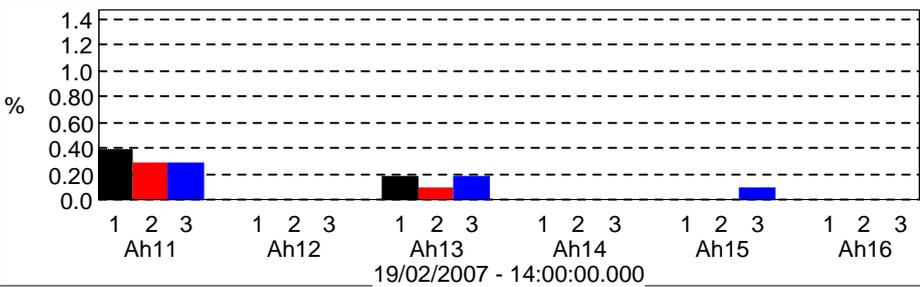
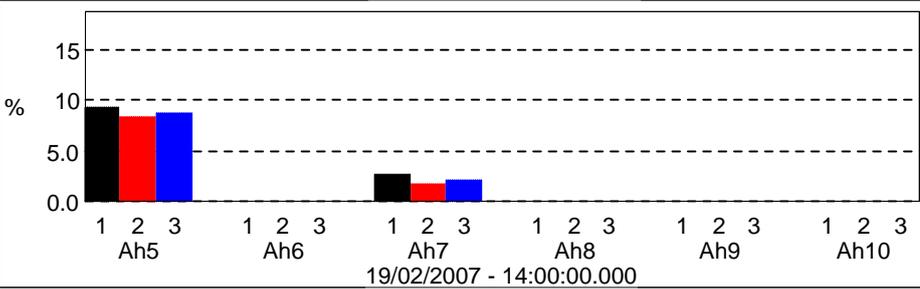
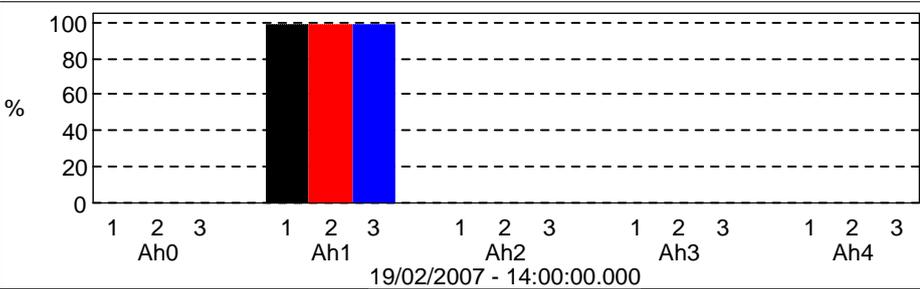
19/02/2007 - 14:00:00.000  
 Val  
 2.000 — Uthd Linea1  
 2.000 — Uthd Linea2  
 1.900 — Uthd Linea3  
 1.900 — Vthd Linea1  
 2.000 — Vthd Linea2  
 1.900 — Vthd Linea3  
 10.00 — Athd Linea1  
 8.800 — Athd Linea2  
 9.200 — Athd Linea3





Nombre del Canal: Ah1 Linea1  
 Ratio de Corriente: 1.000

Nombre	Prom	Min	Max	Unidades
Ah0 Linea1	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah0 Linea2	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah0 Linea3	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah1 Linea1	100.00	100.00	100.00	%
Ah1 Linea2	100.00	100.00	100.00	%
Ah1 Linea3	100.00	100.00	100.00	%
Ah2 Linea1	69.792E-3	0.0000	0.500	%
Ah2 Linea2	0.208	0.0000	0.600	%
Ah2 Linea3	0.178	0.0000	0.600	%
Ah3 Linea1	2.0137	0.100	4.5000	%
Ah3 Linea2	4.2818	0.900	7.4000	%
Ah3 Linea3	2.2809	0.100	5.3000	%
Ah4 Linea1	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah4 Linea2	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah4 Linea3	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah5 Linea1	9.9694	6.4000	17.800	%





**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 03**





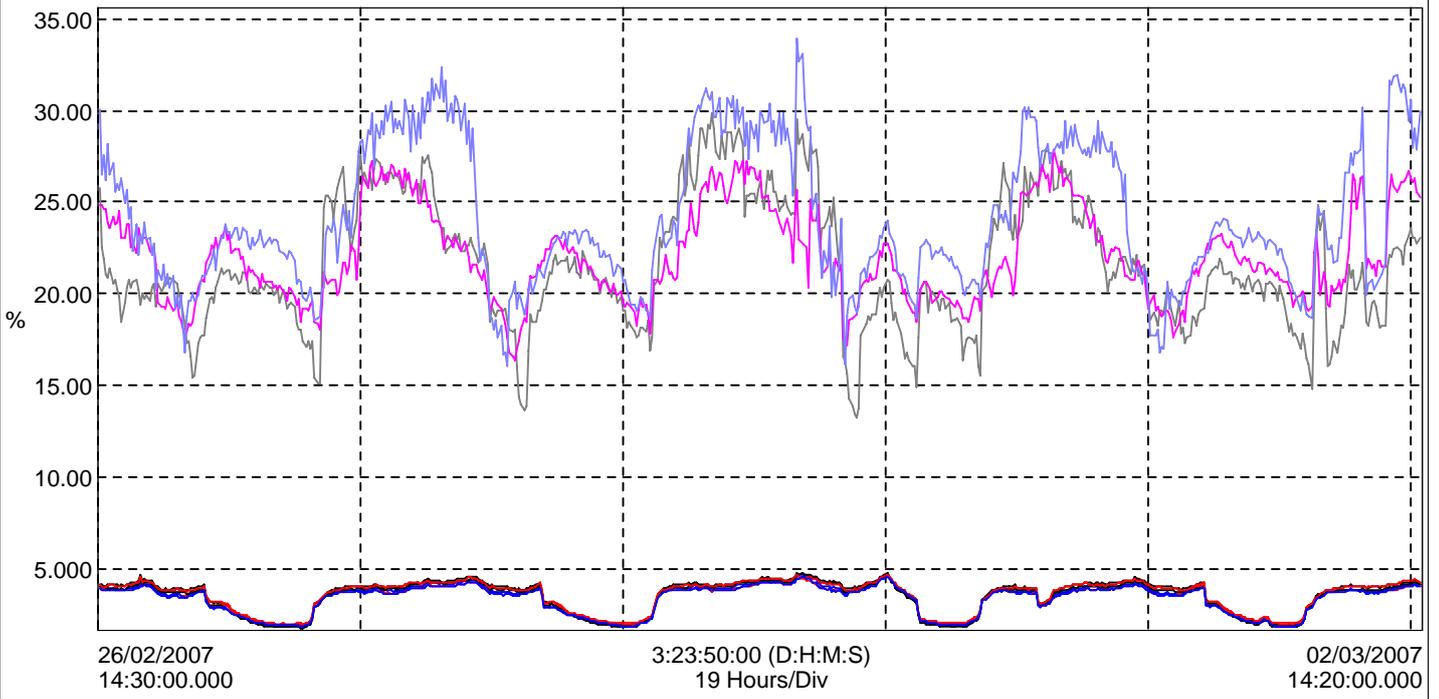








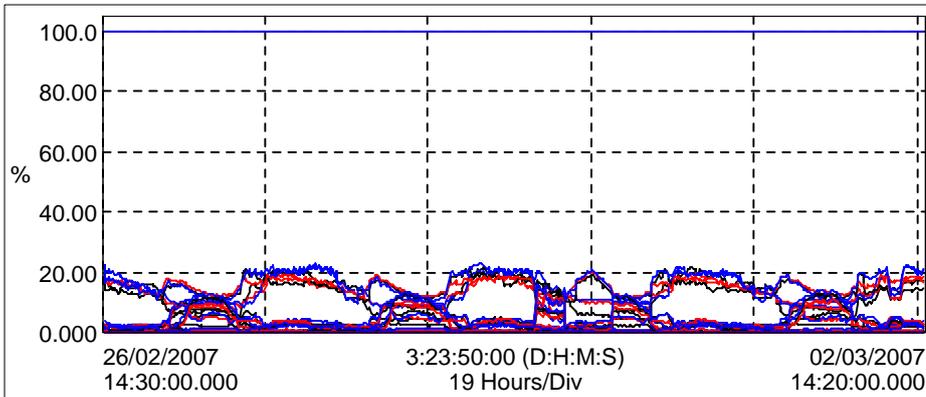
Nombre del Canal: Uthd Linea1



Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Uthd Linea1	26/02/2007	14:30:00.000	3.5313	1.8000	4.7000	%
Uthd Linea2	26/02/2007	14:30:00.000	3.3734	1.9000	4.6000	%
Uthd Linea3	26/02/2007	14:30:00.000	3.3635	1.8000	4.6000	%
Vthd Linea1	26/02/2007	14:30:00.000	3.4042	1.7000	4.7000	%
Vthd Linea2	26/02/2007	14:30:00.000	3.5236	1.9000	4.6000	%
Vthd Linea3	26/02/2007	14:30:00.000	3.3095	1.8000	4.5000	%
Athd Linea1	26/02/2007	14:30:00.000	21.566	13.200	29.800	%
Athd Linea2	26/02/2007	14:30:00.000	22.048	16.400	27.900	%
Athd Linea3	26/02/2007	14:30:00.000	24.094	16.000	33.900	%

26/02/2007 - 14:30:00.000  
 Val  
 4.100 — Uthd Linea1  
 3.900 — Uthd Linea2  
 3.900 — Uthd Linea3  
 4.000 — Vthd Linea1  
 4.100 — Vthd Linea2  
 3.900 — Vthd Linea3  
 25.80 — Athd Linea1  
 24.80 — Athd Linea2  
 30.10 — Athd Linea3



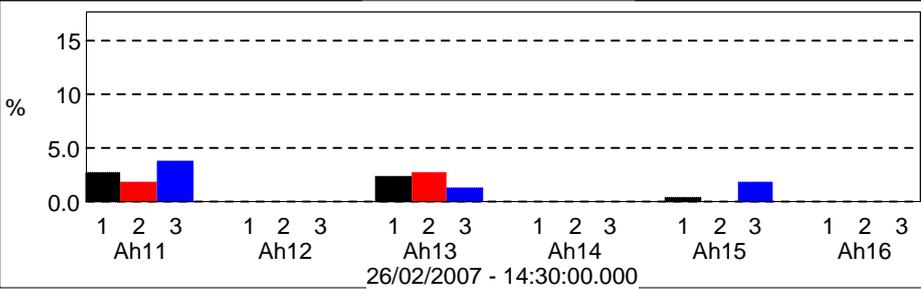
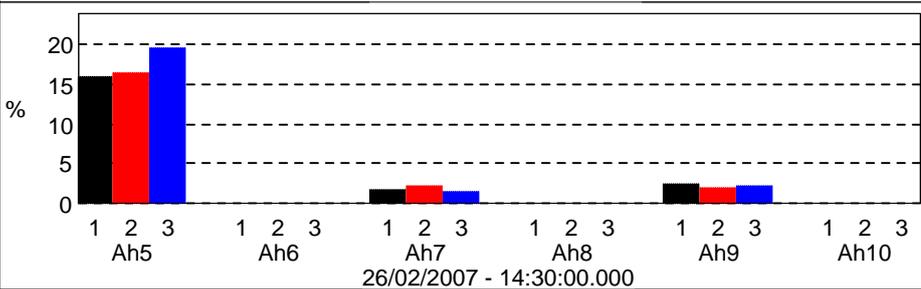
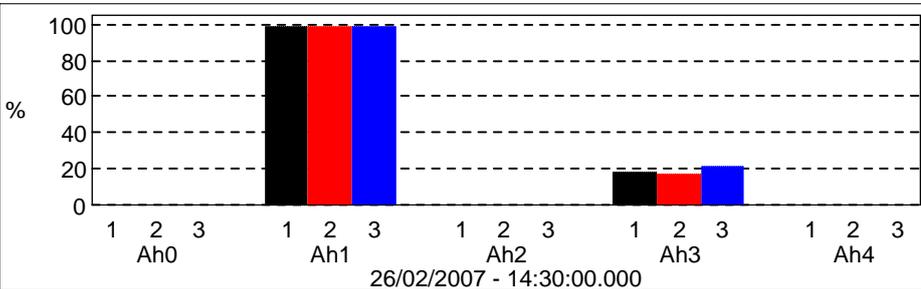


26/02/2007 - 14:30:00.000

- Val
- 0.000 — Ah0 Linea1
  - 0.000 — Ah0 Linea2
  - 0.000 — Ah0 Linea3
  - 100.0 — Ah1 Linea1
  - 100.0 — Ah1 Linea2
  - 100.0 — Ah1 Linea3
  - 0.300 — Ah2 Linea1
  - 0.200 — Ah2 Linea2
  - 0.400 — Ah2 Linea3
  - 19.30 — Ah3 Linea1
  - 17.60 — Ah3 Linea2
  - 22.00 — Ah3 Linea3
  - 0.000 — Ah4 Linea1
  - 0.000 — Ah4 Linea2
  - 0.100 — Ah4 Linea3
  - 16.20 — Ah5 Linea1
  - 16.80 — Ah5 Linea2
  - 19.80 — Ah5 Linea3
  - 0.000 — Ah6 Linea1
  - 0.000 — Ah6 Linea2
  - 0.000 — Ah6 Linea3
  - 2.000 — Ah7 Linea1
  - 2.300 — Ah7 Linea2
  - 1.800 — Ah7 Linea3
  - 0.000 — Ah8 Linea1
  - 0.000 — Ah8 Linea2
  - 0.000 — Ah8 Linea3
  - 2.700 — Ah9 Linea1
  - 2.200 — Ah9 Linea2
  - 2.500 — Ah9 Linea3
  - 0.000 — Ah10 Linea1
  - 0.000 — Ah10 Linea2
  - 0.000 — Ah10 Linea3
  - 2.800 — Ah11 Linea1
  - 1.900 — Ah11 Linea2
  - 3.900 — Ah11 Linea3
  - 0.000 — Ah12 Linea1
  - 0.000 — Ah12 Linea2
  - 0.000 — Ah12 Linea3
  - 2.500 — Ah13 Linea1
  - 2.800 — Ah13 Linea2
  - 1.500 — Ah13 Linea3
  - 0.000 — Ah14 Linea1
  - 0.000 — Ah14 Linea2
  - 0.000 — Ah14 Linea3
  - 0.500 — Ah15 Linea1
  - 0.200 — Ah15 Linea2
  - 2.000 — Ah15 Linea3
  - 0.000 — Ah16 Linea1
  - 0.000 — Ah16 Linea2
  - 0.000 — Ah16 Linea3

Nombre del Canal: Ah2 Linea1  
Ratio de Corriente: 1.000

Nombre	Prom	Min	Max	Unidades
Ah0 Linea1	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah0 Linea2	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah0 Linea3	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah1 Linea1	100.00	100.00	100.00	%
Ah1 Linea2	100.00	100.00	100.00	%
Ah1 Linea3	100.00	100.00	100.00	%
Ah2 Linea1	0.148	0.0000	0.700	%
Ah2 Linea2	0.253	0.0000	0.600	%
Ah2 Linea3	0.293	0.0000	0.900	%
Ah3 Linea1	11.873	3.3000	21.500	%
Ah3 Linea2	13.138	8.5000	19.600	%
Ah3 Linea3	14.107	8.2000	22.400	%
Ah4 Linea1	1.5625E-3	0.0000	0.100	%
Ah4 Linea2	3.4722E-3	0.0000	0.100	%
Ah4 Linea3	24.479E-3	0.0000	0.200	%
Ah5 Linea1	14.223	3.8000	21.300	%





**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 04**

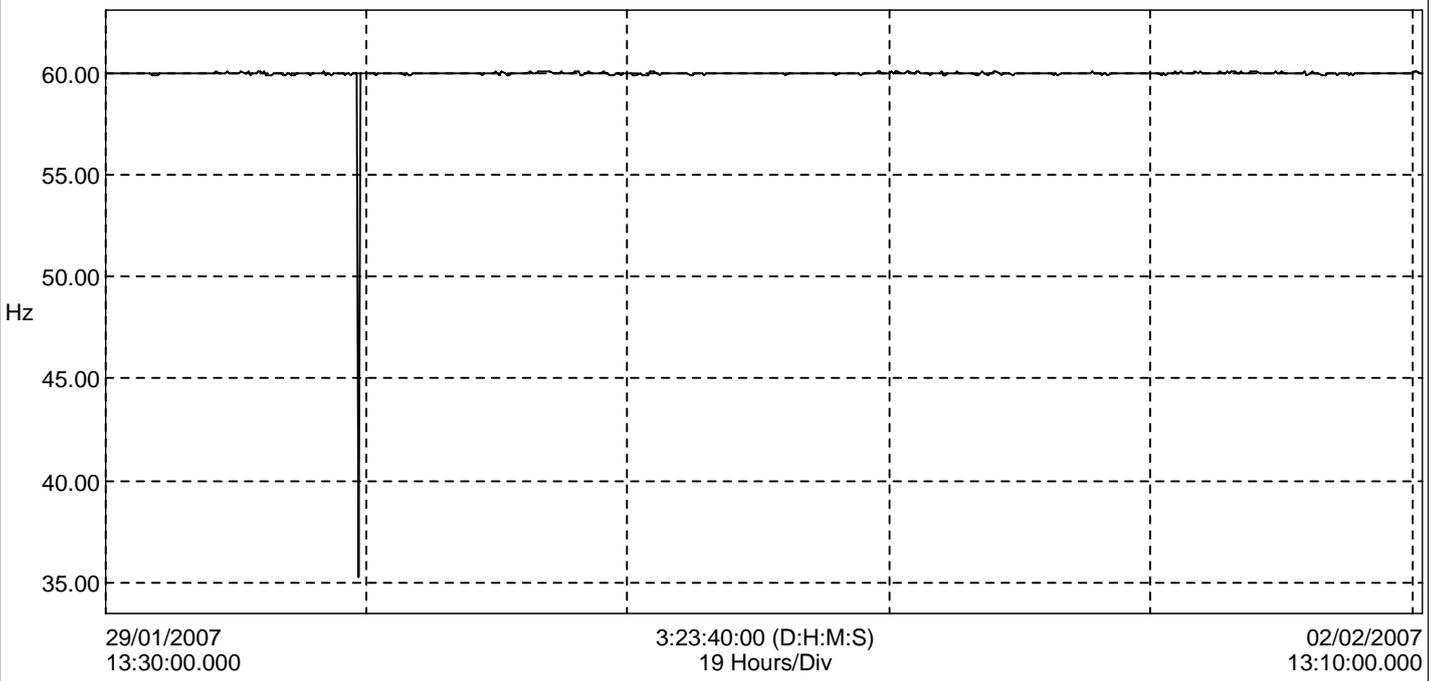




# Informe de Tendencia

Fecha Comienzo Grabación 29/01/2007 - 13:30:00  
 Duración Grabación 3:23:40:01 (d:h:m:s)  
 Instrumento ID Modelo: 3945 - 1 1:261895 3.0

Nombre del Canal: Hz



Nombre	Fecha	Hora	Duración	Units	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	29/01/2007	13:30:00.000	3:23:50:00	(D:H:M:S)	59.966	35.220	60.110	575

29/01/2007 - 13:30:00.000  
 Val  
 60.02 — Hz

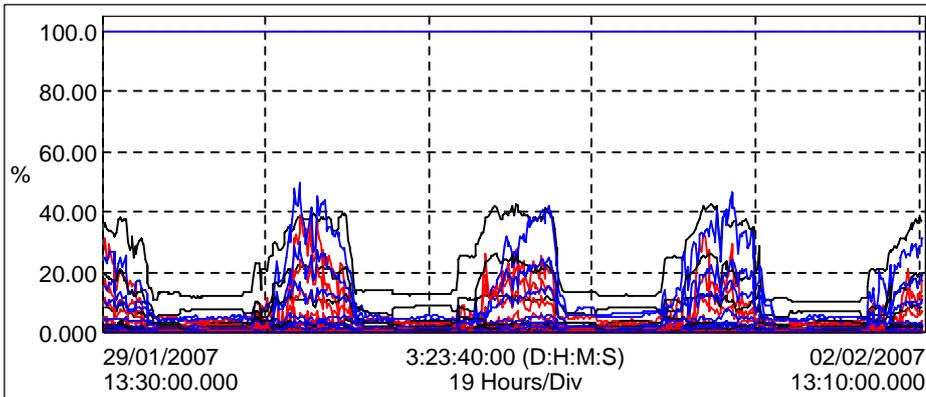










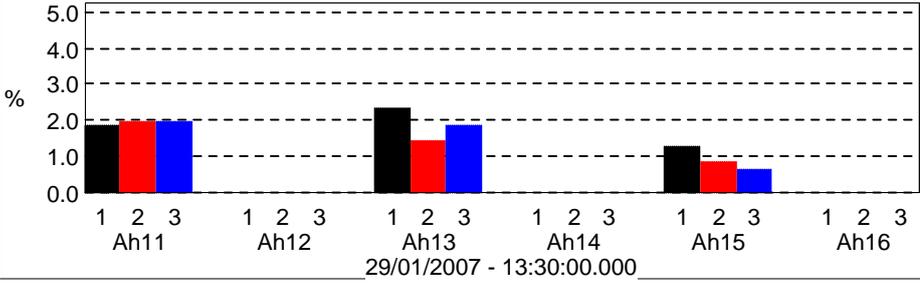
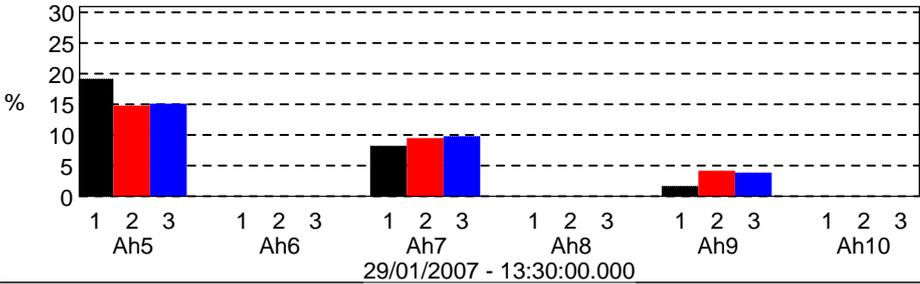
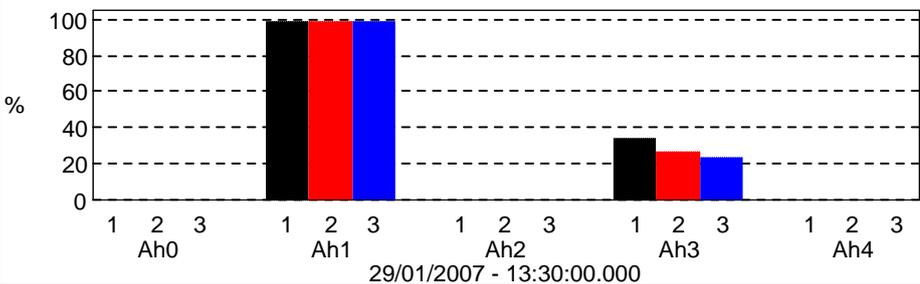


29/01/2007 - 13:30:00.000

- Val
- 0.000 — Ah0 Linea1
  - 0.000 — Ah0 Linea2
  - 0.000 — Ah0 Linea3
  - 100.0 — Ah1 Linea1
  - 100.0 — Ah1 Linea2
  - 100.0 — Ah1 Linea3
  - 0.200 — Ah2 Linea1
  - 0.300 — Ah2 Linea2
  - 0.300 — Ah2 Linea3
  - 35.30 — Ah3 Linea1
  - 27.10 — Ah3 Linea2
  - 24.40 — Ah3 Linea3
  - 0.000 — Ah4 Linea1
  - 0.000 — Ah4 Linea2
  - 0.100 — Ah4 Linea3
  - 19.40 — Ah5 Linea1
  - 15.00 — Ah5 Linea2
  - 15.30 — Ah5 Linea3
  - 0.000 — Ah6 Linea1
  - 0.000 — Ah6 Linea2
  - 0.000 — Ah6 Linea3
  - 8.500 — Ah7 Linea1
  - 9.800 — Ah7 Linea2
  - 9.900 — Ah7 Linea3
  - 0.000 — Ah8 Linea1
  - 0.000 — Ah8 Linea2
  - 0.000 — Ah8 Linea3
  - 1.800 — Ah9 Linea1
  - 4.500 — Ah9 Linea2
  - 4.100 — Ah9 Linea3
  - 0.000 — Ah10 Linea1
  - 0.000 — Ah10 Linea2
  - 0.000 — Ah10 Linea3
  - 1.900 — Ah11 Linea1
  - 2.000 — Ah11 Linea2
  - 2.000 — Ah11 Linea3
  - 0.000 — Ah12 Linea1
  - 0.000 — Ah12 Linea2
  - 0.000 — Ah12 Linea3
  - 2.400 — Ah13 Linea1
  - 1.500 — Ah13 Linea2
  - 1.900 — Ah13 Linea3
  - 0.000 — Ah14 Linea1
  - 0.000 — Ah14 Linea2
  - 0.000 — Ah14 Linea3
  - 1.300 — Ah15 Linea1
  - 0.900 — Ah15 Linea2
  - 0.700 — Ah15 Linea3
  - 0.000 — Ah16 Linea1
  - 0.000 — Ah16 Linea2
  - 0.000 — Ah16 Linea3

Nombre del Canal: Ah1 Linea1  
Ratio de Corriente: 1.000

Nombre	Prom	Min	Max	Unidades
Ah0 Linea1	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah0 Linea2	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah0 Linea3	0.0000	0.0000	0.0000	%
Ah1 Linea1	100.00	100.00	100.00	%
Ah1 Linea2	100.00	100.00	100.00	%
Ah1 Linea3	100.00	100.00	100.00	%
Ah2 Linea1	0.123	0.0000	1.7000	%
Ah2 Linea2	0.708	0.0000	12.300	%
Ah2 Linea3	0.401	0.100	1.4000	%
Ah3 Linea1	22.162	9.9000	42.700	%
Ah3 Linea2	9.1543	0.0000	38.800	%
Ah3 Linea3	14.164	2.5000	49.800	%
Ah4 Linea1	23.826E-3	0.0000	0.300	%
Ah4 Linea2	0.170	0.0000	3.7000	%
Ah4 Linea3	10.783E-3	0.0000	0.300	%
Ah5 Linea1	12.141	4.7000	26.100	%





**ANEXO D-9**  
**TABLA DE FACTURACION**







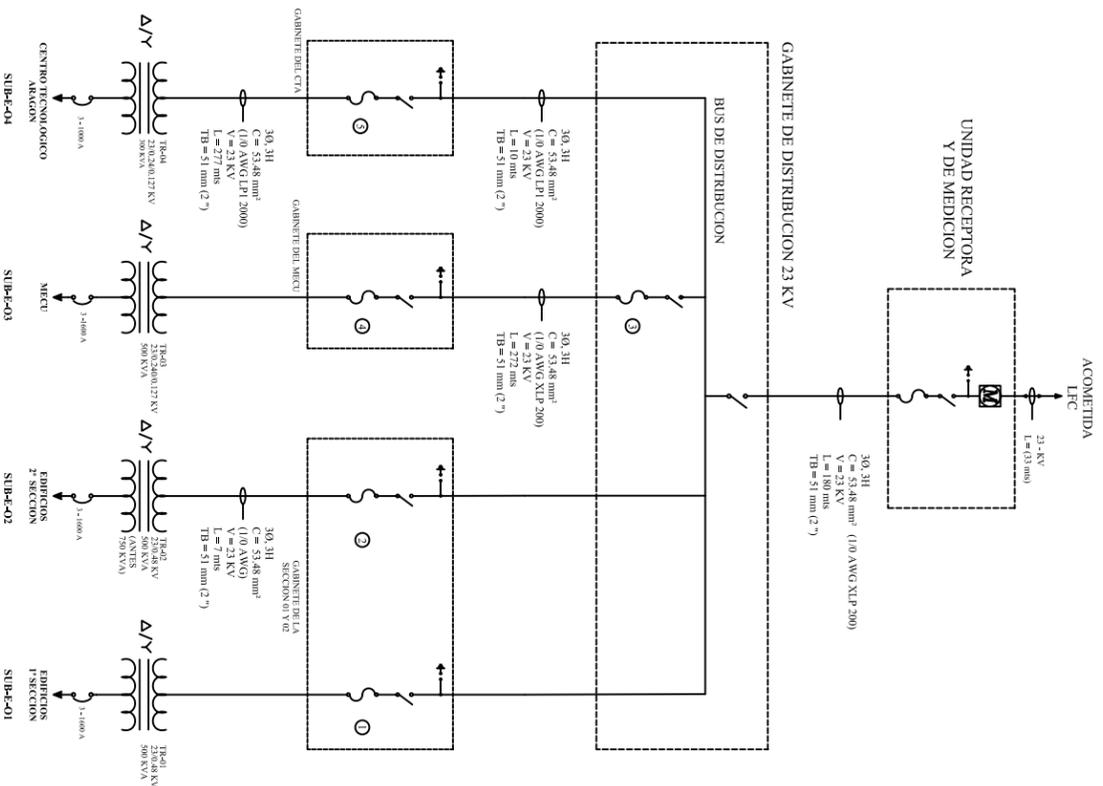


**ANEXO D-10**  
**DIAGRAMAS UNIFILARES**



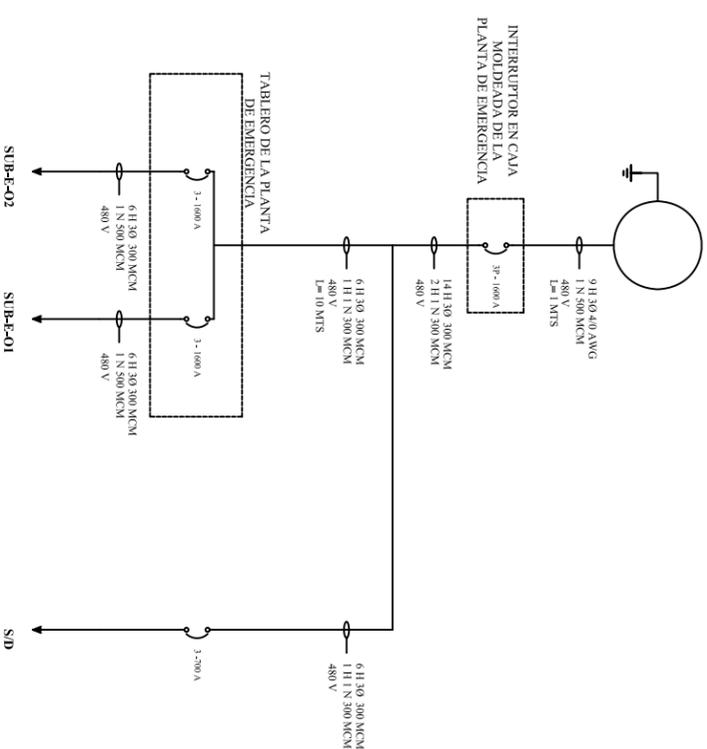


DIARAMA UNIFILAR  
FES-A-SUB-E-00



- ① S/D
- ② S/D
- ③ TPO = FHE-6  
TENSION NOMINAL = 23 KV  
CORRIENTE NOMINAL = 2 AMPS  
MARC= ENERCONEX
- ④ TPO = FE 24016  
TENSION NOMINAL = 24 KV  
CORRIENTE NOMINAL = 16 AMPS  
CAPACIDAD INTERFASICA 1000 MVA  
MARC= ELAMEX
- ⑤ TPO = FE 24016  
TENSION NOMINAL = 24 KV  
CORRIENTE NOMINAL = 16 AMPS  
CAPACIDAD INTERFASICA 1000 MVA  
MARC= ELAMEX

DIARAMA UNIFILAR  
PLANTA DE EMERGENCIA  
FES-A-SUB-E-00

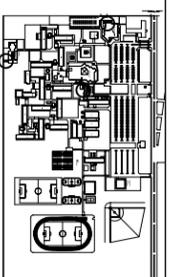


Cuadro de áreas:

croquis de localizador:

croquis por nivel :

DIAGRAMA UNIFILAR  
SUBSTACION ELECTRICA PRINCIPAL  
PLANTA DE EMERGENCIA



MEGA PROYECTO

FECHA DE ELABORACION	17/02/2022	FECHA	
FECHA DE REVISION		FECHA	
FECHA DE APROBACION		FECHA	
FECHA DE CANCELACION		FECHA	

SIMBOLOGIA

- INTERRUPTOR TRANSFORMADOR
- TRANSFORMADOR
- CONMUTADOR DE TRANSFORMADOR
- FUSIBLE
- CERCILLA
- PUERTA A TIERRA
- INTERRUPTOR DE PROTECCION DIFERENCIAL
- TABLERO GENERAL SIN INTERRUPTOR
- S/D
- PLANTA DE EMERGENCIA

**FES ARAGON** **UNIZAMA**

Plano:	ELECTRICO		
Concepto:	DIAGRAMA UNIFILAR		
Area de proyecto:	M.D. EN EL OMBRO PRINCIPAL/EMERGENCIA		
Subproyecto:	SISTEMA UNIFILAR EN EMERGENCIA		
Cliente:	Aeródromo de Aragón S.A. de Aviación Civil y Aeroespacial		
Usuario:	Centro de Operaciones de Emergencia de Aragón		

NO. DE PROYECTO:	01 / 1	TIPO:	DU-1
------------------	--------	-------	------

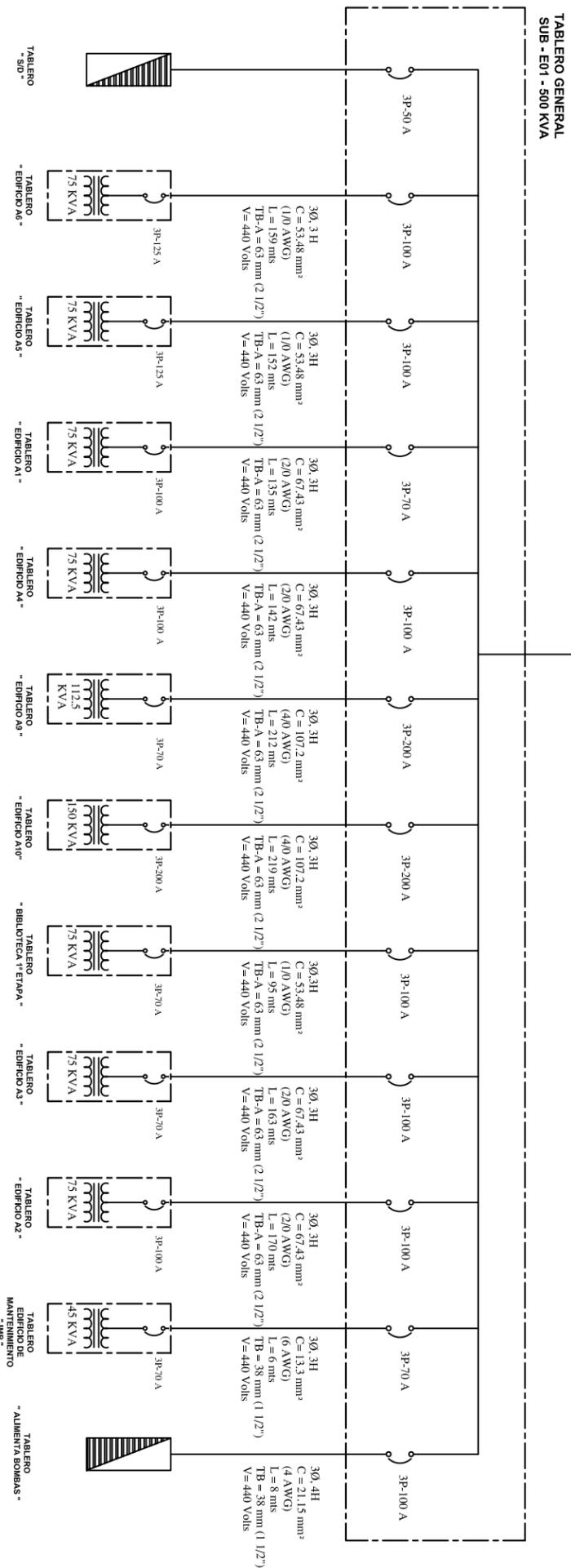
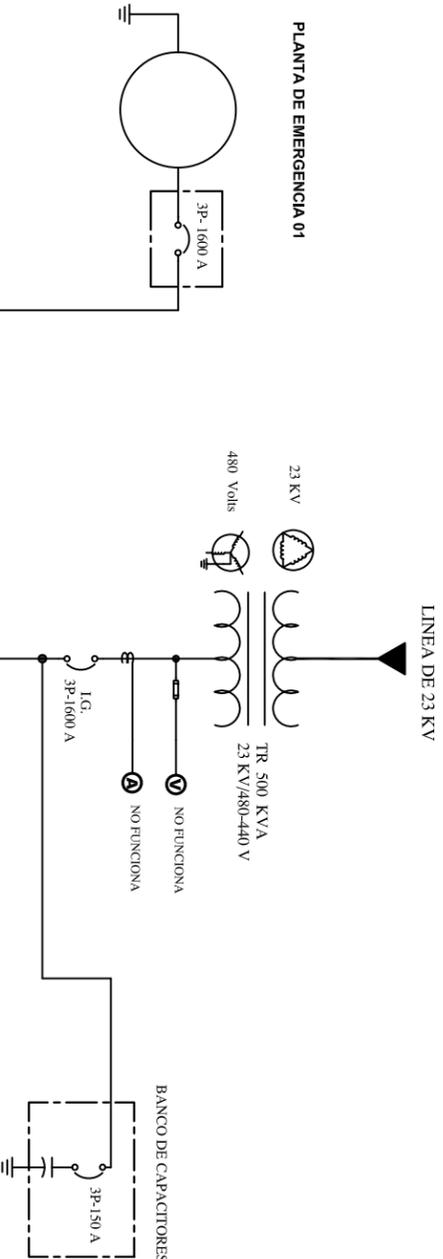
Fecha:	ECO. DE ELABORACION	Fecha:	
Fecha:	30/04/2022	Fecha:	

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

NO. DE PLAN	01 / 4
TÍTULO	SBE-01
FECHA	08/03/2007
PROYECTISTA	ING. J. RAMÍREZ
REVISOR	ING. J. RAMÍREZ
APROBADO	ING. J. RAMÍREZ

**SIMBOLOGÍA**

	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO
	TRANSFORMADOR
	COMBINACIÓN DEL TRANSFORMADOR
	FUSIBLE
	CIRCUITAJE
	POTENCIA A TIERRA
	ANCLAJE
	VOLTAJE
	BANCO DE CAPACITORES
	TABLERO GENERAL DEL BARRIO CON INTERRUPTOR TIPO SICO EN ST. 5 Y TRANSFORMADOR PRINCIPAL
	S/D
	LINEA DE 23 KV
	LINEA DE 440 VOLTS



Cuadro de áreas:

croquis de localizador:

croquis por nivel :

**DIAGRAMA UNIFILAR**

**SUBSTACION PRINCIPAL SECCIÓN 01, TR-500 KVA**

FECHA:	08/03/2007
PROYECTISTA:	ING. J. RAMÍREZ
REVISOR:	ING. J. RAMÍREZ
APROBADO:	ING. J. RAMÍREZ
TÍTULO:	SBE-01

01 / 4 SBE-01

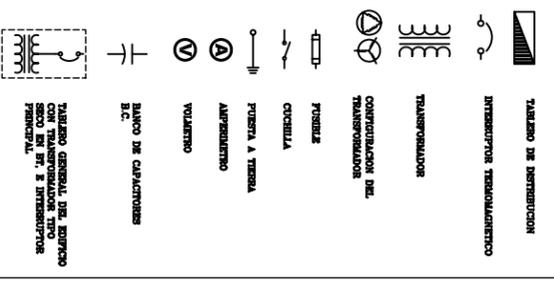
croquis de localizador:

croquis por nivel :

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

NO. DE PLAN	02 / 4	TÍTULO	SBE-02
FECHA DE ELABORACIÓN	02/04/2023	PROYECTO	02 / 4
FECHA DE APROBACIÓN	02/04/2023	PROYECTO	02 / 4
FECHA DE REVISIÓN		PROYECTO	02 / 4

SIMBOLOGÍA



Plan:	ELECTRICO
Contenido:	DIAGRAMA UNIFILAR
Objeto de Proyecto:	M.D. EN EL OMBU PRINCO UNIFILARIZ
Cliente:	BONAL INGENIERIA Y CONSULTORIA
Ubicación:	VENIA, DEPARTAMENTO DE TACNA
Elaborado por:	Andrés Sánchez Soto, S.A. de Ingeniería y Consultoría
Revisado por:	Andrés Sánchez Soto, S.A. de Ingeniería y Consultoría
Fecha de Elaboración:	02 / 4
Fecha de Proyecto:	02 / 4
Fecha de Aprobación:	02 / 4
Fecha de Revisión:	02 / 4

Logo of **FB3 INGENIERIA** and **UNIVANIA**.

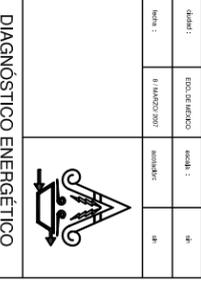
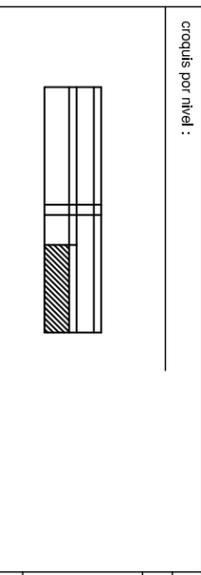
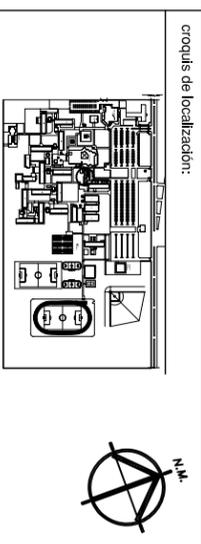
Logo of **Andrés Sánchez Soto, S.A. de Ingeniería y Consultoría**.

Logo of **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**.

Cuadro de áreas:

# DIAGRAMA UNIFILAR

## SUBSTACION PRINCIPAL SECCIÓN 02, TR-500 KVA (ANTES 750 KVA)



cuadro de áreas:

FECHA DE ELABORACION	11/11/20	FECHA	
ELABORADO POR		REVISADO POR	
APROBADO POR		OTRO	

**SIMBOLOGIA**

- TABLERO DE DISTRIBUCION
- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
- TRANSFORMADOR
- COMBINACION DE TRANSFORMADORES
- FUSIBLE
- CERCILLA
- PUESTA A TIERRA
- ATERREJAMIENTO
- VOLTAJE
- BANCO DE CAPACITORES B.C.
- LINEA DE 23 KV
- LINEA DE 220 VOLTS
- SIN DISCONEXION

TABLERO GENERAL DEL SUPLENTE CON TRANSFORMADOR TIPO SECO EN ST. 5 INTERRUPTOR PRINCIPAL.

FECHA DE ELABORACION	03/04	FECHA	
ELABORADO POR		REVISADO POR	
APROBADO POR		OTRO	

**FEI ARAGON** **UNIVAMA**

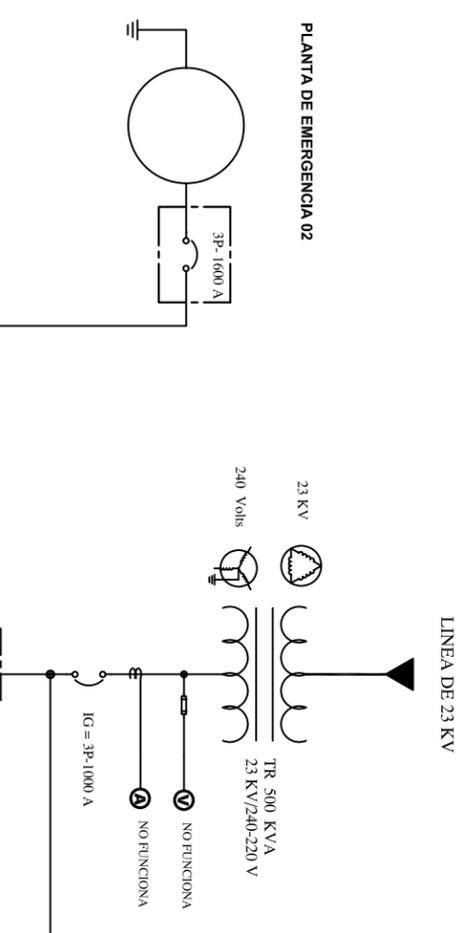
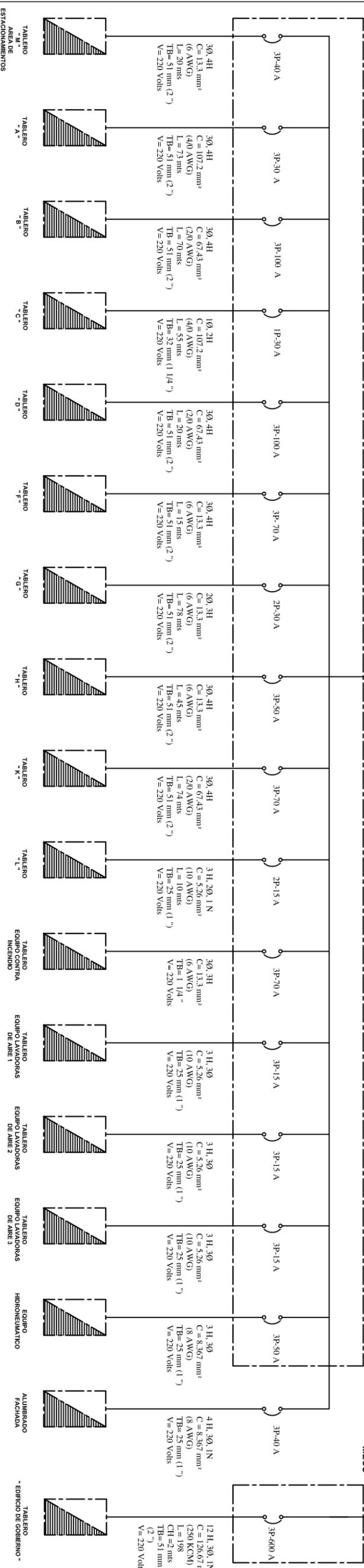
FECHA DE ELABORACION	03/04	FECHA	
ELABORADO POR		REVISADO POR	
APROBADO POR		OTRO	

**03 / 4 SBE-03**

FECHA DE ELABORACION	03/04	FECHA	
ELABORADO POR		REVISADO POR	
APROBADO POR		OTRO	

**TABLERO GENERAL SUB - E03 500 KVA MECU**

**TABLERO DERIVADO DE LA SUB - E03 500 KVA MECU**

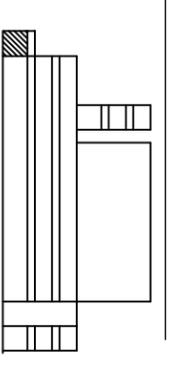
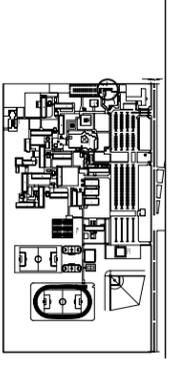


Cuadro de áreas:

croquis de localizador:

croquis por nivel :

**DIAGRAMA UNIFILAR SUBSTACION PRINCIPAL SECCIÓN 03, TR-500 KVA**







**ANEXO D-11**  
**DIAGRAMA DE MEDICIÓN**

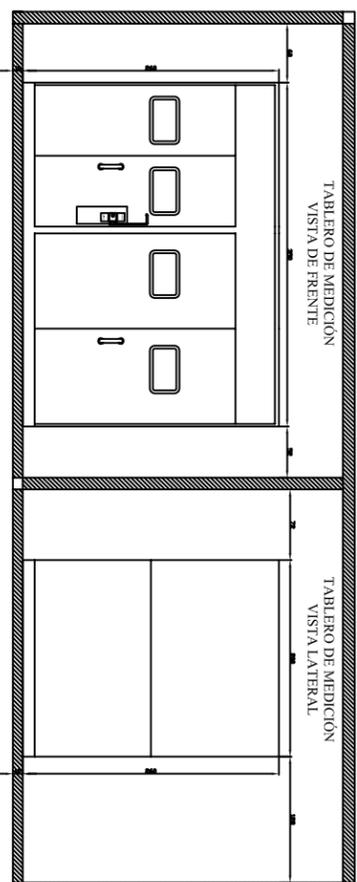
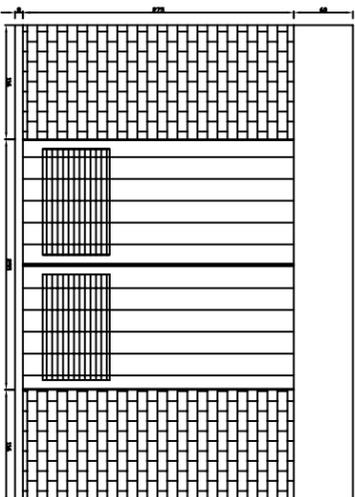




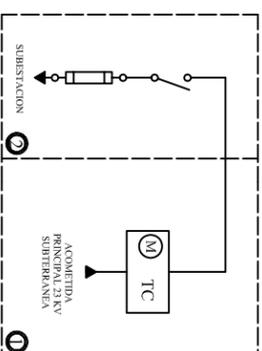
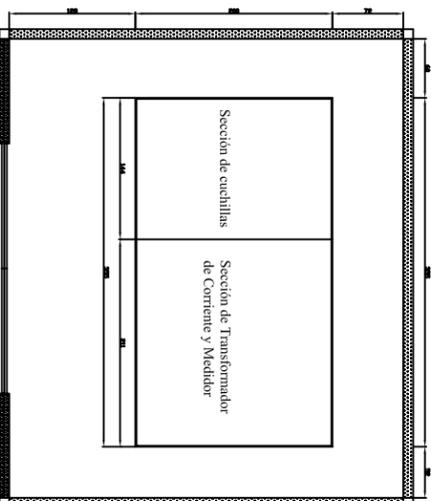
NO. DE PROYECTO	FECHA	PAIS

SIMBOLOGÍA

**Cuarto de Medicion  
Vista de Frente**



**Cuarto de Medicion  
Vista de Planta**

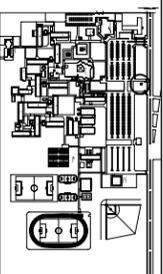


- ① ACOMETIDA Y GABINETE DE RECEPCION, CON TRANSFORMADOR DE CORRIENTE O POTENCIA, Y MEDIDOR DIGITAL DE LIC
- ② GABINETE DE ACOPLAMIENTO CON CUCHILLAS DE DESCONECION DE UN TIRO Y FISIBLES

Cuadro de áreas:

20,82 m²

croquis de localizacion:



croquis por nivel :



<b>FEI ARAGON</b>	<b>UNIVAMA</b>
<b>ELÉCTRICO</b>	<b>ELÉCTRICO</b>
<b>CUADROS DE CARGA</b>	<b>CUADROS DE CARGA</b>
Nombre de proyecto:	ME EN REA, OMBE PRINCO JUANITZ
Cliente:	BRAL SANTIAGO VALEDA
Objeto:	REAR, SANTIAGO VALEDA
Ubicación:	Parque Tecnológico S.A. de CV, Parque Científico Tecnológico de San Mateo.
NO. DE PLANTAS:	1 / 1
FECHA:	12 / FEBR. 2007
ESCALA:	1:100
PROYECTISTA:	M-01





**ANEXO D-12**  
**DIAGRAMAS ESQUEMATICOS**

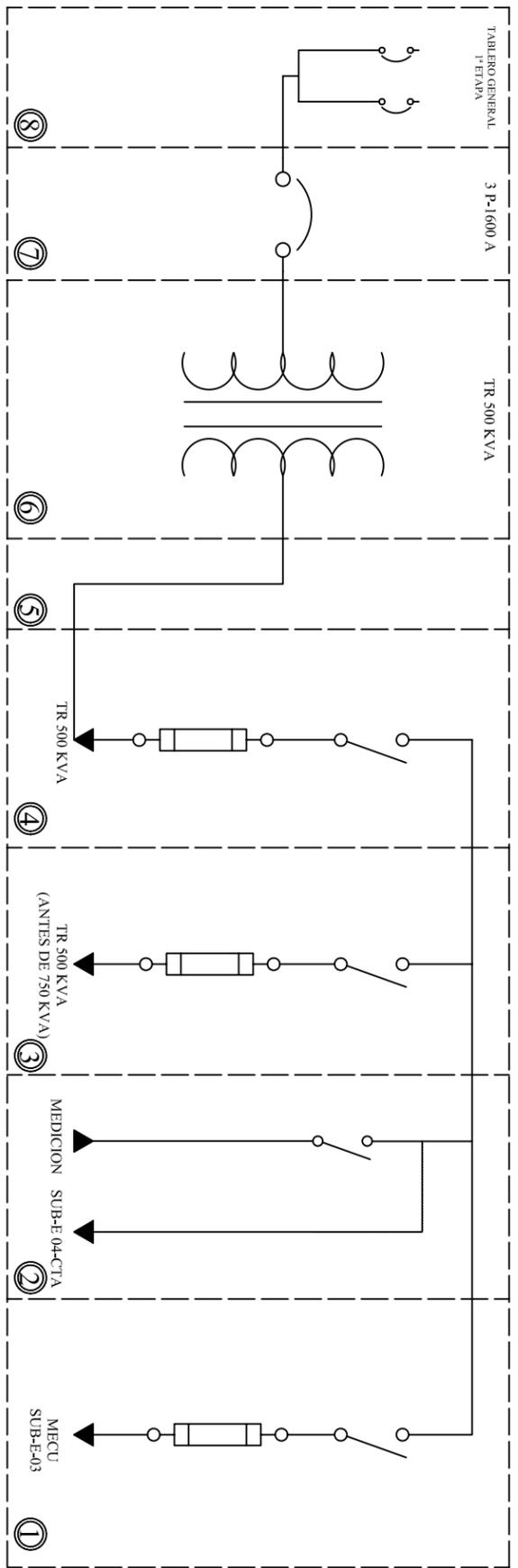
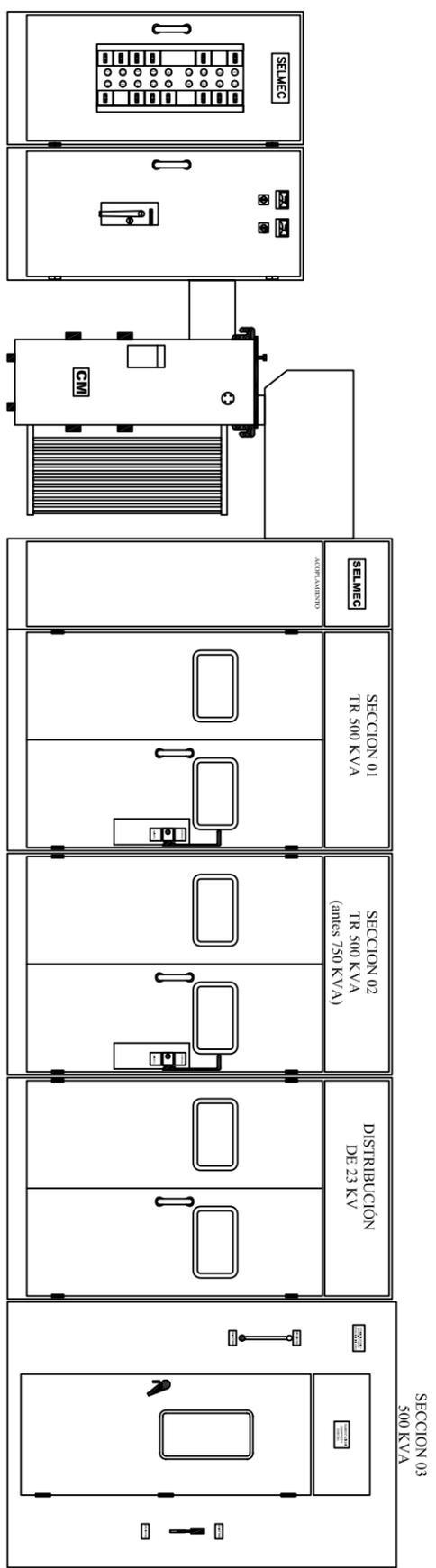


FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

SIMBOLOGÍA

1-BOMBAS	
2-S/D	
3-VACIO	
4-TAB-EDI-A6	
5-TAB-IMP	
6-VACIO	
7-VACIO	
8-VACIO	
9-VACIO	
10-TAB-EDI-A5	
11-TAB-EDI-A2	
12-TAB-EDI-A1	
13-TAB-EDI-A3	
14-TAB-EDI-A4	
15-TAB-BIBLIOTECA 1ª ETAPA	
16-VACIO	
17-TAB-EDI-A10	
18-TAB-EDI-A9	

VISTA DE FRENTE DE SUBESTACIÓN TIPO COMPACTA



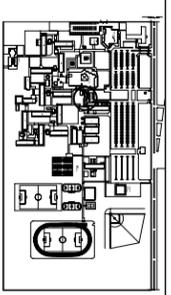
- ① GABINETE DE CUCHILLA Y FUSIBLE PRINCIPAL 23 KV PARA LA SUBESTACION ELCTRICA 03 MECU (ANTES MODULO DE MEDICION Y ACOMETIDA)
- ② BUS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS 4 SUBESTACIONES PRINCIPALES 23 KV
- ③ GABINETE DE CORTACIRCUITO CON FUSIBLE DE LA 2ª ETAPA TR 500 KVA (ANTES 750 KV/A)
- ④ GABINETE DE CORTACIRCUITO CON FUSIBLE DE LA 1ª ETAPA TR 500 KVA
- ⑤ GABINETE DE ACOPLAMIENTO
- ⑥ TRANSFORMADOR DE 500 KVA MARCA "TESA" 23 KV /480-440 V
- ⑦ INTERRUPTOR GENERAL 1600 AMP. MARCA "FEDERAL PASIFIC"
- ⑧ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCION EN BT MARCA SELMEC (PRIMERA SECCION)

Cuadro de áreas:

croquis de localizador:

croquis por nivel :

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 01 EDIFICIO DE MANTENIMIENTO



DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

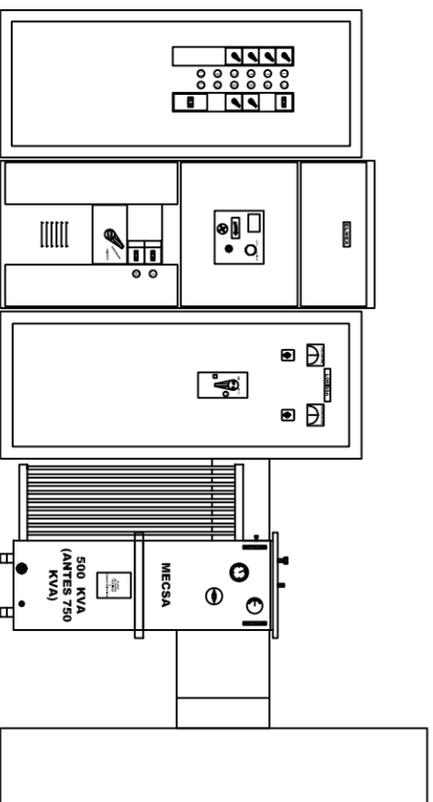
FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:		FECHA:	

FECHA DE EMISIÓN:	17/02/2022	FECHA:	
FECHA DE REVISIÓN:			

FECHA DE APROBACION:	FECHA:	FECHA:

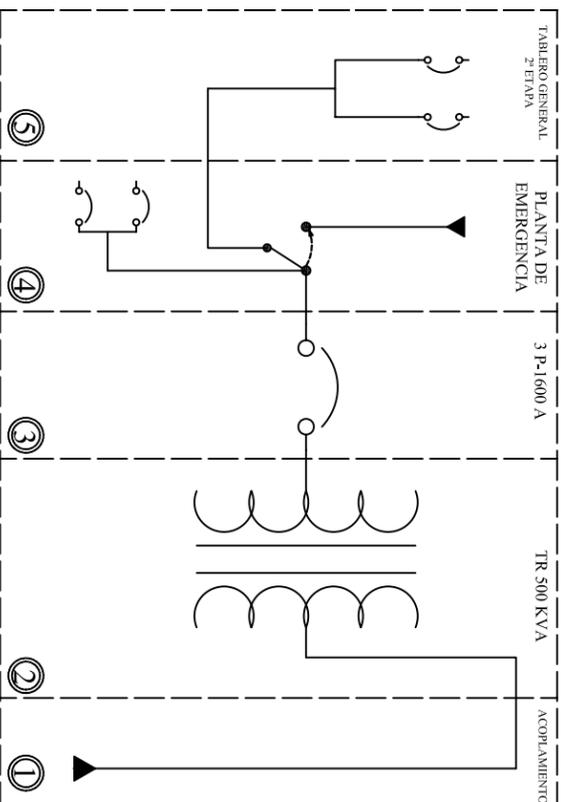
**SIMBOLOGÍA**

**VISTA DE FRENTE DE SUBESTACIÓN TIPO COMPACTA**



- ① BIBLIOTECA 2ª ETAPA
- ② TABLERO EDIFICIO A7
- ③ TABLERO LABORATORIO 2
- ④ VACIO
- ⑤ TABLERO EDIFICIO A8
- ⑥ TABLERO LABORATORIO 1
- ⑦ TABLERO EDIFICIO A11
- ⑧ TABLERO LABORATORIO 4
- ⑨ VACIO
- ⑩ VACIO
- ⑪ TABLERO LABORATORIO 3
- ⑫ TABLERO DEL EDIFICIO DE COMPLETOS
- ⑬ TABLERO DE LA ZONA DEPORTIVA

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 02  
EDIFICIO DE MANTENIMIENTO**

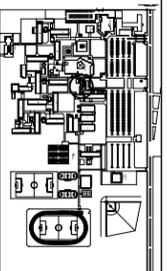


- ① GABINETE DE ACOPLAMIENTO DE 23 KV PARA LA SUBESTACION ELCTRICA 02
- ② TRANSFORMADOR DE 500 KVA MARCA "MECSA" 23 KV / 480-440 VOLTS
- ③ INTERRUPTOR GENERAL 1600 AMP. MARCA "FEDERAL PASIFIC"
- ④ GABINETE CON INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA 600 AMP. E INTERRUPTORES ACOPLADOS A DISTINTAS SECCIONES
- ⑤ TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN EN BT (SEGUNDA SECCIÓN)

Cuadro de áreas:

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 02  
EDIFICIO DE MANTENIMIENTO**

croquis de localizador:



croquis por nivel :

Plano:	<b>ELECTRICO</b>
Contenido:	
Area de proyecto:	M. EN EN. CIVIL PUNCO UNIVAMA
Administrador:	RONALD MARTINEZ VALENZUELA
Cliente:	UNIVAMA UNIVAMA
Usuario:	Andrés Sánchez Soto S.A. de CV. Puno C/Av. Interoceánica 1000m en Maipo.
Esc. de Proyecto:	02 / 4
Fecha:	12 / FEB. 2007
Modelo:	Modelo:
Modelo:	Modelo:

**02 / 4 SBE-02**

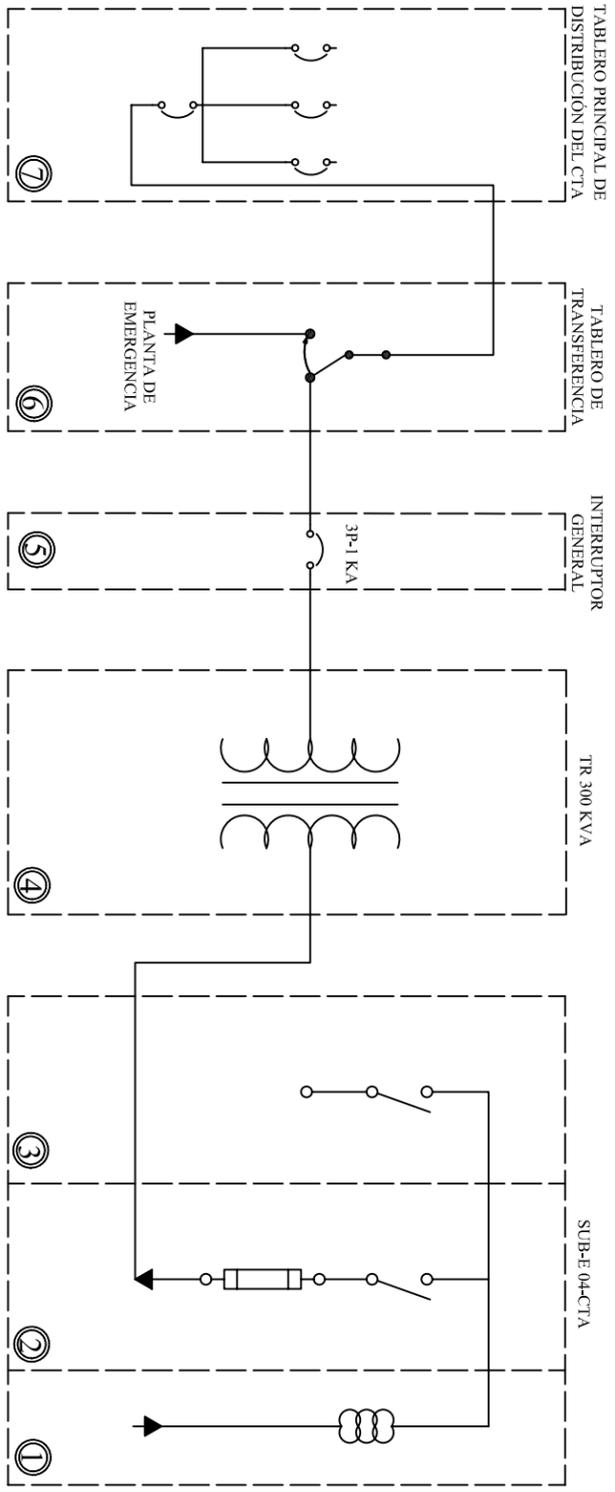
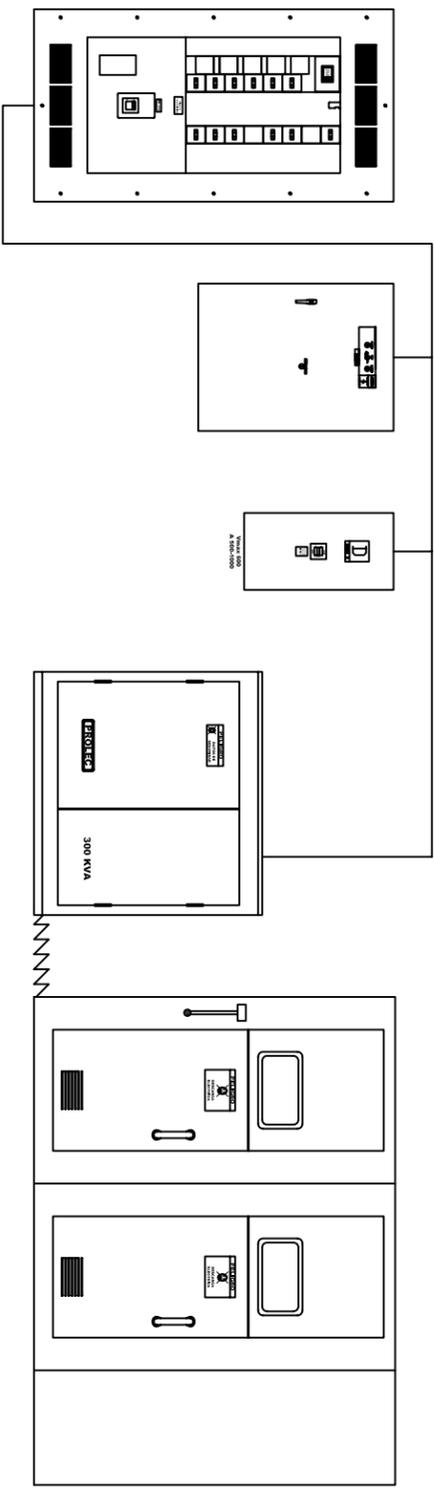
DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO





FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

**VISTA DE FRENTE DE SUBESTACION ELECTRICA DEL CENTRO TECNOLÓGICO ARAGÓN  
CON DISPOSICIÓN DERECHA-IZQUIERDA**



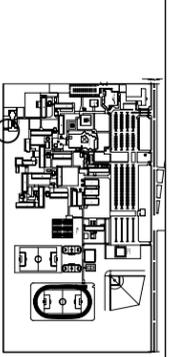
- ① GABINETE DE ACOPLAMIENTO DEL BUS DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL, SUBESTACIÓN ELECTRICA 04 DEL CTA DE 23 KV
- ② GABINETE DE CUCHILLAS FUSIBLE PRIMERA SECCIÓN, DE 23 KV PARA LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DEL CTA
- ③ GABINETE DE CUCHILLAS FUSIBLES SEGUNDA SECCIÓN, DE 23 KV PARA LA SUBESTACIÓN ELECTRICA DEL CTA, A USO FUTURO.
- ④ TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL DE 350 KVA MARCA PROLEC
- ⑤ INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO GENERAL DEL CTA, MARCA SQUARE 'D'
- ⑥ TABLERO DE TRANSFERENCIA DE LA PLANTA DE EMERGENCIA DEL CTA, MARCA ASCA
- ⑦ TABLERO PRINCIPAL DE DISTRIBUCIÓN DEL CTA

Cuadro de áreas:

croquis de localizador:

croquis por nivel :

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 04  
CENTRO TECNOLÓGICO**



FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA:

FECHA DE ELABORACION:	FECHA:	FECHA: