



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ESTUDIO DE VIABILIDAD PARA IMPLEMENTACIÓN DE
NUEVOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN A 22KV Y 36KV”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
POTENCIA**

WELLINGTON ANTONIO PINCAY PILLASAGUA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a Dios, a mis padres que son mis pilares para todas mis metas, en especial en este logro obtenido y al director del proyecto Ing. Douglas Aguirre Hernández que me guío en la materia integradora.

DEDICATORIA

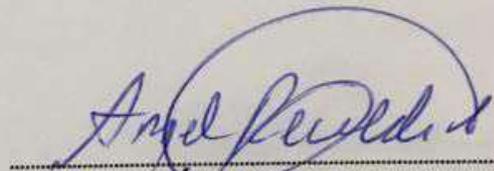
El presente proyecto lo dedico a los autores intelectuales que me apoyaron en todo momento, mis queridos padres: el Sr. Segundo Antonio Pincay Rivera y la Sra. Herminia Irene Pillasagua Guaranda, que siempre con su apoyo, esfuerzo y dedicación me supieron guiar a lo largo de esta etapa superior educativa. A la vez agradezco la dedicación de mis tíos: el Sr. Francisco Medardo Pincay Pillasagua y la Sra. María Lely Pillasagua Guaranda, que en todo momento fueron pilares para poder conseguir este logro.

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN



Msc. Douglas Aguirre Hernández

PROFESOR EVALUADOR

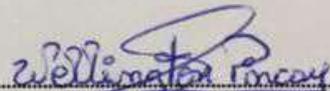


Msc. Angel Recalde Lino

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Wellington Pincay Pillasagua

RESUMEN

Este proyecto tiene como propósito hacer un estudio de viabilidad para implementación de nuevos sistemas de distribución a 22 KV Y 36 KV, se describirá minuciosamente el procedimiento, se desarrolla en la ciudad de Guayaquil con dos alimentadoras de 10Km y 5Km, con cargabilidad de 50%, 75%, 100% y subestaciones de 5 MVA, 10 MVA, 15 MVA.

La descripción de las subestaciones de 5 MVA, 10 MVA, 15 MVA, el tipo de elementos que tiene en el lado de alta tensión como el de baja tensión, se hablará sobre los transformadores y el tipo de conexión que se utilizará, también se detallará sobre las alimentadoras cual es el recorrido que se va a realizar, que tipo de estructuras se utilizan y los elementos a utilizar en ellas.

Se detalla un estudio de flujo de potencia en la herramienta computacional ETAP 12.6, el diseño que se utilizara en el sistema de distribución a 22 Kv Y 36 Kv, parámetros que se utilizan en la simulación como son: capacidad de cortocircuito, transformador, los conductores que se utilizaran en cada una de los ramales, así como también las cargas que son repartidas en los alimentadores de 10 Km y 5 Km con una cargabilidad del 50%, 75% y el 100%.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
RESUMEN	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
CAPÍTULO 1	1
1. ANTECEDENTES ESTADÍSTICOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MUNDIAL.	1
1.1 Principales fuentes de energía para la generación eléctrica.	1
1.1.1 Energía renovable.....	1
1.1.2 Energía no renovable.....	1
1.2 Consumo de energía.	2
1.3 El sistema eléctrico Ecuatoriano y sus potencias	3
1.4 Producción energía en el Ecuador	5
1.5 Consumo de combustible.	6
1.6 Energía y costos de producción para el sector eléctrico.	7
CAPÍTULO 2.....	13
2. DETALLES DE LOS NUEVOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN A 22 KV Y 36 KV.....	13

2.1	Patio de media tensión 69 KV.	13
2.2	Patio de baja tensión 22 KV.	13
2.3	Patio de baja tensión 36Kv.	14
2.4	Elementos que se utilizan en una subestación.	14
	2.4.1 Transformador de potencia.	14
	2.4.2 Interruptor de poder.	14
	2.4.3 Seccionadores de 69Kv.	14
	2.4.4 Transformador de corriente.	15
	2.4.5 Transformadores de potencial.	15
	2.4.6 Pararrayos.	15
	2.4.7 Aisladores.	15
2.5	Detalles de los alimentadores.	16
	2.5.1 Descripción técnica.	16
	2.5.2 Transformadores de distribución.	16
	2.5.3 Conexiones de los transformadores de distribución.	17
2.6	Prestación de servicios por la subestación.	19
2.7	Levantamiento de una red de 22Kv y 36Kv.	20
2.8	Normas técnicas a utilizarse.	21
2.9	Estructuras tipo.	22
	2.9.1 Estructuras centrada - pasante o centrada - tangente.	22
	2.9.2 Estructura centrada – angular	22
	2.9.3 Estructura centrada – retención o centrada - terminal.	23
	2.9.4 Estructura centrada – doble retención o doble terminal.	24
2.10	Conductores.	24

3.9.2	Simulación para un nivel de tensión 22Kv demanda 5MVA, 10MVA, 15MVA y cargabilidad 50%,75%,100%.	42
3.9.3	Simulación para un nivel de tensión 36Kv demanda 5MVA, 10MVA, 15MVA y cargabilidad 50%,75%,100%.	48
CAPÍTULO 4.....		54
4. ANÁLISIS ECONÓMICO.		54
4.1	Costo de oportunidad.	54
4.2	Evaluación económica.....	54
4.3	Valor presente neto (VAN).....	55
4.4	Tasa interna de retorno de una inversión (TIR).	55
4.5	Inversión y estructura.	55
4.5.1	Inversión.	55
4.6	Proyección de flujo de caja.....	56
4.7	Resultados.....	58
CONCLUSIONES		61
BIBLIOGRAFÍA.....		62
ANEXO 1		63
ANEXO 2		75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Grupo de empresas con sus respectivas potencias [3].	4
Tabla 2: Tipo de energía con sus respectivas potencia nominal.	5
Tabla 3: Tipo de energía con sus respectivas potencia efectiva.	5
Tabla 4: Energía producida anualmente [3].	6
Tabla 5: Consumo de combustible en el año 2005-2014 [3].	6
Tabla 6: Producción de energía por tipo de central [3].	8
Tabla 7: Tipo de generación con su energía bruta [3].	9
Tabla 8: Consumo de combustible en galones.	9
Tabla 9: Ingresos por energía vendida, la utilidad y los egresos central generadora.	10
Tabla 10: Empresas generadoras y sus costos.	10
Tabla 11: Precio nacional e internacional del combustible para la generacion electrica.	11
Tabla 12: Costo al precio internacional y nacional del combustible.	11
Tabla 13: Precio de producción de la energía (USD/Kwh).	12
Tabla 14: Precio de la energía (USD/KWh).	12
Tabla 15: Características de las alimentadoras.	16
Tabla 16: Tipo de clientes y el número de abonados.	19
Tabla 17: Elementos de la estructura de 22Kv y 36Kv.	21
Tabla 18: Aisladores con referencia a las designaciones ANSI.	25
Tabla 19: Distancia mínima de seguridad de conductores a edificaciones y otras instalaciones.	26

Tabla 20: Distancia de seguridad horizontal con viento en los conductores.	26
Tabla 21: Distancia de seguridad horizontal y vertical con viento y sin viento en los conductores.	27
Tabla 22: Distancia de seguridad vertical sobre vías férreas, el suelo y el agua.	28
Tabla 23: Parámetros de estudio.	29
Tabla 24: Capacidad de cortocircuito.	30
Tabla 25: Calibre de los conductores.	32
Tabla 26: Cargas ingresadas por fase del alimentador de 10 Km.....	33
Tabla 27: Cargas ingresadas por fase del alimentador de 5Km.	34
Tabla 28: Tensión 13,8 KV y demanda 5 MVA.....	36
Tabla 29: Perdidas para una demanda de 5 MVA con una tensión 13,8 KV.	37
Tabla 30: Tensión 13,8 KV y demanda 10 MVA.....	38
Tabla 31: Perdidas para una demanda de 10 MVA con una tensión 13,8 KV.	39
Tabla 32: Tensión 13,8 KV y demanda 15 MVA.....	40
Tabla 33: Perdidas para una demanda de 15 MVA con una tensión 13,8 KV.	41
Tabla 34: Tensión 22 KV y demanda 5MVA.	42
Tabla 35: Perdidas para una demanda de 5 MVA con una tensión 22 KV....	43
Tabla 36: Tensión 22 KV y demanda 10 MVA.....	44
Tabla 37: Perdidas para una demanda de 10 MVA con una tensión 22 KV..	45
Tabla 38: Tensión 22 KV y demanda 15 MVA.....	46
Tabla 39: Perdidas para una demanda de 15 MVA con una tensión 22 KV..	47
Tabla 40: Tensión 36 KV y demanda 5 MVA.....	48

Tabla 41: Perdidas para una demanda de 5 MVA con una tensión 36 KV....	49
Tabla 42: Tensión 36 KV y demanda 10 MVA.....	50
Tabla 43: Perdidas para una demanda de 10 MVA con una tensión 36 KV..	51
Tabla 44: Tensión 36 KV y demanda 15 MVA	52
Tabla 45: Perdidas para una demanda de 15 MVA con una tensión 36 KV..	53
Tabla 46: Inversión para los niveles de tensión.....	56
Tabla 47: Ahorro monetario debido a las perdidas de un nivel de voltaje de 13,8 KV a 22 KV.....	57
Tabla 48: Ahorro monetarios debido a las pérdidas de un nivel de voltaje de 13,8 Kv a 36 Kv.....	58
Tabla 49: Evaluación económica de 13,8Kv a 22Kv.	58
Tabla 50: Evaluación económica de 13,8Kv a 36Kv.	59
Tabla 51: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 5 MVA para un nivel de tension de 22Kv.....	75
Tabla 52: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 10 MVA para un nivel de tensión de 22Kv.....	76
Tabla 53: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 15 MVA para un nivel de tensión de 22Kv.....	77
Tabla 54: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 5 MVA para un nivel de tensión de 36Kv.....	78
Tabla 55: Elementos y equipos Utilizados en una subestación de 10 MVA para un nivel de tensión de 36Kv.....	79
Tabla 56: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 15 MVA para un nivel de tensión de 36Kv.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1: Principales fuentes de energía a nivel mundial [1].....	2
Figura 1. 2: consumo de energía eléctrica per capital por habitantes [2].....	3
Figura 2. 1: Conexión estrella abierta- triangulo abierto.	17
Figura 2. 2: Conexión estrella neutro- estrella neutro.	18
Figura 2. 3: Conexión delta abierto- delta abierto.....	18
Figura 2. 4: Conexión estrella- triangulo.....	19
Figura 2. 5: Porcentaje del número de abonados por tipo de cliente.	20
Figura 2. 6: Estructura Centrada – Pasante.....	22
Figura 2. 7: Estructura Centrada – Angular.....	23
Figura 2. 8: Estructura Centrada – Retención o terminal.....	23
Figura 2. 9: Estructura centrada – doble retención o doble terminal.	24
Figura 2. 10: Distancia de seguridad a edificaciones.....	27
Figura 2. 11: Distancia mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones.....	28
Figura 3. 1: Parámetros que el Etap 12.6.0 muestra del transformador.	30
Figura 3. 2: Parámetros que el Etap 12.6.0 muestra sobre las impedancias del transformador.	31
Figura 3. 3: Configuración de las estructuras aéreas en Etap 12.6.0.....	32

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES ESTADÍSTICOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MUNDIAL.

El consumo energético primario aumenta sin cesar, las abundantes reservas mundiales de combustible fósiles es el que permite ver que este recurso siga siendo útil por muchos años más.

Pero existe un límite ambiental ante la amenaza sobre el calentamiento global que obliga a utilizar energía de otro tipo de fuentes naturales como el sol, el agua y el viento que es transformado en fuentes de generación.

1.1 Principales fuentes de energía para la generación eléctrica.

Las fuentes de energía se clasifican según su origen en dos grandes grupos: energía renovable y energía no renovable.

1.1.1 Energía renovable.

La energía renovable es las que después de ser utilizada se puede regenerar de manera natural o artificial como, por ejemplo: energía eólica, energía solar, energía de la biomasa, energía mareomotriz, energía hidráulica.

1.1.2 Energía no renovable.

La energía no renovable es la que se localiza de una forma limitada en el planeta y cuya rapidez de consumo es mayor que la de su renovación, por ejemplo: el combustible fósil como el carbón, petróleo y sus derivados, gas natural, energía nuclear.

En cuanto a las combinaciones de las diferentes energías a nivel mundial en el 2014, el consumo de todos los combustibles sigue en aumento, excepto la energía nuclear a continuación, los datos en porcentaje de consumo en la figura 1.1 [1]:

- 44.7% Petróleo y derivados.
- 17,8% Gas natural.
- 9% Carbón.
- 6,5% Hidroeléctrica.
- 4,4% Nuclear.
- 12,1% renovables.

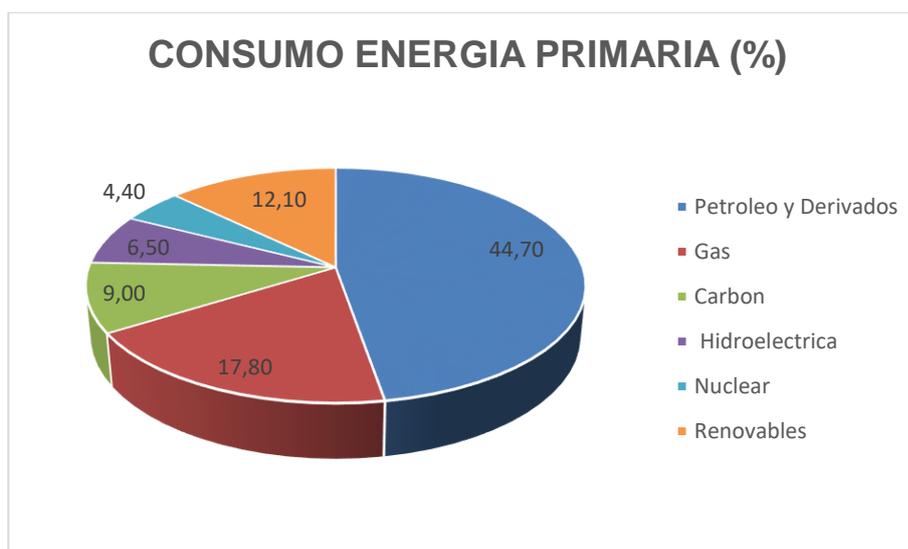


Figura 1. 1: Principales fuentes de energía a nivel mundial [1].

1.2 Consumo de energía.

Tanto la producción y el consumo eléctrico se encuentra en aumento a causa del crecimiento demográfico y el desarrollo económico, debido a que muchas personas en el mundo experimentan cambios en sus estilos de vida cotidiano.

Se ha tomado 10 países para mostrar el consumo de energía eléctrica per capital del año 2014, tenemos a EE.UU. que es la primera potencia mundial con mayor consumo de energía por habitante de 12.954 Kwh. Ecuador tiene un consumo de energía por habitante de 1.282 Kwh y Paraguay su consumo por habitantes es de 1.368 Kwh estos dos países tienen un consumo del 2% como vemos en la siguiente figura 1.2 [2].

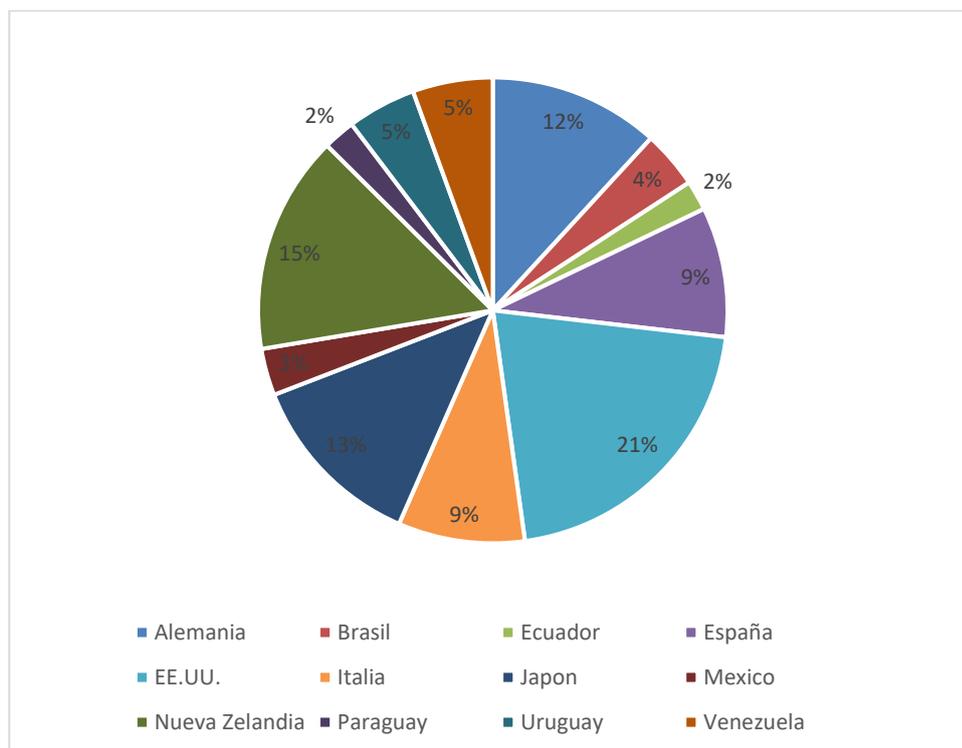


Figura 1. 2: consumo de energía eléctrica per capital por habitantes [2].

1.3 El sistema eléctrico Ecuatoriano y sus potencias

A continuación se presenta un análisis comparativo anual del periodo 2005-2014 con el tipo de empresa y sus respectiva potencia nominal¹ y potencia efectiva ²de energía eléctrica del país.

En la tabla 1 se puede visualizar las potencias nominales y potencias efectivas para cada año, los diferentes porcentajes de participación [3].

¹ Es la potencia desarrollada en el punto de máximo rendimiento.

² Indica la capacidad real de energía que las centrales pueden entregar de forma continua al mercado eléctrico.

Año	Tipo de Empresa	Potencia Nominal (MW)	Potencia Efectiva (MW)
2005	Autogeneradora	366,1	314,38
	Distribuidora	602,62	491,06
	Generadora	2751,19	2670,57
Total		3719,91	3476,01
2006	Autogeneradora	524,04	451,09
	Distribuidora	588,59	487,48
	Generadora	2953,53	2825,89
Total		4066,16	3764,46
2007	Autogeneradora	712,55	568,87
	Distribuidora	585,26	488,96
	Generadora	3180,58	3083,65
Total		4478,39	4141,48
2008	Autogeneradora	776,36	616,79
	Distribuidora	587,71	494,76
	Generadora	3180,58	3083,65
Total		4544,65	4195,2
2009	Autogeneradora	814,37	645,63
	Distribuidora	595,95	494,89
	Generadora	3302,84	3255,2
Total		4713,16	4395,72
2010	Autogeneradora	911,87	711,56
	Distribuidora	501,03	452,48
	Generadora	3724,78	3593,35
Total		5137,68	4757,39
2011	Autogeneradora	918,28	712,35
	Distribuidora	503,54	455,18
	Generadora	3759,41	3628,15
Total		5181,23	4795,68
2012	Autogeneradora	947,79	739,58
	Distribuidora	473,04	430,51
	Generadora	4033,57	3892,85
Total		5454,4	5062,94
2013	Autogeneradora	1003,06	794,37
	Distribuidora	475,22	432,28
	Generadora	4017,94	3876,77
Total		5496,22	5103,42
2014	Autogeneradora	1084,9	865,35
	Distribuidora	464,25	420,55
	Generadora	4195,81	4004,2
Total		5744,96	5290,1

Tabla 1: Grupo de empresas con sus respectivas potencias [3].

En la tabla 2 se aprecia la potencia nominal por fuente de energía y en el periodo 2005 - 2014 hay un incremento del 54% pasando de 3726,41MW a 5731,53MW.

La mayor variación anual es de 10,03% que comprende del 2006 al 2007 [3].

Fuente de energía	Tipo de central	Potencia Nominal (MW)									
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Renovable	Hidráulica	1.763,54	1.800,73	2.057,08	2.056,33	2.059,25	2.242,42	2.234,41	2.263,89	2.263,89	2.248,09
	Biomasa	64,8	73,8	73,8	106,8	106,8	101,3	101,3	101,3	101,3	144,3
	Eólica	-	-	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	18,9	21,15
	Solar	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,08	3,9	26,41
Total Renovable		1.828,36	1.874,55	2.133,30	2.165,55	2.168,47	2.346,14	2.338,15	2.367,67	2.387,99	2.439,95
No Renovable	Térmica	1.898,05	2.195,47	2.345,10	2.378,25	2.544,70	2.791,55	2.843,08	3.086,73	3.108,23	3.291,58
Total No Renovable		1.898,05	2.195,47	2.345,10	2.378,25	2.544,70	2.791,55	2.843,08	3.086,73	3.108,23	3.291,58
Total		3.726,41	4.070,02	4.478,40	4.543,80	4.713,17	5.137,69	5.181,23	5.454,40	5.496,22	5.731,53

Tabla 2: Tipo de energía con sus respectivas potencia nominal.

En la tabla 3 se aprecia la potencia efectiva por fuente de energía y en el periodo 2005 - 2014 hay un incremento del 52% pasando de 3480,63 MW a 5299,08 MW.

La mayor variación anual es de 9,93% que comprende del 2006 al 2007[3].

Fuente de energía	Tipo de central	Potencia Efectiva (MW)									
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Renovable	Hidráulica	1.749,94	1.785,80	2.030,45	2.032,52	2.032,16	2.215,19	2.207,17	2.236,62	2.236,62	2.240,77
	Biomasa	55,6	63,3	63,3	94,5	94,5	93,4	93,4	93,4	93,4	136,4
	Eólica	-	-	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	18,9	21,15
	Solar	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,08	3,87	26,37
Total Renovable		1.805,56	1.849,12	2.096,17	2.129,44	2.129,08	2.311,01	2.303,01	2.332,50	2.352,79	2.424,69
No Renovable	Térmica	1.675,07	1.918,12	2.045,33	2.050,77	2.266,65	2.446,38	2.492,67	2.730,44	2.749,96	2.874,39
Total No Renovable		1.675,07	1.918,12	2.045,33	2.050,77	2.266,65	2.446,38	2.492,67	2.730,44	2.749,96	2.874,39
Total		3.480,63	3.767,24	4.141,50	4.180,21	4.395,73	4.757,39	4.795,68	5.062,94	5.102,75	5.299,08

Tabla 3: Tipo de energía con sus respectivas potencia efectiva.

1.4 Producción energía en el Ecuador

En la tabla 4 presentamos la energía bruta producida anualmente donde se obtiene un crecimiento de 66,21%, al pasar de 15.127,47 GWh en el 2005 a 25.143,95 GWh en el 2014, los años de mayor crecimiento fue en el periodo 2006 a 2007 [3].

Año	Energía bruta (GWh)	Energía consumos auxiliares generación (GWh)	Energía disponible (GWh)	Energía entregada para servicio publico	Energía no entregada para servicio publico
2005	15.127,47	393,51	14.733,96	13.637,23	1.096,73
2006	16.686,32	424,53	16.261,79	14.534,74	1.727,05
2007	18.197,52	400,12	17.797,40	15.349,52	2.447,88
2008	19.108,69	597,42	18.511,27	16.188,79	2.322,48
2009	19.385,37	372,78	19.012,59	16.524,35	2.488,24
2010	20.382,76	300,69	20.082,07	17.376,37	2.705,70
2011	21.838,73	299,92	21.538,81	18.612,88	2.925,93
2012	23.086,16	379,21	22.706,95	19.399,50	3.307,45
2013	23.922,67	417,04	23.505,36	20.158,54	3.347,09
2014	25.143,95	529,7	24.614,45	21.558,81	3.055,44

Tabla 4: Energía producida anualmente [3].

1.5 Consumo de combustible.

En el Ecuador se tienen empresas generadoras distribuidoras y Autogeneradora las cuales tienen diferentes tecnologías y para su correcto funcionamiento utilizan diversos tipos de combustible como se muestra en la tabla 5 [3].

Combustible	Unidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Fuel Oil	Millones gal	201,29	210,61	220,61	191,9	225,01	235,42	265,9	312,67	343,51	368,78
Diésel	Millones gal	120,64	172,02	166,79	124,63	207,8	315,2	172,27	139,16	176,86	185,56
Nafta	Millones gal	26,5	34,44	4	7,94	9,95	14,64	14,71	0,09	2,71	-
Gas Natural	Millones kpc	13,15	15,72	18,37	16,08	19,3	20,04	17,71	23,23	25,87	26,65
Residuo	Millones gal	10,66	15,66	29,43	30,75	38,95	38,43	34,13	32,85	32,11	36,24
Crudo	Millones gal	15,06	22,54	50,89	54,99	57,04	60,53	62,81	67,16	75,61	77,09
GLP	Millones gal	-	7,59	8,28	8,58	7,58	7,75	7,07	6,3	5,86	6,34
Bagazo de Caña	Millones Ton	2,05	1,33	1,94	1,31	0,86	0,91	1,06	1,12	1,09	1,33

Tabla 5: Consumo de combustible en el año 2005-2014 [3].

1.6 Energía y costos de producción para el sector eléctrico.

En la tabla 6 se puede apreciar que las energías renovables que se obtiene en el 2009 eran el 48,72% y en el 2015 aumento el 54% como también las energías no renovables en el 2009 tenían una producción del 45% y el 2015 se obtuvo una producción del 46% dándonos a entender que no existió mucha variación, las interconexiones que teníamos con los países vecinos disminuyeron al 2% [3].

Año	Tipo de Energía	Central	Potencia		TOTAL	
			(MW)	%	%	(MW)
2009	Interconexión	Interconexión	1.120,75	5,78%	5,78%	19.385,37
	Renovable	Eólica	3,2	0,02%	48,72%	
		Fotovoltaica	0,01	0,00%		
		Hidraulica	9.225,41	47,59%		
		Térmica Turbovapor	216,52	1,12%		
	No Renovable	Térmica MCI	3.145,61	16,23%	45,50%	
Térmica Turbogas		2.816,44	14,53%			
Térmica Turbovapor		2.857,43	14,74%			
2010	Interconexión	Interconexión	872,90	4,28%	4,28%	20.383,08
	Renovable	Eólica	3,43	0,02%	43,54%	
		Fotovoltaica	0	0,00%		
		Hidraulica	8.636,40	42,37%		
		Térmica Turbovapor	235,56	1,16%		
	No Renovable	Térmica MCI	4.087,40	20,05%	52,17%	
Térmica Turbogas		3.820,33	18,74%			
Térmica Turbovapor		2.727,06	13,38%			
2011	Interconexión	Interconexión	1.294,59	5,93%	5,93%	21.838,73
	Renovable	Eólica	3,34	0,02%	52,27%	
		Fotovoltaica	0,06	0,00%		
		Hidraulica	11.133,09	50,98%		
		Térmica Turbovapor	278,2	1,27%		
	No Renovable	Térmica MCI	4.375,78	20,04%	41,80%	
Térmica Turbogas		2.272,25	10,40%			
Térmica Turbovapor		2.481,42	11,36%			
2012	Interconexión	Interconexión	238,20	1,03%	1,03%	23.086,15
	Renovable	Eólica	2,4	0,01%	54,30%	
		Fotovoltaica	0,33	0,00%		
		Hidraulica	12.237,72	53,01%		
		Térmica Turbovapor	296,35	1,28%		
	No Renovable	Térmica MCI	5.481,68	23,74%	44,66%	
Térmica Turbogas		2.337,05	10,12%			
Térmica Turbovapor		2.492,42	10,80%			
2013	Interconexión	Interconexión	662,34	2,77%	2,77%	23.922,66
	Renovable	Eólica	56,7	0,24%	47,63%	
		Fotovoltaica	3,66	0,02%		
		Hidraulica	11.038,82	46,14%		
		Térmica Turbovapor	295,79	1,24%		
	No Renovable	Térmica MCI	6.177,63	25,82%	49,60%	
Térmica Turbogas		2.995,26	12,52%			
Térmica Turbovapor		2.692,46	11,25%			
2014	Interconexión	Interconexión	836,74	3,33%	3,33%	25.143,96
	Renovable	Eólica	79,74	0,32%	47,54%	
		Fotovoltaica	16,48	0,07%		
		Hidraulica	11.457,90	45,57%		
		Térmica Turbovapor	399,47	1,59%		
	No Renovable	Térmica MCI	6.343,86	25,23%	49,13%	
Térmica Turbogas		3.242,80	12,90%			
Térmica Turbovapor		2.766,97	11,00%			
2015	Interconexión	Interconexión	477,74	1,98%	1,98%	24.108,07
	Renovable	Eólica	88,06	0,37%	52,54%	
		Fotovoltaica	32,67	0,14%		
		Hidraulica	12.204,03	50,62%		
		Térmica Turbovapor	341,13	1,42%		
	No Renovable	Térmica MCI	5.894,19	24,45%	45,48%	
Térmica Turbogas		2.824,56	11,72%			
Térmica Turbovapor		2.245,69	9,32%			

Tabla 6: Producción de energía por tipo de central [3].

De la tabla 6 se toma el periodo 2014 y se obtiene la tabla 7 que es muy útil para escoger el tipo de central que mayor generación participe y así poder conseguir una aproximación del valor de la energía que al Ecuador le cuesta producir 1KWh.

TIPO ENERGIA	TIPO DE CENTRAL	ENERGIA BRUTA	
		GWh	%
Renovable	Hidraulica	11.457,90	46%
	Termica Turbovapor	399,47	2%
	Eolica	79,74	0%
	Fotovoltaica	16,48	0%
Total Renovable		11.953,39	48%
No Renovable	Termica MCI	6.343,86	25%
	Termica Turbogas	3.242,80	13%
	Termica Turbovapor	2.766,97	11%
Total No Renovable		12.353,63	49%
Interconexion	Interconexion	836,74	3%
Total Interconexion		836,74	3%
Total		25.143,96	100%

Tabla 7: Tipo de generación con su energía bruta [3].

En la tabla 8 se toma como referencia a tres empresas generadoras, la central con que trabaja y que tecnología utiliza para saber el tipo de combustible que consume.

La ayuda del CENACE en el periodo del 1 al 30 de junio del 2015 se obtuvo el rendimiento en KWh/galón y el precio del combustible para cada central.

Empresa Generadora	Tipo de Central	Combustible	Energía vendida (GWh)	Rendimiento (kWh /galón)	Galones
ELECTROQUIL S.A.	Térmica MCI	Diésel	286,66	13,91	20608195,5
CELEC TERMOGAS MACHALA	Térmica Turbogas	Gas natural	1597,5	10843,7	147320,564
TERMOGUAYAS GENERATION S.A.	Térmica Turbovapor	Fuel oil	623,18	15,17	41079762,7

Tabla 8: Consumo de combustible en galones.

En la tabla 9 se obtiene la energía vendida para cada una de las empresas generadoras como también el ingreso de energía vendida, la utilidad y los egresos para cada una de las empresas generadora.

Esta información se obtiene de parte del servicio de rentas Internas para el análisis de cada empresa generadora privada como se muestra a continuación:

Empresa Generadora	Energía vendida (GWh)	Precio energía vendida (ctvs/kWh)	Ingresos (USD)	Utilidad (USD)	Egresos (USD)
TERMOGUAYAS GENERATION S.A	623,18	8,63	53.780.434,00	2.540.166,24	51.240.267,76
ELECTROQUIL S.A.	268,66	14,22	38.203.452,00	8.522.689,36	29.680.762,64
CELEC TERMOGAS MACHALA	1597,5	4,61	73.644.750,00	-	-

Tabla 9: Ingresos por energía vendida, la utilidad y los egresos central generadora.

En la tabla 10 el costo variable se obtiene del producto entre la energía vendida y el costo promedio variable de producción, así mismo el costo fijo se obtiene de la diferencia entre los egresos totales que se obtuvieron en la tabla 9 y los costos variables de la tabla 10 los resultados se observan a continuación.

Empresa Generadora	Energía vendida (GWh)	Costo promedio variable de producción (ctvs/kWh)	Costos variables (USD)	Costos fijos (USD)
TERMOGUAYAS GENERATION S.A.	623,18	6,9	42.999.420,00	8.240.847,76
ELECTROQUIL S.A.	268,66	8,28	22.245.048,00	7.435.714,64
CELEC TERMOGAS MACHALA	1597,5	3,54	56.551.500,00	-

Tabla 10: Empresas generadoras y sus costos.

En la tabla 11 se detalla el costo del combustible comercializado por PETROECUADOR para el sector eléctrico que anualmente muestra el precio de los productos derivados del petróleo [4].

Combustible Comercializado por PETROECUADOR	Precio Nacional (USD/gal)	Precio Internacional (USD/gal)
Fuel Oil 4	0,5376	2,801
Residuo	0,2933	2,275
Gas Natural	2,6315	3,22
Nafta	0,7332	2,691
Diésel 2	0,9007	3,079

Tabla 11: Precio nacional e internacional del combustible para la generación eléctrica.

En la tabla 12 se observa que las generadoras consumen diferentes tipos de combustibles debido a sus tecnologías y el valor en el que se comercializa el combustible internacionalmente como también el valor que se comercializa a nivel nacional.

Empresa Generadora	Galones de FUEL OIL	Costo al precio internacional (USD)	Costo al precio local (USD)
TERMOGUAYAS GENERATION S.A	41093306,96	76.433.550,94	40.682.373,89
Empresa Generadora	Galones DIESEL	Costo al precio internacional (USD)	Costo al precio local (USD)
ELECTROQUIL S.A.	19317634,37	39.214.797,77	19.897.163,40
Empresa Generadora	Galones GAS	Costo al precio internacional (USD)	Costo al precio local (USD)
CELEC TERMOGAS MACHALA	147320,09	60.830.302,10	-

Tabla 12: Costo al precio internacional y nacional del combustible.

En la tabla 13 se obtiene el precio (USD/KWh) de cada empresa generadora con el tipo de central que utiliza, esto se lo realiza de la energía vendida dividiendo para el costo real de producción.

Empresa Generadora	Central	Energía vendida (GWh)	Costo real (USD)	Precio (USD/kWh)
TERMOGUAYAS GENERATION S.A	Térmica Turbovapor	623,18	91.341.017,05	0,15
ELECTROQUIL S.A.	Térmica MCI	268,66	63.207.932,14	0,24
CELEC TERMOGAS MACHALA	Térmica Turbogás	1597,5	63.162.767,46	0,04

Tabla 13: Precio de producción de la energía (USD/Kwh).

En la tabla 14 se presenta el precio en (USD/KWh) del combustible con su porcentaje de participación y el precio de venta.

Central	Combustible	USD/kWh	Porcentaje de participación	Precio de venta (USD/kWh)
Hidráulica	-	0.02	49.28%	0.009856
Térmica MCI	Diésel	0,24	25.23%	0,060552
Térmica Turbogás	Gas natural	0,04	12.9%	0,00516
Térmica Turbovapor	Fuel oil	0,15	12.59%	0,018885
Total				0,094453

Tabla 14: Precio de la energía (USD/KWh).

CAPÍTULO 2

2. DETALLES DE LOS NUEVOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN A 22 KV Y 36 KV.

En el nuevo diseño de sistema de distribución de 22 KV y 36 KV se analiza con anticipación el crecimiento del sector eléctrico y el aumento de la demanda al ingresar las cocinas de inducción, los autos eléctricos en un futuro a corto plazo.

Las subestaciones que abastecen de energía eléctrica en el ECUADOR están constituidas por 20 distribuidoras: 9 Empresas Eléctricas S.A., 1 Eléctrica de Guayaquil y 10 regionales de CNEL.

2.1 Patio de media tensión 69 KV.

La estructura del patio de 69 KV está formada por un pórtico que consiste de 2 torres de 10.05 m de alto, separadas de 6.75m o 7.25 m de altura, unidas con bandejas horizontales para soportar un seccionador de 69Kv, aisladores, pararrayos y portafusibles, las torres y la bandeja superior es construida por ángulos con material de hierro con dimensiones de 3"x3"x1/4" para los largueros y de 2"x2"x1/4" para los tirantes estas estructuras reposa encima de una base de hormigón armado y están aseguradas con pernos de acero empotrados.

2.2 Patio de baja tensión 22 KV.

En un patio de 22 KV se encuentra dispositivos tanto de control, conexión, transferencia y distribución, constituido por pórticos de 7.2 m de altura, montados sobre un soporte de hormigón armado de 9.2mx3.2m sujetos con pernos de acero empotrados y con una base en las barras de distribución, aisladores de retención, transformador de servicios auxiliares seccionadores de interconexión monopolares y tripolares transformadores de corriente transformadores de potencial.

En el patio de 22 KV se coloca también reconectores automáticos para sus respectivas alimentadoras, aislador de suspensión de 25Kv, caja fusible 100A -

22 Kv, grapa línea viva, grapa terminal 1000 MCM, grapa 500 MCM, argolla tipo "T" 1000 MCM, argolla tipo "T" 500 MCM.

2.3 Patio de baja tensión 36Kv.

En un patio de 36Kv se encuentran dispositivos tanto de control, conexión, transferencia y distribución, constituido por pórticos de 7.2 m de altura, montados sobre un soporte de hormigón armado de 9.2mx3.2m sujetos con pernos de acero empotrados y con una base en las barras de distribución, aisladores de retención, transformador de servicios auxiliares seccionadores de interconexión monopolares y tripolares transformadores de corriente transformadores de potencial.

En el patio de 22 KV se coloca también reconectores automáticos para sus respectivas alimentadoras, aislador de suspensión de 38 KV, caja fusible 100A - 38 Kv, grapa línea viva, grapa terminal 1000 MCM, grapa 500 MCM, argolla tipo "T" 1000 MCM, argolla tipo "T" 500 MCM.

2.4 Elementos que se utilizan en una subestación.

A continuación, los elementos primarios que constituyen una subestación:

2.4.1 Transformador de potencia.

El transformador de potencia se ubica con la relación de transformación de 69 KV / 22 KV, 69 KV/36 KV con una conexión delta – estrella aterrizado con la capacidad de 5MVA / 10MVA / 15 MVA,

2.4.2 Interruptor de poder.

Este equipo servirá como protección de la línea de 69 KV hacia el transformador de 5 MVA, 10 MVA, 15 MVA será de tipo aislado en SF6, tipo columna de tanque vivo.

2.4.3 Seccionadores de 69Kv.

Para el seccionamiento de la entrada de la línea de 69Kv poseerá un seccionador tripolar con cuchillas de puesta a tierra con montaje vertical, para el seccionamiento de la posición de salida de 69Kv cerca del transformador de 5 MVA, 10 MVA, 15MVA, poseerá un seccionador tripolar

con un montaje vertical, complementariamente se tendrá un seccionador tripolar tipo bypass de montaje horizontal necesario para fines de mantenimiento de interruptor trifásico en SF6 A 69 Kv.

El equipo es operado manualmente como de forma automática con un tipo de seccionamiento de doble apertura y con columna giratoria central.

2.4.4 Transformador de corriente.

El transformador de corriente (CT) es un instrumento que permite disminuir la corriente eléctrica de una o varias redes a valores manipulables que no sean peligrosos para la utilización de equipos de medida, el transformador será instalado a la intemperie. Su función principal es alimentar equipos de medida, voltímetros, amperímetros, protección, control y relés.

2.4.5 Transformadores de potencial.

El transformador de potencial (PT) es un instrumento que permite disminuir el nivel de tensión de una o varias redes a valores manipulables que no sean peligrosos para la utilización de equipos de medida, el transformador será instalado a la intemperie. Su función principal es alimentar equipos de medida, voltímetros, amperímetros, protección, control y relés.

2.4.6 Pararrayos.

Este elemento funciona como dispositivos de protección llamado también descargadores de sobretensiones que se emplean en la protección de transformadores de poder en una subestación eléctrica.

Ubicándolos en las líneas de entrada y salida de una subestación y en el lugar más cercano a proteger, en este caso el transformador de potencia.

2.4.7 Aisladores.

La finalidad del aislador en una subestación eléctricas es aislar por completo una fase de otra existiendo las separaciones de seguridad de acuerdo a la capacidad por fase y a la cantidad de conductores y equipos que contenga una subestación, cada aislador debe ser asegurado con su correspondiente herraje.

2.5 Detalles de los alimentadores.

En el presente trabajo a realizar se describe el nuevo alimentador:

2.5.1 Descripción técnica.

Se construirá dos alimentadoras de 10 Km y 5 Km con una red tipo radial, en las troncales de cada alimentador se ubicará un terminal con switches de aire para que se puedan interconectar con otros alimentadores, con un nivel de tensión más bajo para una tensión nominal 13,8 GrdY / 7.96 KV a la salida de subestación,

Los conductores para las fases que se va a utilizar son del tipo ASCR, con un calibre 336.3 MCM para el arranque del alimentador y para el neutro se utiliza un calibre 1/0 AWG y 2 AWG, trayectos posteriores utiliza calibre 3/0 AWG y 1/0 AWG,

Para los conductores de las redes secundarias de baja tensión suele utilizar conductor de calibre de 2/0 para las fases y conductor de calibre de 1/0 para neutro, debido a que éstas varían continuamente dependiendo de la demanda y la longitud del sector.

Subestacion	Alimentadores	Longitud (Km)	Nivel de Tension	Ubicación
Pincay	10 Km	10	GrdY/7,9 Kv	Urbano
	5 Km	5		

Tabla 15: Características de las alimentadoras.

2.5.2 Transformadores de distribución.

El transformador a utilizar es de tipo monofásicos con conexiones Y-abierto/delta-abierto del tipo aéreo que recorrerá toda la longitud de la alimentadora de 10Km y 5Km.

En el alimentador de 10 Km se instala 33 transformadores de 100 KVA que tendrá una carga total de 3300 KVA lo cual representa el 100% del total de la carga en la subestación.

En el alimentador de 5Km se instala 17 transformadores de 100 KVA que tendrá una carga total de 1700 KVA lo cual representa el 100% del total de la carga en la subestación.

2.5.3 Conexiones de los transformadores de distribución.

A continuación, las características técnicas de los tipos de conexiones las cuales se referencia a las normas de diseño (IIC) 1-2006: Conexiones normales de transformadores de distribución [5]

- Conexión estrella abierta-Triangulo abierto, desfase angular 30° según las normas Venezolanas

Este tipo de conexión como se muestra en la figura 2.1 es utilizado para alimentar cargas comerciales e industriales; trifásicas trabaja con 480v y monofásicas con 240v.

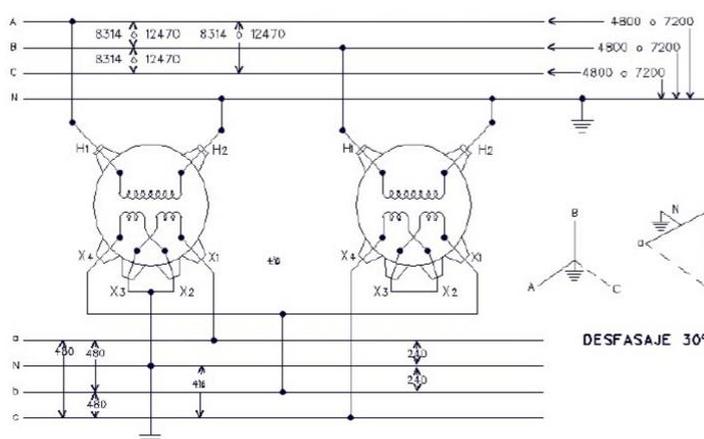


Figura 2. 1: Conexión estrella abierta- triangulo abierto.

- Conexión estrella neutro-Estrella neutro, desfase angular 0° según las normas Venezolanas.

Este tipo de conexión como se muestra en la figura 2.2 es utilizado para alimentar cargas trifásicas comerciales e industriales, especialmente motores trifásicos con tensión de placa de 380v a 416v.

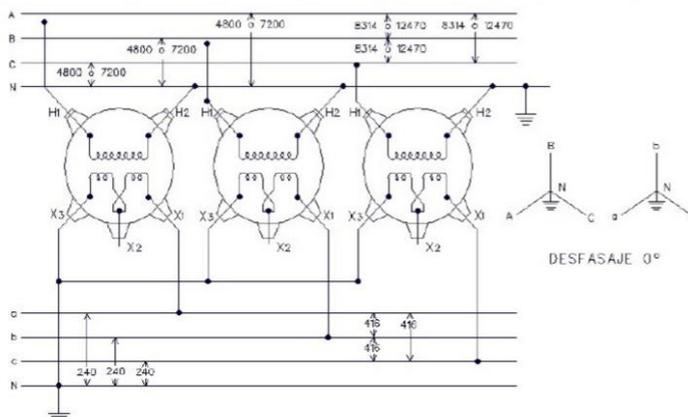


Figura 2. 2: Conexión estrella neutro- estrella neutro.

- Conexión delta abierto-delta abierto, DESFASE ANGULAR 0° según las normas Venezolanas.

Este tipo de conexión como se muestra en la figura 2.2 es utilizada para cargas comerciales y pequeñas industrias, trifásicas trabaja con 480v, monofásicas trabaja con 240v, cuando la carga se aumenta puede agregar una tercera unidad al banco y así podrá disponer de una delta cerrada.

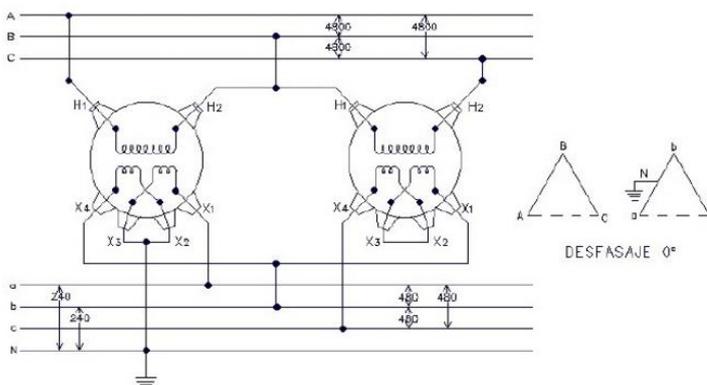


Figura 2. 3: Conexión delta abierto- delta abierto.

- Conexión estrella-Triangulo, desfase angular 30° según las normas Venezolanas.

Este tipo de conexión como se muestra en la figura 2.4 se utiliza para alimentar cargas comerciales e industriales, trifásicas trabaja con 240v,

monofásicas trabaja con 120v. Este tipo de conexión es muy buena debido a su regulación y no admite una circulación de corrientes armónicas, por tal motivo no permite una interferencia entre las líneas de comunicación.

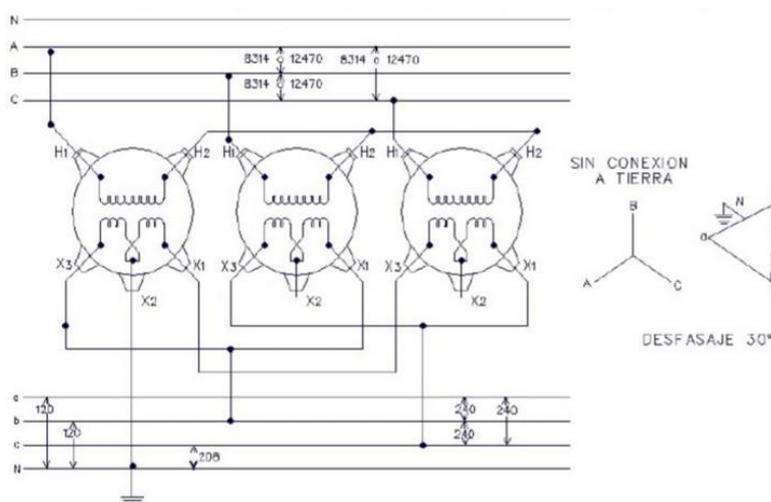


Figura 2. 4: Conexión estrella- triángulo.

2.6 Prestación de servicios por la subestación.

La subestación prestara servicios a una población de 1800 habitantes de la zona concentrándose en residenciales, ciudadelas, locales comerciales, Industriales, edificaciones.

En la tabla 16 se muestra el tipo de clientes y el número de abonados de la subestación.

TIPO DE CLIENTE	NUMERO DE ABONADOS	%
Residenciales	1200	67%
Urbanos	500	28%
Industriales	100	5%
Total	1800	100%

Tabla 16: Tipo de clientes y el número de abonados.

En la figura 2.5 se muestra un gráfico estadístico donde el 67% de abonados son clientes tipo residenciales, el 28% son clientes urbanos y el 5% son para clientes industriales del número de abonados de la subestación.

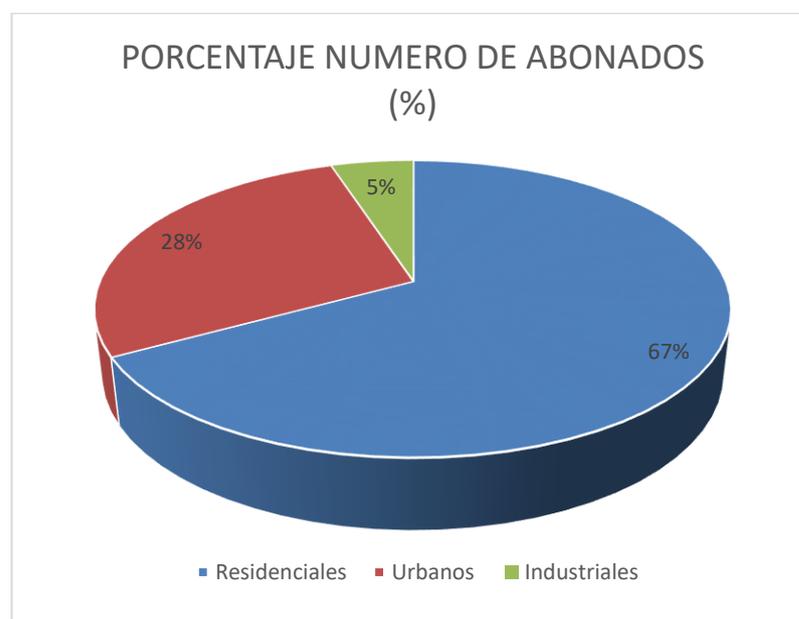


Figura 2. 5: Porcentaje del número de abonados por tipo de cliente.

2.7 Levantamiento de una red de 22Kv y 36Kv.

Las alimentadoras de 10Km y 5Km se las operaran a un nivel de 22 Kv y 36 Kv. En la siguiente tabla 17 se detalla los elementos de las estructuras que forman parte de las alimentadoras.

DESCRIPCION	TOTAL DE ELEMENTOS
Elementos de una Estructura	
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 1/4")	184
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 28")	368
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	186
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	152
Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 51 mm (2") de long., con tuerca, arandela plana y de presión	368
Perno U de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 150 mm (6") de ancho dentro de la U, con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	120
Aislador espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 55-5, 15 kV	546
Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-15, 15 kV	6
Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám x 300 mm (12") de long.	360
Perno espárrago o de rosca corrida de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 300 mm (12") de long., con 4 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	124
Perno de ojo de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 254 mm (10") de long., con 4 tuercas. 2 arandelas planas y 2 de presión	4
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm (5/8") de	2
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble (4 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	2
Grapa terminal apernada tipo pistola, de aleación de Al	6
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	6
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	2
poste de 12 metros (500Kg)	150
CABLE DE ALUMINIO DESNUDO CABLEADO ACSR 6/1, No.2 AWG, 7 HILOS	15000
diámetro	45000

Tabla 17: Elementos de la estructura de 22Kv y 36Kv.

2.8 Normas técnicas a utilizarse.

Para un nivel de 22Kv se coge como base las normas de las Unidades de Propiedad (UP) realizado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) [6].

Para el nivel de 36Kv o 34.5Kv se coge como base las normas para distribución INECEL "ESTRUCTURAS T" Superintendencia de Electrificación Rural y Proyectos Especiales, Quito 1.974[7].

2.9 Estructuras tipo

En esta sección se presentan el tipo de estructura a utilizarse:

2.9.1 Estructuras centrada - pasante o centrada - tangente.

La estructura que se muestra en la figura 2.6 tienden a soportar conductores de media tensión sin atraer el esfuerzo de la tensión mecánica, su función consiste en llevar el cable de una estructura pasante a otra [7].

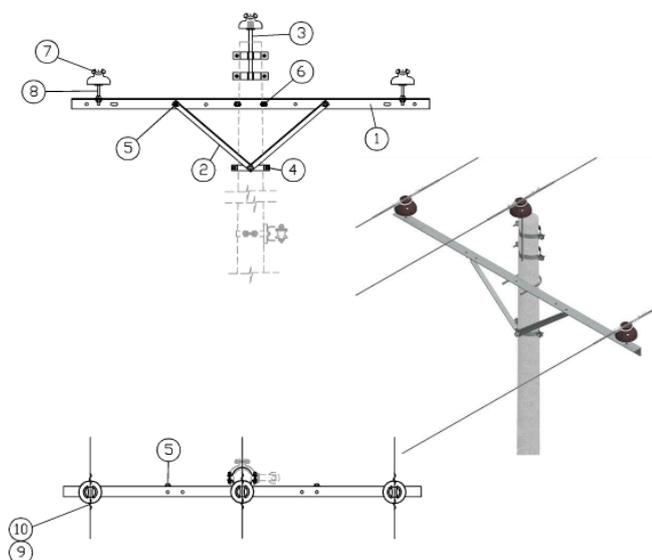


Figura 2. 6: Estructura Centrada – Pasante

2.9.2 Estructura centrada – angular

La estructura que se muestra en la figura 2.7 es utilizada para soportar conductores de media tensión con deflexiones mayores a las permitidas por las estructuras pasantes, su deflexión máxima horizontal es de 30° por lo cual representa un cambio de dirección en la trayectoria de la línea [7].

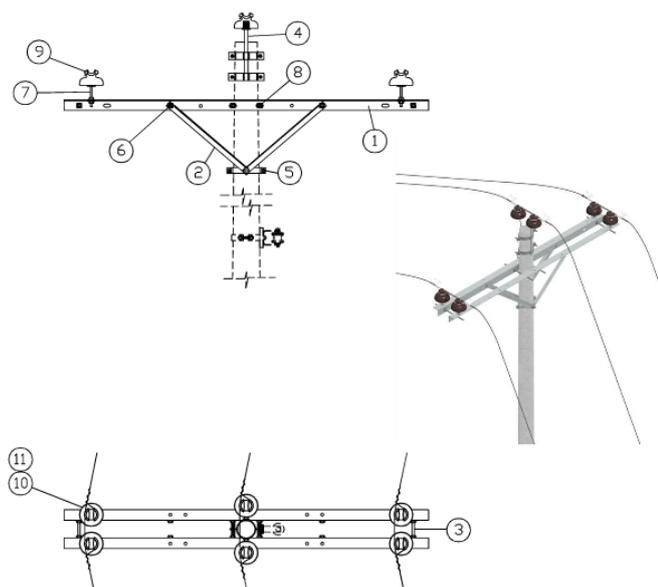


Figura 2. 7: Estructura Centrada – Angular

2.9.3 Estructura centrada – retención o centrada - terminal

La estructura que se muestra en la figura 2.8 es utilizada para rematar conductores de media tensión donde inicia o termina la línea, puede soportar cargas verticales, transversales y longitudinales [6].

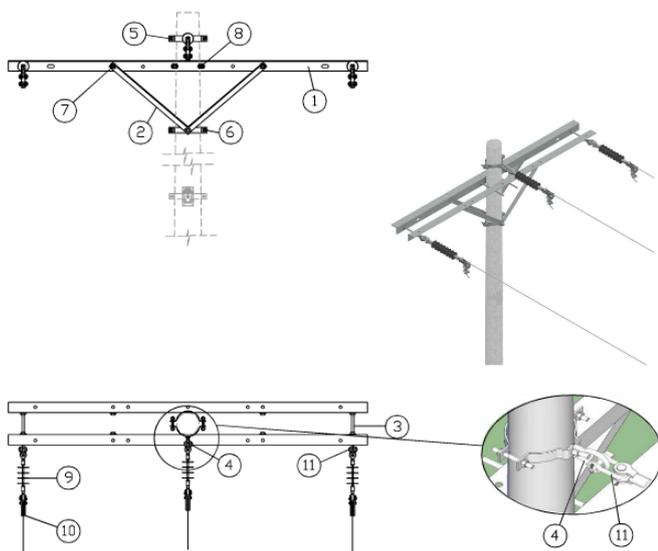


Figura 2. 8: Estructura Centrada – Retención o terminal

2.9.4 Estructura centrada – doble retención o doble terminal.

La estructura que se muestra en la figura 2.9 es utilizada para las tensiones de los conductores de media tensión donde se pueda eliminar o apaciguar, en las normas nos indica que se debe de ubicar este tipo de estructuras a una distancia de 1km [6].

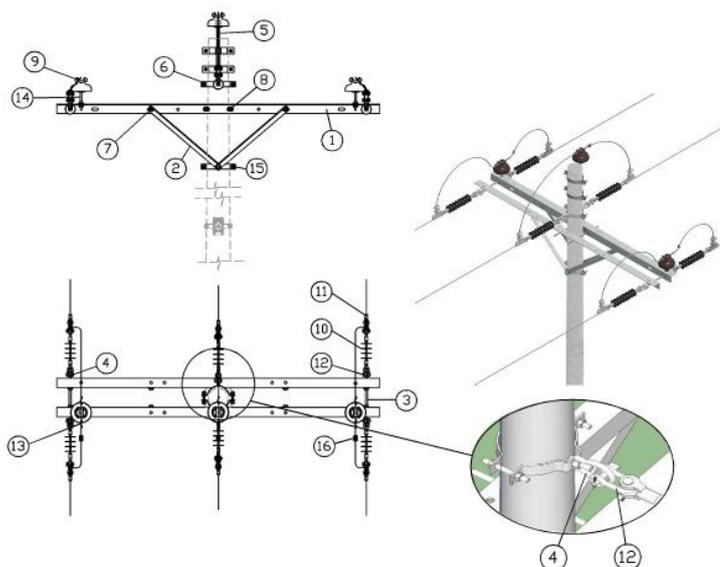


Figura 2. 9: Estructura centrada – doble retención o doble terminal.

2.10 Conductores.

El calibre del conductor se lo determina a partir del cálculo de la caída de tensión, en conformidad de las respectivas normas 336.4 MCM, 4/0, Y 4AWG en ACSR para las fases y de 3/0, 4/0 en ACS para el neutro, empleando como mínimo 31.76 mm² (4 AWG), 160.83 mm² (4/0 AWG), 263.02 mm² (336.44 MCM).

2.11 Aisladores.

La función principal de los aisladores eléctricos es evitar el paso de la corriente eléctrica del conductor al apoyo, utilizando la Norma ANSI [7] como vemos en la tabla 18.

VOLTAJE NOMINAL	AISLADOR ESPIGA (PIN)	AISLADORES DE SUSPENSION POLIMERICICO	AISLADORES DE SUSPENSION TIPO DISCO	
			52-1 (6")	52-4 (10")
13,8 kV	55-5	DS-15	2 c/u	-
22 kV	56-1	DS-28	3 c/u	2 c/u
36 kV	56-3	DS-35	4 c/u	3 c/u

Tabla 18: Aisladores con referencia a las designaciones ANSI.

Para el conductor neutro se recomienda el aislador carrete ANSI 53- 2.

2.12 Cruquetas.

Las cruquetas son los elementos auxiliares que montados sobre su base permite el ensamblaje de los aisladores para cualquiera de las posibles configuraciones.

Para los niveles de voltaje 13.8kv/ 22kv/36kv las longitudes de las cruquetas puede ser 1.50 m, 2 m y 2.40 m, según la norma se recomienda usar cruquetas de 2.40 m.

2.13 Poste.

Los postes a utilizar son de sección circular con sus correspondientes agujeros, la longitud de los postes se los toma teniendo en cuenta los vanos. Y se de tomar en cuenta las distancias al suelo del conductor más bajo como por ejemplo:

- En líneas de Distribución: 10 a 12 metros.
- En redes de Distribución: 8,5 y 10 metros.

2.14 Distancias mínimas de seguridad.

En Ecuador la regulación 002/10 del CONELEC establece las distancias de seguridad para las redes eléctricas y edificaciones, de más de 600 V nominales, a continuación, se mencionará las normas para las distancias de mínima de seguridad que utiliza el National Electrical Safety Code, ANSI-C2 [8].

2.14.1 Distancia de seguridad para conductores a edificaciones.

La norma nos indica que si tenemos tensiones superiores a 22Kv hasta 470Kv entonces debe de incrementarse 0,01m por cada Kv en exceso de 22Kv.

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD		Conductor es 0 a 750 V.	Conductor es 750 V- 22 kV.	Partes Resistente Energizadas No protegidas de 0V-750 V.	Partes Resistente Energizadas No protegidas de 750V-22kV.
		m	m	m	M
Edificios	Horizontal a paredes,	1.7(A, B)	2.3 (A, B)	1.5 (A)	2.0 (A)
	Vertical arriba o abajo	3.2	3.8	3.0	3.6
	Vertical arriba o abajo de techos y áreas cercanas a personas y vehículos, también a vehículos pesados.	3.5	4.1	3.4	4.0
	Vertical arriba de	5.0	5.6	4.9	5.5
Anuncios, chimeneas	Horizontal	1.7 (A,B)	2.3 (A,C)	1.5 (A)	2.0 (A)
	Vertical arriba o abajo	3.5	4.1	3.4	4.0
	Vertical arriba o abajo	1.8 (A)	2.3	1.7	2.45

Tabla 19: Distancia mínima de seguridad de conductores a edificaciones y otras instalaciones.

2.14.2 Distancia de conductores, lugares energizados, bajo viento.

Las distancias de la tabla 20 son: sin viento, cuando los conductores son desplazados de su posición inicial, por una fuerza de viento de 29 kg/m² se permitirá la reducción a los valores mínimos detallados a continuación.

Conductor o Cable	Distancia de seguridad horizontal Hw(fig.2.10), en el caso de desplazamiento de viento
Conductor (0 a 750 V)	1.1
Conductor (750 V a 22KV)	1.4

Tabla 20: Distancia de seguridad horizontal con viento en los conductores.

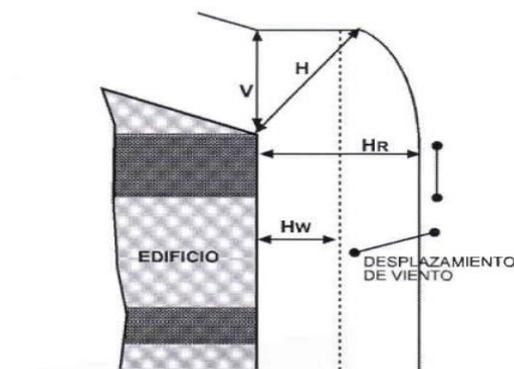


Figura 2. 10: Distancia de seguridad a edificaciones.

2.14.3 Distancia de conductores a diferentes estructuras de soporte.

Conductores, cables que se trasladen a estructuras de alumbrado público como los soportes de un semáforo o soporte de una segunda línea, se debe separar de cualquier parte de una estructura por una longitud no menor como dice la tabla 21:

	Con Viento		Sin Viento
Distancia Horizontal	0 - 750 V	22 KV	Hasta 50 KV
	1.1	1.4	1.5
Distancia Vertical	0 - 22 KV		22 - 50 KV
	1.4		1.7

Tabla 21: Distancia de seguridad horizontal y vertical con viento y sin viento en los conductores.

2.14.4 Distancia de seguridad vertical para conductores sobre el nivel de la superficie de terreno, carreteras, vías férreas y superficies que contiene agua.

Se refiere a la altura mínima que debe de guardar los conductores y cables de líneas aéreas, respecto al suelo, rio y parte superior de rieles de vías férreas como se indica en la tabla 22.

Naturaleza de la Superficie bajo los conductores	Conductores de 0 - 750 V	Conductores de 750 V a 22 KV
Vías férreas	7.5	8.1
Carreteras, calles, caminos y otras áreas usadas para tránsito	5.0	5.6
Aceras o caminos accesibles sólo a peatones	3.8	4.4
Aguas donde no está permitida la navegación	4.6	5.2
Aguas navegables incluyendo lagos, ríos, estanques, arroyos y canales con un área de superficie sin obstrucción de:		
	a) hasta 8 Km ²	5.6
	b) Mayor a 8 hasta 80 Km ²	8.1
	c) Mayor a 80 hasta 800 Km ²	9.9
	d) Arriba de 800 Km ²	11.7

Tabla 22: Distancia de seguridad vertical sobre vías férreas, el suelo y el agua.

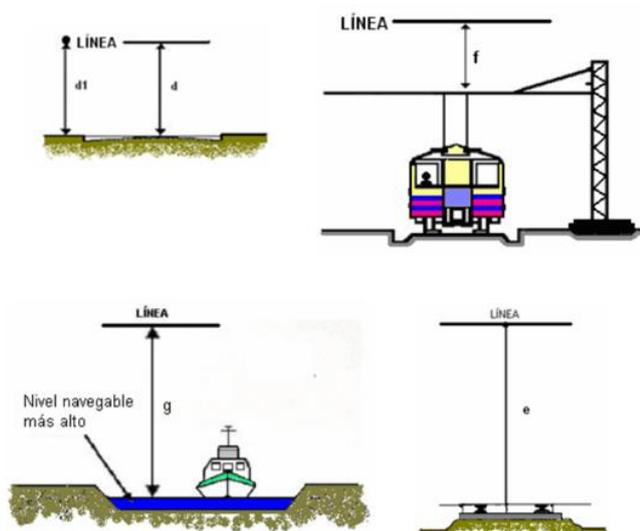


Figura 2. 11: Distancia mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE FLUJO DE CARGA.

En este capítulo se realiza un análisis de flujo de carga para las siguientes condiciones: 50%, 75%, 100%, ha sido necesario hacer uso de la herramienta computacional “ETAP 12.6” que facilita el estudio con una mayor precisión y fácil manejo.

Para el siguiente análisis de flujo de carga se obtiene un panorama de cuáles son las condiciones actuales y futuras de la subestación como también el aumento de las cargas y los cambios respectivos de nivel de tensión, calculando parámetros como: voltajes en las barras, potencias y pérdidas para el sistema.

3.1 Diseño del sistema de distribución a 22 Kv y 36 Kv.

Se determina la mejor alternativa de diseño desde el punto de vista de calidad del servicio para así ahorrar en costos y justifique una buena inversión.

3.2 Equivalente Thevenin.

Para el siguiente estudio de flujo de carga se realiza un equivalente Thevenin visto desde la barra de (69) del sistema de potencia de la Unidad de Negocios Guayaquil.

La Tabla 23 detalla los datos de cortocircuito de una subestación a nivel de barra de 69 Kv.

PARAMETROS DE ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO BARRA DE 69KV	
Estudio	S/E
Potencia de Base	100 [MVA]
Frecuencia Fundamental	60,00 [hz]
Protocolo de Estudio	ANSI

Tabla 23: Parámetros de estudio.

En la tabla 24 se observa las potencias de falla (MVA) para los diferentes tipos de falla en una barra de 69Kv.

Prefalla KV	Tipo falla	Potencia de falla [MVA]	Ia [kA]	Ib [kA]	Ic [kA]	In [kA]
69	LLL	768	6,42	6,42	6,42	0
	LG	374	3,13	0	0	3,13
	LL	665	0	5,56	5,56	0
	LLG	689	0	5,55	5,77	2,06

Tabla 24: Capacidad de cortocircuito.

3.3 Transformador

En la figura 3.1 se ingresan los parámetros eléctricos en el programa ETAP 12.6 para una correcta simulación, estos parámetros fueron establecidos por la CNEL-EP Unidad de Negocio Guayaquil y son las siguientes; Potencia del transformador y la relación de transformación.

The screenshot displays the '2-Winding Transformer Editor - T1' window. The 'Rating' tab is active, showing the following parameters:

- Transformer Info:** 5 MVA ANSI Liquid-Fill OA/FA/FOA 65 C, 69 13.8 kV
- Voltage Rating:**
 - Prim. kV: 69, FLA: 41.84, FLA: 65.37, Bus kVnom: 69
 - Sec. kV: 13.8, FLA: 209.2, FLA: 326.9, Bus kVnom: 13.8
 - Options: OA 65, FOA 65
- Power Rating:**
 - MVA: 5 (Rated), 5 (Derated)
 - 1st Stage: 6.25 (FA 65)
 - 2nd Stage: 7.813 (FOA 65)
 - Options: Per Standard, User-Defined
 - Alert - Max: MVA 10, Derated MVA (User-Defined)
 - Installation: Altitude 32 ft, Ambient Temp. 30 °C
 - % Derating: 0, 0, 0
 - MFR: [Empty]
 - Options: Fan, Fan / Pump
- Type / Class:**
 - Type: Liquid-Fill
 - Sub Type: Mineral Oil
 - Class: OA/FA/FOA
 - Temp. Rise: 65

Figura 3. 1: Parámetros que el Etap 12.6.0 muestra del transformador.

3.4 Impedancia del transformador

En la figura 3.2 se ingresan los parámetros eléctricos en el programa ETAP 12.6 para una correcta simulación, estos parámetros fueron establecidos por la CNEL-EP Unidad de Negocio Guayaquil, como es la impedancia del transformador.

The screenshot shows the '2-Winding Transformer Editor - T1' window. The 'Impedance' tab is selected, showing the following parameters:

Sequence	%Z	X/R	R/X	%X	%R
Positive	8	15.5	0.065	7.983	0.515
Zero	8	15.5	0.065	7.983	0.515

Other parameters shown include: Z Base (5 MVA, OA 65), Z Variation (8% Z, 0% Z Variation), and No Load Test Data (0% FLA, 0 kW, 0% G, 0% B).

Figura 3. 2: Parámetros que el Etap 12.6.0 muestra sobre las impedancias del transformador.

3.5 Líneas y conductores

El calibre que se utiliza para los conductores de las troncales y en los ramales son ACSR 336,4 MCM troncal, Y ORION, QUALI, SPARROWR, PENGUIN, SWANATE, RAVEN, para los ramales de 10km y 5km.

Calibre	Hilos	Diámetro	GMR	Peso	Resistencia	Reactancia
		mm	mm	kg/km	ohm/km	ohm/km
336,4	33	18,3	7,43	689,5	0,165	0,28
4/0	7	14,31	4,61	433,5	0,26	0,3161
2/0	7	11,35	3,65	272,7	0,413	0,3335
1/0	7	10,11	3,25	216,4	0,521	0,3423
2	7	8,01	2,58	136	0,829	0,3597
4	7	6,36	2,05	85,53	1,3	0,3772

Tabla 25: Calibre de los conductores.

3.6 Configuración de las estructuras aéreas.

En la configuración de la línea de transmisión se considera una estructura aérea con cruceta horizontal semicentrada, se agrega valores de distancia en la separación entre conductores de línea a línea, línea a tierra como se muestra en la figura 3.3

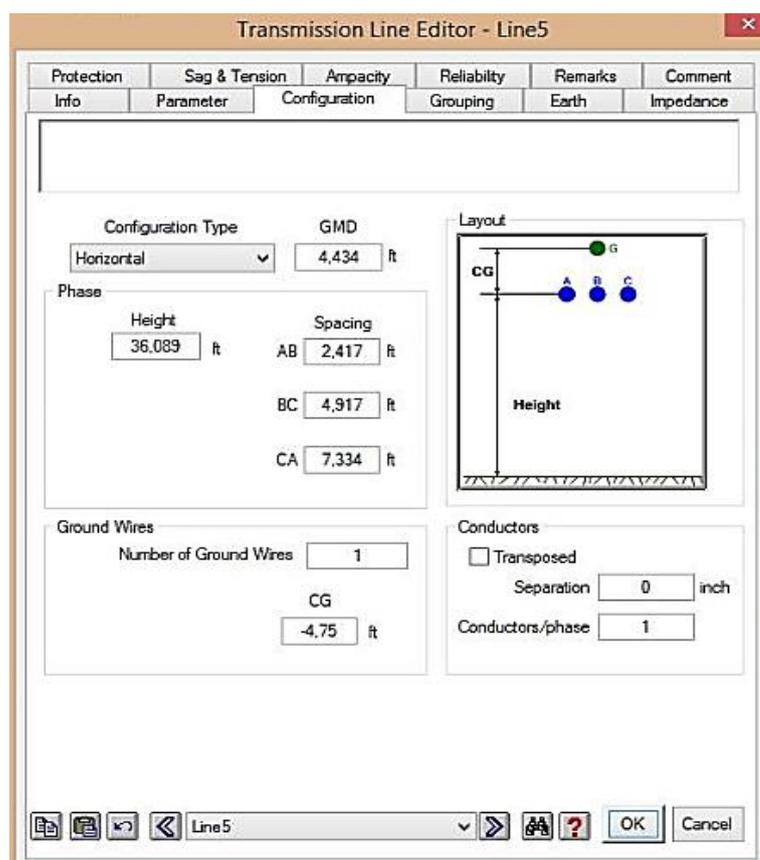


Figura 3. 3: Configuración de las estructuras aéreas en Etap 12.6.0.

3.7 Configuración y tipo de cargas.

En la Tabla 26, se hace un detalle de cómo están ingresadas las cargas por cada fase en un alimentador de 10 Km con cargabilidad del 50%, 75% y el 100% para 5MVA 10MVA y 15MVA.

BARRA	5MVA									10MVA									15MVA								
	CARGA (MVA)									CARGA (MVA)									CARGA (MVA)								
	50%			75%			100%			50%			75%			100%			50%			75%			100%		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
3	50			75			100			84			125			167			167			250			333		
4		50			75			100			84			125			167			167			250			333	
5			50			75			100			84			125			167			167			250			333
6	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
7		50				75			100			84			125			167			167			250			333
8			50				75			100			84			125			167			167			250		333
9	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
10		50				75			100			84			125			167			167			250			333
11			50				75			100			84			125			167			167			250		333
12	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
13		50				75			100			84			125			167			167			250			333
14			50				75			100			84			125			167			167			250		333
15	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
16		50				75			100			84			125			167			167			250			333
17			50				75			100			84			125			167			167			250		333
18	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
19		50				75			100			84			125			167			167			250			333
20			50				75			100			84			125			167			167			250		333
21	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
22		50				75			100			84			125			167			167			250			333
23			50				75			100			84			125			167			167			250		333
24	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
25		50				75			100			84			125			167			167			250			333
26			50				75			100			84			125			167			167			250		333
27	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
28		50				75			100			84			125			167			167			250			333
29			50				75			100			84			125			167			167			250		333
30	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
31		50				75			100			84			125			167			167			250			333
32			50				75			100			84			125			167			167			250		333
33	50				75			100			84			125			167			167			250			333	
34		50				75			100			84			125			167			167			250			333
35			50				75			100			84			125			167			167			250		333

Tabla 26: Cargas ingresadas por fase del alimentador de 10 Km.

En la tabla 27 se hace un detalle de cómo están ingresada las cargas por cada fase en un alimentador de 5 Km con cargabilidad de 50%, 75% y el 100% para 5MVA 10MVA y 15MVA.

5Km																												
BARRA	5MVA						10MVA						15MVA															
	CARGA (MVA)						CARGA (MVA)						CARGA (MVA)															
	50%		75%		100%		50%		75%		100%		50%		75%		100%											
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C										
36	50			75			100			125			188			250			84			125			167			
37		50			75			100			125			188			250			84			125			167		
38			50			75			100			125			188			250			84			125			167	
39	50			75			100			125			188			250			84			125			167			
40		50			75			100			125			188			250			84			125			167		
41			50			75			100			125			188			250			84			125			167	
42	50			75			100			125			188			250			84			125			167			
43		50			75			100			125			188			250			84			125			167		
44			50			75			100			125			188			250			84			125			167	
45	50			75			100			125			188			250			84			125			167			
46		50			75			100			125			188			250			84			125			167		
47			50			75			100			125			188			250			84			125			167	
48	50			75			100			125			188			250			84			125			167			
49		50			75			100			125			188			250			84			125			167		
50			50			75			100			125			188			250			84			125			167	
51	50			75			100			125			188			250			84			125			167			
52		50			75			100			125			188			250			84			125			167		

Tabla 27: Cargas ingresadas por fase del alimentador de 5Km.

3.8 Análisis de cargabilidad

Se realiza un análisis de las diferentes S/E con las potencias de 5MVA, 10MVA Y 15MVA:

Para una demanda 5MVA cuando ocupe el 50% de cargabilidad del transformador de potencia se tendrá una demanda de 2.5 MVA, cuando ocupe el 75% de cargabilidad del transformador de potencia se obtendrá una demanda de 3.75MVA.

Y como manifiesta el Plan Maestro de Electrificación, la demanda total del Ecuador tiene un incremento del 5%, se estima que para cuando tenga el 50% de cargabilidad del transformador la S/E en unos 14 años operaría al 100% de su capacidad, como también se estima que para cuando tenga el 75% de cargabilidad del transformador la S/E en unos 8 años aproximadamente operaría al 100% de su capacidad.

Para una demanda 10MVA cuando ocupe el 50% de cargabilidad del transformador de potencia se tendrá una demanda de 5 MVA, cuando ocupe el 75% obtendrá una demanda de 7.5MVA.

Para una demanda 15MVA cuando ocupe el 50% de cargabilidad del transformador de potencia se tendrá una demanda de 7.5MVA, cuando ocupe el 75% se obtendrá una demanda de 11.25MVA.

Para las demandas de 10MVA, 15MVA cuando tenga el 50% de cargabilidad del transformador, la S/E en unos 14 años trabajaría al 100% de su capacidad como también se estima que para cuando tenga el 75% de cargabilidad del transformador, S/E en unos 6 años aproximadamente trabajaría al 100% de su capacidad.

3.9 Análisis para nivel de tensión de 13.8Kv, 22Kv y 36Kv.

A continuación, se presenta las siguientes simulaciones que vamos a realizar en los alimentadores:

- Simulación 13.8Kv para 5 MVA, 10 MVA, 15 MVA con cargabilidad del 50%, 75% y el 100%.
- Simulación 22 Kv para 5 MVA, 10 MVA, 15 MVA con cargabilidad del 50%, 75% y el 100%.
- Simulación 36 Kv para 5 MVA, 10 MVA, 15 MVA con cargabilidad del 50%, 75% y el 100%.

3.9.1 Simulación para un nivel de tensión 13,8 Kv demanda 5 MVA, 10 MVA, 15 MVA y cargabilidad 50%,75%,100%.

- Análisis de nivel de tensión 13,8Kv con una demanda de 5 MVA y cargabilidad del 50%,75%,100%.

PARAMETROS ELECTRICOS	SUBESTACION 5MVA			
	FASE	50%	75%	100%
I[A]	A	103,80	153,7	202,3
	B	104,00	154	202,7
	C	97,90	144,9	190,7
TOTAL		305,70	452,60	595,70
POTENCIA ACTIVA [MW]	A	0,747	1,093	1,422
	B	0,748	1,094	1,423
	C	0,704	1,03	1,34
TOTAL		2,199	3,22	4,19
POTENCIA REACTIVA [MVAR]	A	0,319	0,471	0,618
	B	0,319	0,474	0,622
	C	0,303	0,45	0,593
TOTAL		0,941	1,40	1,83
POTENCIA APARENTE [MVA]	A	0,812	1,191	1,551
	B	0,813	1,192	1,553
	C	0,766	1,124	1,465
TOTAL		2,391	3,51	4,57
FACTOR DE POTENCIA	A	92,0	91,8	91,7
	B	92,0	91,8	91,6
	C	91,0	91,6	91,5
TOTAL		275,0	275,20	274,80

Tabla 28: Tensión 13,8 KV y demanda 5 MVA.

En la Tabla 28 se presenta los parámetros eléctricos de corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el factor de potencia dado en el reporte que se genera en el simulador ETAP 12.6.

Se observa que las corrientes de cada fase para las cargabilidad de 50%, 75%, 100% estuvieron muy aproximadas en consecuencia, no hubo desbalance entre las fases A - B y entre las fases B - C se obtuvo un desbalance de 2%.

Esto también sucede para las demandas de potencias activa, reactiva y aparente.

El factor de potencia para las cargabilidades de 50%, 75%, 100% tuvo un promedio de 0.916 por lo cual las normas ecuatorianas recomiendan que se utilice un factor de potencia de 0.92.

NIVEL (KV)	CARGABILIDAD	PERDIDAS		PERDIDAS DE TRANSMISION (Kw)	TOTAL PERDIDAS (KW)
		KW	KVAR		
13,8	50%	36,40	106,3	1,82	38,22
	75%	78,7	243,6	3,935	82,64
	100%	141,60	430,3	7,08	148,68

Tabla 29: Pérdidas para una demanda de 5 MVA con una tensión 13,8 KV.

En la Tabla 29 se presenta las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales para el nivel de 13,8Kv para una demanda de 5 MVA y sus respectivas cargabilidades es dado en el reporte generado por el simulador ETAP 12.6.

- Análisis de nivel de tensión 13,8Kv con una demandad de 10Mva y cargabilidad del 50%, 75%, 100%.

PARAMETROS ELECTRICOS	SUBESTACION 10MVA			
	FASE	50%	75%	100%
I[A]	A	202,40	299,8	393,3
	B	202,70	300,5	394,4
	C	187,50	278	364,9
TOTAL		592,60	878,30	1152,60
POTENCIA ACTIVA [MW]	A	1,453	2,128	2,759
	B	1,454	2,128	2,759
	C	1,345	1,97	2,555
TOTAL		4,252	6,23	8,07
POTENCIA REACTIVA [MVAR]	A	0,629	0,932	1,223
	B	0,633	0,941	1,237
	C	0,590	0,88	1,162
TOTAL		1,852	2,75	3,62
POTENCIA APARENTE [MVA]	A	1,583	2,323	3,018
	B	1,585	2,327	3,024
	C	1,469	2,158	2,807
TOTAL		4,637	6,81	8,85
FACTOR DE POTENCIA	A	91,8	91,6	91,4
	B	91,7	91,5	91,2
	C	91,6	91,3	91
TOTAL		275,1	274,40	273,60

Tabla 30: Tensión 13,8 KV y demanda 10 MVA.

En la Tabla 30 se presenta los parámetros eléctricos de corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el factor de potencia dado en el reporte que se genera en el simulador ETAP 12.6.

Se observa que las corrientes de cada fase para las cargabilidad de 50%, 75%, 100% estuvieron muy aproximadas en consecuencia, no hubo desbalance entre las fases A - B y entre las fases B – C se obtuvo un desbalance de 3%.

Esto también sucede para las demandas de potencias activa, reactiva y aparente.

El factor de potencia para las cargabilidades de 50%, 75%, 100% tuvo un promedio de 0.915 por lo cual las normas ecuatorianas recomiendan que se utilice un factor de potencia de 0.92.

NIVEL (KV)	CARGABILIDAD	PERDIDAS		PERDIDAS DE TRANSMISION (Kw)	TOTAL PERDIDAS (KW)
		KW	KVAR		
13,8	50%	45,5	232,8	2,275	47,8
	75%	99,7	524,8	4,985	104,7
	100%	171,4	911,7	8,57	180,0

Tabla 31: Pérdidas para una demanda de 10 MVA con una tensión 13,8 KV.

En la Tabla 31 se presenta las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales para el nivel de 13,8 Kv para una demanda de 10MVA y sus respectivas cargabilidades es dado en el reporte generado por el simulador ETAP 12.6.

- Análisis de nivel de tensión 13,8Kv con una demandad de 15Mva y cargabilidad del 50%, 75%, 100%.

PARAMETROS ELECTRICOS	SUBESTACION 10MVA			
	FASE	50%	75%	100%
I[A]	A	281,10	411	526
	B	282,00	412,9	528,8
	C	270,60	395,1	505
TOTAL		833,70	1219,00	1559,80
POTENCIA ACTIVA [MW]	A	2,011	2,904	3,604
	B	2,015	2,909	3,607
	C	1,927	2,771	3,426
TOTAL		5,953	8,58	10,64
POTENCIA REACTIVA [MVAR]	A	0,895	1,322	1,674
	B	0,903	1,34	1,703
	C	0,883	1,316	1,681
TOTAL		2,201	3,98	5,06
POTENCIA APARENTE [MVA]	A	2,208	3,191	3,974
	B	2,120	3,203	3,989
	C	1,469	3,068	3,816
TOTAL		5,797	9,46	11,78
FACTOR DE POTENCIA	A	91,4	91	90,7
	B	91,2	90,8	90,4
	C	90,9	90,3	89,8
TOTAL		273,5	272,10	270,90

Tabla 32: Tensión 13,8 KV y demanda 15 MVA.

En la Tabla 32 se presenta los parámetros eléctricos de corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el factor de potencia dado en el reporte que se genera en el simulador ETAP 12.6.

Se observa que las corrientes de cada fase para las cargabilidad de 50%, 75%, 100% estuvieron muy aproximadas en consecuencia, no hubo desbalance entre las fases A - B y entre las fases B - C se obtuvo un desbalance de 2%.

Esto también sucede para las demandas de potencias activa, reactiva y aparente.

El factor de potencia para las cargabilidades de 50%, 75%, 100% tuvo un promedio de 0.9072 por lo cual las normas ecuatorianas recomiendan que se utilice un factor de potencia de 0.92.

NIVEL (KV)	CARGABILIDAD	PERDIDAS		PERDIDAS DE TRANSMISION (Kw)	TOTAL PERDIDAS (KW)
		KW	KVAR		
13,8	50%	118,2	424,1	5,91	124,1
	75%	250,7	916,3	12,535	263,2
	100%	432,9	1911,0	21,645	454,5

Tabla 33: Pérdidas para una demanda de 15 MVA con una tensión 13,8 KV.

En la Tabla 33 se presenta las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales para el nivel de 13,8 Kv para una demanda de 15MVA y sus respectivas cargabilidades es dado en el reporte generado por el simulador ETAP 12.6.

3.9.2 Simulación para un nivel de tensión 22Kv demanda 5MVA, 10MVA, 15MVA y cargabilidad 50%,75%,100%.

- Análisis de nivel de tensión 22Kv con una demandad de 5Mva y cargabilidad del 50%, 75%, 100%.

PARAMETROS ELECTRICOS	SUBESTACION 5MVA			
	FASE	50%	75%	100%
I[A]	A	65,10	96,8	127,7
	B	65,30	97	127,9
	C	61,50	91,4	120,6
TOTAL		191,90	285,20	376,20
POTENCIA ACTIVA [MW]	A	0,750	1,101	1,437
	B	0,752	1,104	1,439
	C	0,709	1,041	1,359
TOTAL		2,211	3,25	4,24
POTENCIA REACTIVA [MVAR]	A	0,312	0,464	0,61
	B	0,311	0,464	0,61
	C	0,295	0,44	0,58
TOTAL		0,918	1,37	1,80
POTENCIA APARENTE [MVA]	A	0,812	1,195	1,561
	B	0,814	1,197	1,563
	C	0,768	1,13	1,477
TOTAL		2,394	3,52	4,60
FACTOR DE POTENCIA	A	92,3	92,2	92,1
	B	92,4	92,2	92,1
	C	92,3	92,1	92
TOTAL		277,0	276,50	276,20

Tabla 34: Tensión 22 KV y demanda 5MVA.

En la Tabla 34 se presenta los parámetros eléctricos de corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el factor de potencia dado en el reporte que se genera en el simulador ETAP 12.6.

Se observa que las corrientes de cada fase para las cargabilidad de 50%, 75%, 100% estuvieron muy aproximadas en consecuencia, no hubo

desbalance entre las fases A - B y entre las fases B – C se obtuvo un desbalance de 2%.

Esto también sucede para las demandas de potencias activa, reactiva y aparente.

El factor de potencia para las cargabilidades de 50%, 75%,100% tuvo un promedio de 0.921 por lo cual las normas ecuatorianas recomiendan que se utilice un factor de potencia de 0.92.

NIVEL (KV)	CARGABILIDAD	PERDIDAS		PERDIDAS DE TRANSMISION (Kw)	TOTAL PERDIDAS(KW)
		KW	KVAR		
22	50%	20,9	78,3	1,045	21,9
	75%	65,1	204,1	3,255	68,4
	100%	112,9	371	5,645	118,5

Tabla 35: Perdidas para una demanda de 5 MVA con una tensión 22 KV.

En la Tabla 35 se presenta las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales para el nivel de 22Kv para una demanda de 5 MVA y sus respectivas cargabilidades es dado en el reporte generado por el simulador ETAP 12.6.

- Análisis de nivel de tensión 22Kv con una demandad de 10Mva y cargabilidad del 50%, 75%, 100%.

PARAMETROS ELECTRICOS	SUBESTACION 10MVA			
	FASE	50%	75%	100%
I[A]	A	127,50	189,8	393,3
	B	127,70	190,1	394,4
	C	118,30	176,1	364,9
TOTAL		373,50	556,00	1152,60
POTENCIA ACTIVA [MW]	A	1,465	2,156	2,759
	B	1,467	2,158	2,759
	C	1,359	2,002	2,555
TOTAL		4,291	6,32	8,07
POTENCIA REACTIVA [MVAR]	A	0,620	0,921	1,223
	B	0,621	0,924	1,237
	C	0,578	0,862	1,162
TOTAL		1,819	2,71	3,62
POTENCIA APARENTE [MVA]	A	1,591	2,345	3,018
	B	1,593	2,347	3,024
	C	1,477	2,18	2,807
TOTAL		4,661	6,87	8,85
FACTOR DE POTENCIA	A	92,1	91,6	92
	B	92,1	91,5	91,9
	C	92,0	91,3	91,8
TOTAL		276,2	274,40	275,70

Tabla 36: Tensión 22 KV y demanda 10 MVA.

En la Tabla 35 se presenta los parámetros eléctricos de corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el factor de potencia dado en el reporte que se genera en el simulador ETAP 12.6.

Se observa que las corrientes de cada fase para las cargabilidad de 50%, 75%, 100% estuvieron muy aproximadas en consecuencia, no hubo desbalance entre las fases A - B y entre las fases B - C se obtuvo un desbalance de 2%.

Esto también sucede para las demandas de potencias activa, reactiva y aparente.

El factor de potencia para las cargabilidades de 50%, 75%, 100% tuvo un promedio de 0.921 por lo cual las normas ecuatorianas recomiendan que se utilice un factor de potencia de 0.92.

NIVEL (KV)	CARGABILIDAD	PERDIDAS		PERDIDAS DE TRANSMISION (Kw)	TOTAL PERDIDAS(KW)
		KW	KVAR		
22	50%	39,6	181,2	1,98	41,6
	75%	87,3	434,7	4,365	91,7
	100%	96,9	765,3	4,845	101,7

Tabla 37: Pérdidas para una demanda de 10 MVA con una tensión 22 KV.

En la Tabla 37 se presenta las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales para el nivel de 13,8Kv para una demanda de 10 MVA y sus respectivas cargabilidades es dado en el reporte generado por el simulador ETAP 12.6.

- Análisis de nivel de tensión 22Kv con una demandad de 15Mva y cargabilidad del 50%, 75%,100%.

PARAMETROS ELECTRICOS	SUBESTACION 15MVA			
	FASE	50%	75%	100%
I[A]	A	281,10	263,7	340,3
	B	282,00	264,3	341,1
	C	270,60	254,3	328,1
TOTAL		833,70	782,30	1009,50
POTENCIA ACTIVA [MW]	A	2,011	2,993	3,751
	B	2,015	2,997	3,753
	C	1,927	2,88	3,607
TOTAL		5,953	8,87	11,11
POTENCIA REACTIVA [MVAR]	A	0,895	1,303	1,65
	B	0,903	1,309	1,661
	C	0,883	1,277	1,626
TOTAL		2,201	3,89	4,94
POTENCIA APARENTE [MVA]	A	2,208	3,264	4,098
	B	2,120	3,27	4,105
	C	1,469	3,15	3,957
TOTAL		5,797	9,68	12,16
FACTOR DE POTENCIA	A	91,4	91,7	91,5
	B	91,2	91,6	91,4
	C	90,9	91,4	91,2
TOTAL		273,5	274,70	274,10

Tabla 38: Tensión 22 KV y demanda 15 MVA

En la Tabla 38 se presenta los parámetros eléctricos de corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el factor de potencia dado en el reporte que se genera en el simulador ETAP 12.6.

Se observa que las corrientes de cada fase para las cargabilidad de 50%, 75%, 100% estuvieron muy aproximadas, que no hubo desbalance entre las fases A - B y entre la fase B – C se obtuvo un desbalance de 2%.

Esto también sucede para las demandas de potencias activa, reactiva y aparente.

El factor de potencia para las cargabilidades de 50%, 75%, 100% tuvo un promedio de 0.921 por lo cual las normas ecuatorianas recomiendan que se utilice un factor de potencia de 0.92.

NIVEL (KV)	CARGABILIDAD	PERDIDAS		PERDIDAS DE TRANSMISION (Kw)	TOTAL PERDIDAS (KW)
		KW	KVAR		
22	50%	57,9	294,4	2,895	60,8
	75%	125,7	675,7	6,285	132,0
	100%	236,7	1582,0	11,835	248,5

Tabla 39: Pérdidas para una demanda de 15 MVA con una tensión 22 KV.

En la Tabla 39 se presenta las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales para el nivel de 22 Kv para una demanda de 15 MVA y sus respectivas cargabilidades es dado en el reporte generado por el simulador ETAP 12.6.

3.9.3 Simulación para un nivel de tensión 36Kv demanda 5MVA, 10MVA, 15MVA y cargabilidad 50%,75%,100%.

- Análisis de nivel de tensión 36Kv con una demandad de 5Mva y cargabilidad del 50%, 75%, 100%.

PARAMETROS ELECTRICOS	SUBESTACION 5MVA			
	FASE	50%	75%	100%
I[A]	A	39,50	58,9	78
	B	39,70	59,2	78,2
	C	37,40	55,8	73,8
TOTAL		116,60	173,90	230,00
POTENCIA ACTIVA [MW]	A	0,750	1,105	1,444
	B	0,757	1,111	1,451
	C	0,713	1,048	1,37
TOTAL		2,220	3,26	4,27
POTENCIA REACTIVA [MVAR]	A	0,295	0,447	0,593
	B	0,293	0,446	0,592
	C	0,280	0,424	0,563
TOTAL		0,868	1,32	1,75
POTENCIA APARENTE [MVA]	A	0,806	1,192	1,561
	B	0,812	1,197	1,567
	C	0,766	1,131	1,481
TOTAL		2,384	3,52	4,61
FACTOR DE POTENCIA	A	93,1	92,7	92,5
	B	93,3	92,8	92,6
	C	93,1	92,7	92,5
TOTAL		279,5	278,20	277,60

Tabla 40: Tensión 36 KV y demanda 5 MVA

En la Tabla 40 se presenta los parámetros eléctricos de corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el factor de potencia dado en el reporte que se genera en el simulador ETAP 12.6.

Se observa que las corrientes de cada fase para las cargabilidades de 50%, 75%, 100% estuvieron muy aproximadas, que no hubo desbalance entre las fases A - B y entre las fases B - C se obtuvo un desbalance de 2%.

Esto también sucede para las demandas de potencias activa, reactiva y aparente.

El factor de potencia para las cargabilidades de 50%, 75%, 100% tuvo un promedio de 0.928 por lo cual las normas ecuatorianas recomiendan que se utilice un factor de potencia de 0.92.

NIVEL (KV)	CARGABILIDAD	PERDIDAS		PERDIDAS DE TRANSMISION (Kw)	TOTAL PERDIDAS (KW)
		KW	KVAR		
36	50%	19,5	31,8	0,975	20,5
	75%	44,0	152,3	2,2	46,2
	100%	76,4	313,6	3,82	80,2

Tabla 41: Pérdidas para una demanda de 5 MVA con una tensión 36 KV.

En la Tabla 41 se presenta las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales para el nivel de 36Kv para una demanda de 5 MVA y sus respectivas cargabilidades es dado en el reporte generado por el simulador ETAP 12.6.

- Análisis de nivel de tensión 36Kv con una demandad de 10Mva y cargabilidad del 50%, 75%, 100%.

PARAMETROS ELECTRICOS	SUBESTACION 10MVA			
	FASE	50%	75%	100%
I[A]	A	77,80	116,2	153,5
	B	78,10	116,5	153,8
	C	72,30	108	142,7
TOTAL		228,20	340,70	450,00
POTENCIA ACTIVA [MW]	A	1,470	2,169	2,834
	B	1,476	2,175	2,839
	C	1,368	2,019	2,64
TOTAL		4,314	6,36	8,31
POTENCIA REACTIVA [MVAR]	A	0,603	0,904	1,191
	B	0,601	0,903	1,191
	C	0,561	0,843	1,113
TOTAL		1,765	2,65	3,50
POTENCIA APARENTE [MVA]	A	1,589	2,35	3,074
	B	1,594	2,355	3,078
	C	1,478	2,188	2,865
TOTAL		4,661	6,89	9,02
FACTOR DE POTENCIA	A	92,5	92,3	92,2
	B	92,6	92,4	92,2
	C	92,5	92,3	92,1
TOTAL		277,6	277,00	276,50

Tabla 42: Tensión 36 KV y demanda 10 MVA.

En la Tabla 42 se presenta los parámetros eléctricos de corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el factor de potencia dado en el reporte que se genera en el simulador ETAP 12.6.

Se observa que las corrientes de cada fase para las cargabilidad de 50%, 75%, 100% estuvieron muy aproximadas, que no hubo desbalance entre las fases A - B y entre las fases B – C se obtuvo un desbalance de 2%.

Esto también sucede para las demandas de potencias activa, reactiva y aparente.

El factor de potencia para las cargabilidades de 50%, 75%, 100% tuvo un promedio de 0.928 por lo cual las normas ecuatorianas recomiendan que se utilice un factor de potencia de 0.92.

NIVEL (KV)	CARGABILIDAD	PERDIDAS		PERDIDAS DE TRANSMISION (Kw)	TOTAL PERDIDAS (KW)
		KW	KVAR		
36	50%	30,7	116,3	1,535	32,2
	75%	68,1	346,7	3,405	71,5
	100%	118,5	656,2	5,925	124,4

Tabla 43: Pérdidas para una demanda de 10 MVA con una tensión 36 KV.

En la Tabla 43 se presentan las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales para el nivel de 36Kv para una demanda de 10 MVA y sus respectivas cargabilidades es dado en el reporte generado por el simulador ETAP 12.6.

- Análisis de nivel de tensión 36Kv con una demandad de 15Mva y cargabilidad del 50%, 75%, 100%.

PARAMETROS ELECTRICOS	SUBESTACION 15 MVA			
	FASE	50%	75%	100%
I[A]	A	109,70	162,5	214,4
	B	116,50	162,8	214,8
	C	106,00	157	207,1
TOTAL		332,20	482,30	636,30
POTENCIA ACTIVA [MW]	A	2,069	3,033	3,96
	B	2,195	3,039	3,966
	C	2,000	2,93	3,824
TOTAL		6,264	9,00	11,75
POTENCIA REACTIVA [MVAR]	A	0,862	1,281	1,687
	B	0,913	1,282	1,69
	C	0,837	1,247	1,645
TOTAL		2,201	3,81	5,02
POTENCIA APARENTE [MVA]	A	2,242	3,292	4,305
	B	2,377	3,298	4,311
	C	2,168	3,184	4,163
TOTAL		6,787	9,77	12,78
FACTOR DE POTENCIA	A	92,3	92,1	92
	B	92,3	92,1	92
	C	92,2	92	91,9
TOTAL		276,8	276,20	275,90

Tabla 44: Tensión 36 KV y demanda 15 MVA

En la Tabla 44 se presenta los parámetros eléctricos de corriente, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y el factor de potencia dado en el reporte que se genera en el simulador ETAP 12.6.

Se observa que las corrientes de cada fase para las cargabilidad de 50%, 75%, 100% estuvieron muy aproximadas, que no hubo desbalance entre las fases A - B y entre las fases B – C se obtuvo un desbalance de 2%.

Esto también sucede para las demandas de potencias activa, reactiva y aparente.

El factor de potencia para las cargabilidad de 50%, 75%,100% tuvo un promedio de 0.921 por lo cual las normas ecuatorianas recomiendan que se utilice un factor de potencia de 0.92.

NIVEL (KV)	CARGABILIDAD	PERDIDAS		PERDIDAS DE TRANSMISION (Kw)	TOTAL PERDIDAS (KW)
		KW	KVAR		
36	50%	30,7	116,3	1,535	32,2
	75%	68,1	346,7	3,405	71,5
	100%	118,5	656,2	5,925	124,4

Tabla 45: Pérdidas para una demanda de 15 MVA con una tensión 36 KV.

En la Tabla 45 se presenta las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales para el nivel de 36Kv para una demanda de 15 MVA y sus respectivas cargabilidad es dado en el reporte generado por el simulador ETAP 12.6.

En las tablas donde se presentan las pérdidas de transmisión y las pérdidas totales se empieza a disminuir cuando aumenta el nivel de voltaje tanto así que se llega a tener unas perdidas aproximadamente el doble haciendo una comparación de nivel entre 13.8Kv Y 36Kv.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS ECONÓMICO.

El análisis económico es una parte de gran importancia en un proyecto, al justificar si es o no factible la implementación.

La justificación para implementar un sistema de distribución hará uso de los indicadores que me permiten evaluar la implementación del cambio de voltaje en los alimentadores de 13,8Kv a 22Kv, 36Kv de 5Km y 10Km de la subestación de 69Kv de 13,8Kv a 22Kv, 36Kv.

4.1 Costo de oportunidad.

La importancia del costo de oportunidad comienza en que toda empresa tome decisiones de inversión, el costo de oportunidad es el costo que se origina al tomar una determinación que provoque la renuncia de otro tipo de alternativa que pudiera ser considerada al llevar a cabo la decisión.

Se elige entre dos opciones de inversión de igual rendimiento esperado, pero de diferente riesgo como son el índice inflacionario y el índice de riesgo del mercado y del negocio.

El índice inflacionario depende de las características específicas de la economía; se tomó en cuenta el índice inflacionario al 31 de enero del 2016 el cual fue 3,09%.

El índice de riesgo del mercado y del negocio del Sistema Nacional Financiero cuenta con una tasa de interés activa efectiva referencia del 9,33% anual.

4.2 Evaluación económica.

La evaluación económica es un proceso por el cual se determina el monto del subsidio a la inversión que requiera la empresa y se realiza a través de los siguientes métodos:

- Valor actual neto (VAN).

- Tasa interna de retorno (TIR).

4.3 Valor presente neto (VAN).

El van es un procedimiento que mide los flujos de futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto originados por una inversión, para determinar si luego de descontar la inversión inicial, quedará alguna ganancia como también me permite determinar si el proyecto es rentable entre varias opciones de inversión como es el caso.

Ventajas:

- Sus cálculos no necesitan de operaciones complejas se requiere de operaciones simples.
- Registra la variación del valor del dinero en el tiempo (inflación).

Desventajas:

- Dificulta establecer el valor de coste de capital de la empresa.
- Dificulta establecer el valor de coste del dinero a largo plazo (estimación de la inflación).

4.4 Tasa interna de retorno de una inversión (TIR).

Es la tasa de rendimiento que se utiliza en un proyecto donde nos permite comparar si es rentable (VAN igual a 0), si la tasa interna de retorno es mayor a la tasa de corte se puede decir que el proyecto es rentable, si la tasa interna de retorno es inferior a la tasa de corte rechazamos el proyecto.

4.5 Inversión y estructura.

A continuación, se presenta la inversión que se utiliza para cada una de las alimentadoras con sus respectivas estructuras.

4.5.1 Inversión.

La inversión inicial para ejecutar el proyecto depende de los costos para diferentes niveles de tensión que pasa de 13,8 KV a 22 KV y 36 KV como se muestra en la tabla 46.

NIVEL DE TENSIÓN (KV)	SUBESTACIÓN	INVERSIÓN (USD)
13,8 - 22	5MVA	825.330,92
	10MVA	1.209.123,06
	15MVA	1.534.779,52
13,8 - 36	5MVA	826.875,93
	10MVA	1.128.768,07
	15MVA	1.403.574,53

Tabla 46: Inversión para los niveles de tensión.

La inversión para poder financiar el proyecto se realiza en conjunto con el Gobierno Nacional, los estudios están realizados para que la CNEL-EP empiece el nuevo plan de cambios de escenarios de 22 Kv y 36Kv.

4.6 Proyección de flujo de caja.

A continuación, en la tabla 47 se presenta los ingresos anuales por el ahorro de pérdidas para el sistema de distribución de 13,8 KV - 22 KV en los diferentes niveles de cargabilidad.

Teniendo un ahorro de \$24.933,95 en la alimentadora de 5 MVA con cargabilidad del 100%, un ahorro de \$64.724,01 en la alimentadora de 10 MVA con cargabilidad del 100%, un ahorro de \$170.454,38 en la alimentadora de 15 MVA con cargabilidad del 100%.

Es decir, entre mayor es la demanda y la cargabilidad mayores ahorros se obtiene.

CAPACIDAD DE LA SUBESTACION	CARGABILIDAD	PERDIDAS (KW)	AHORROS (\$USD)
5MVA	50%	16,28	\$ 13.466,07
	75%	14,28	\$ 11.815,39
	100%	30,14	\$ 24.933,95
10 MVA	50%	6,20	\$ 5.125,79
	75%	13,02	\$ 10.772,86
	100%	78,23	\$ 64.724,01
15MVA	50%	63,32	\$ 52.387,36
	75%	131,25	\$ 108.597,34
	100%	206,01	\$ 170.454,38

Tabla 47: Ahorro monetario debido a las perdidas de un nivel de voltaje de 13,8 KV a 22 KV

En la Tabla 48 se presenta los ingresos anuales por el ahorro de pérdidas para el sistema de distribución de 13,8 KV – 36 KV en los diferentes niveles de cargabilidad.

Se obtiene un ahorro de \$56.644,37 en la alimentadora de 5 MVA con cargabilidad del 100%, un ahorro de \$45.958,39 en la alimentadora de 10 MVA con cargabilidad del 100%, un ahorro de \$215.196,48 en la alimentadora de 15 MVA con cargabilidad del 100%.

En la alimentadora con demanda de 10 MVA se obtuvo un ahorro menor que con la demanda de 5 MVA, pero se puede ver que entre mayor es la demanda y la cargabilidad mayores ahorros se obtiene

CAPACIDAD DE LA SUBESTACION	CARGABILIDAD	PERDIDAS (KW)	AHORROS (\$USD)
5MVA	50%	17,75	\$ 14.682,36
	75%	36,44	\$ 30.146,62
	100%	68,46	\$ 56.644,37
10 MVA	50%	15,54	\$ 12.857,92
	75%	33,18	\$ 27.453,41
	100%	55,55	\$ 45.958,39
15MVA	50%	71,72	\$ 59.337,58
	75%	150,99	\$ 124.930,38
	100%	260,09	\$ 215.196,48

Tabla 48: Ahorro monetarios debido a las pérdidas de un nivel de voltaje de 13,8 Kv a 36 Kv.

4.7 Resultados.

A continuación en la Tabla 49 y Tabla 50, presentaremos los resultados, aplicando los indicadores como son el VAN y el TIR para 30 años, 40 años y 50 años, con la inversión para cada cargabilidad.

CAPACIDAD DE LA SUBESTACION	CARGABILIDAD	INVERSION (\$USD)	VAN			TIR		
			30 Años	40 Años	50 Años	30 Años	40 Años	50 Años
5MVA	50%	\$ 48.127,69	\$ 212.768,91	\$ 258.658,22	\$ 292.507,24	28%	28%	28%
	75%	\$ 48.127,69	\$ 180.788,03	\$ 221.052,19	\$ 250.751,98	25%	25%	25%
	100%	\$ 48.127,69	\$ 434.951,84	\$ 519.921,08	\$ 582.596,37	52%	52%	52%
10MVA	50%	\$ 137.227,69	(\$ 37.918,75)	(\$ 20.451,22)	(\$ 7.566,76)	1%	2%	3%
	75%	\$ 137.227,69	\$ 71.489,67	\$ 108.201,13	\$ 135.280,36	7%	7%	8%
	100%	\$ 137.227,69	\$ 1.116.759,12	\$ 1.337.323,85	\$ 1.500.017,53	47%	47%	47%
15MVA	50%	-\$ 15.772,31	\$ 999.199,70	\$ 1.177.723,93	\$ 1.309.407,56	332%	332%	332%
	75%	\$ 15.772,31	\$ 2.088.232,55	\$ 2.458.307,64	\$ 2.731.283,63	689%	689%	689%
	100%	\$ 15.772,31	\$ 3.286.673,62	\$ 3.867.543,46	\$ 4.296.006,57	1081%	1081%	1081%

Tabla 49: Evaluación económica de 13,8Kv a 22Kv.

Se observa en la Tabla 49 que la subestación de 10MVA con una cargabilidad del 50% en los años horizontes es menor que la tasa de inflación del Ecuador donde se utiliza el 3%, esto indica que para esta cargabilidad no se recupera la inversión y por lo tanto generará pérdida a lo largo de la vida útil del proyecto.

Y para los eventos de 5 MVA y 15 MVA se puede realizar un cambio de 13,8 Kv a 22 Kv señalando que se recupera la inversión desde los 30, 40, 50 años.

CAPACIDAD DE LA SUBESTACION	CARGABILIDAD	INVERSION (\$USD)	VAN			TIR		
			30 Años	40 Años	50 Años	30 Años	40 Años	50 Años
5MVA	50%	\$ 46.582,68	\$ 237.878,77	\$ 287.912,92	\$ 324.819,28	32%	32%	32%
	75%	\$ 46.582,68	\$ 537.489,04	\$ 640.221,88	\$ 716.000,01	65%	65%	65%
	100%	\$ 46.582,68	\$ 10.927.919,16	\$ 12.858.233,00	\$ 14.282.077,40	1216%	5%	6%
10MVA	50%	\$ 217.582,68	\$ 31.531,40	\$ 75.348,27	\$ 107.668,62	4%	5%	6%
	75%	\$ 217.582,68	\$ 314.309,80	\$ 407.864,79	\$ 476.873,13	12%	13%	13%
	100%	\$ 217.582,68	\$ 672.832,10	\$ 829.447,86	\$ 944.971,29	21%	21%	21%
15MVA	50%	\$ 217.582,68	\$ 932.045,45	\$ 1.134.254,46	\$ 1.283.408,52	27%	27%	27%
	75%	\$ 217.582,68	\$ 2.202.864,51	\$ 2.628.598,89	\$ 2.942.630,48	57%	57%	57%
	100%	\$ 217.582,68	\$ 3.951.713,18	\$ 4.685.053,94	\$ 5.225.983,14	99%	99%	99%

Tabla 50: Evaluación económica de 13,8Kv a 36Kv.

En la Tabla 50, se observa que las subestaciones de 5 MVA, 10 MVA, 15 MVA y con cargabilidad de 50%, 75%, 100% para los años de 30, 40, 50. Utilizando el 3 % del valor de la tasa de inflación se observa que es mayor el porcentaje del valor TIR tomando en cuenta todos los parámetros.

Se puede realizar un cambio de 13,8 Kv a 36 Kv donde se puede recuperar la inversión a partir de los primeros 30 años y al llegar a los 50 años se recupera el doble de la inversión.

Los indicadores del Van y del TIR fueron aceptables debido a que salieron valores por encima de la tasa pasiva para el valor del TIR y el VAN salió mayor que cero debido a los ahorros determinados.

Se puede hacer un cambio de nivel de tensión de 13,8 Kv a 22Kv y 36Kv, es muy viable realizarlo debido a los indicadores económico y se lo puede realizar en cualquier parte de la ciudad donde exista o sea necesario una demanda de energía.

CONCLUSIONES

Se puede apreciar que las pérdidas se reducen a la mitad si se cambia el alimentador de 13.8Kv al de 36Kv.

Se puede utilizar alimentadores a un nivel de 22 Kv y 36 Kv cuando existe una gran demanda debido a que se va a tener menores pérdidas de energía y se recupera la inversión debido a que el ahorro económico es mayor.

Se puede también concluir que si una de las alimentadoras de 13,8 Kv no tiene mucha demanda no es necesario realizar un cambio a 22 Kv o 36 Kv, ya que las pérdidas no son muy altas

En todas las simulaciones se obtiene una caída de voltaje en la barra más lejana de la subestación un valor menor al 5% del voltaje nominal.

Para las subestaciones de 5 MVA, 10 MVA, 15 MVA con la cargabilidad de 50 %, 75 % y 100 % se puede hacer un cambio de 13,8 Kv/22 Kv, 13,8 Kv/ 36 Kv y se recuperará el doble de la inversión a los 30 años como también a los 50 años.

Cuando se realiza el cambio de voltaje de 13.8 Kv a 22 Kv se recomienda hacer los cambios de aisladores a tipo pin 56-1 y de 13.8 Kv a 36 Kv se recomienda hacer los cambios de aisladores a tipo 56-3.

Al realizar un cambio de voltaje de 13,8 Kv a 36 Kv se debe de utilizar las normas para distribución de la INECEL "ESTRUCTURAS T" Superintendencia de Electrificación Rural y Proyectos Especiales, Quito 1.974

BIBLIOGRAFÍA

[1] Resumen Ejecutivo BP Statistical Review of World Energy 2015 [online]. Disponible en http://www.bp.com/es_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2015/bp-presenta-bp-statistical-review-2015.html

[2] Comparación de países- consumo de electricidad per capital [online]. Disponible en <http://www.indexmundi.com/g/r.aspx?t=0&v=81000&i=es>.

[3] Estadística multianual del sector eléctrico 2005-2014 esteban Albornoz Vintimilla ministro de electricidad y energía renovable

[4] Precios de venta a nivel de terminales para las comercializadoras [online]. Disponible en:

<http://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Copia-de-PRECIOS-WEB-DICIEMBRE-2015.pdf>

[5] Normas de diseño (IIC) 1-2006: Conexiones normales de transformadores de distribución [online]. Disponible en <http://es.scribd.com/document/41724984/NORMA-IIC-1-Conexiones-de-Transformadores-de-Distribucion>.

[6] [online]: disponible: <http://es.calameo.com/read/000839967e0e2786e2159>

[7] INECEL, Normas para Distribución: superintendencia de Electrificación Rural y Proyectos especiales; Quito 1974

[8] CONELEC, REGULACION N°.CONELEC-002/10 [ONLINE] Disponible en:

<http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/REGULACION-002-10.pdf>

ANEXO 1

TIPOS DE ESTRUCTURAS

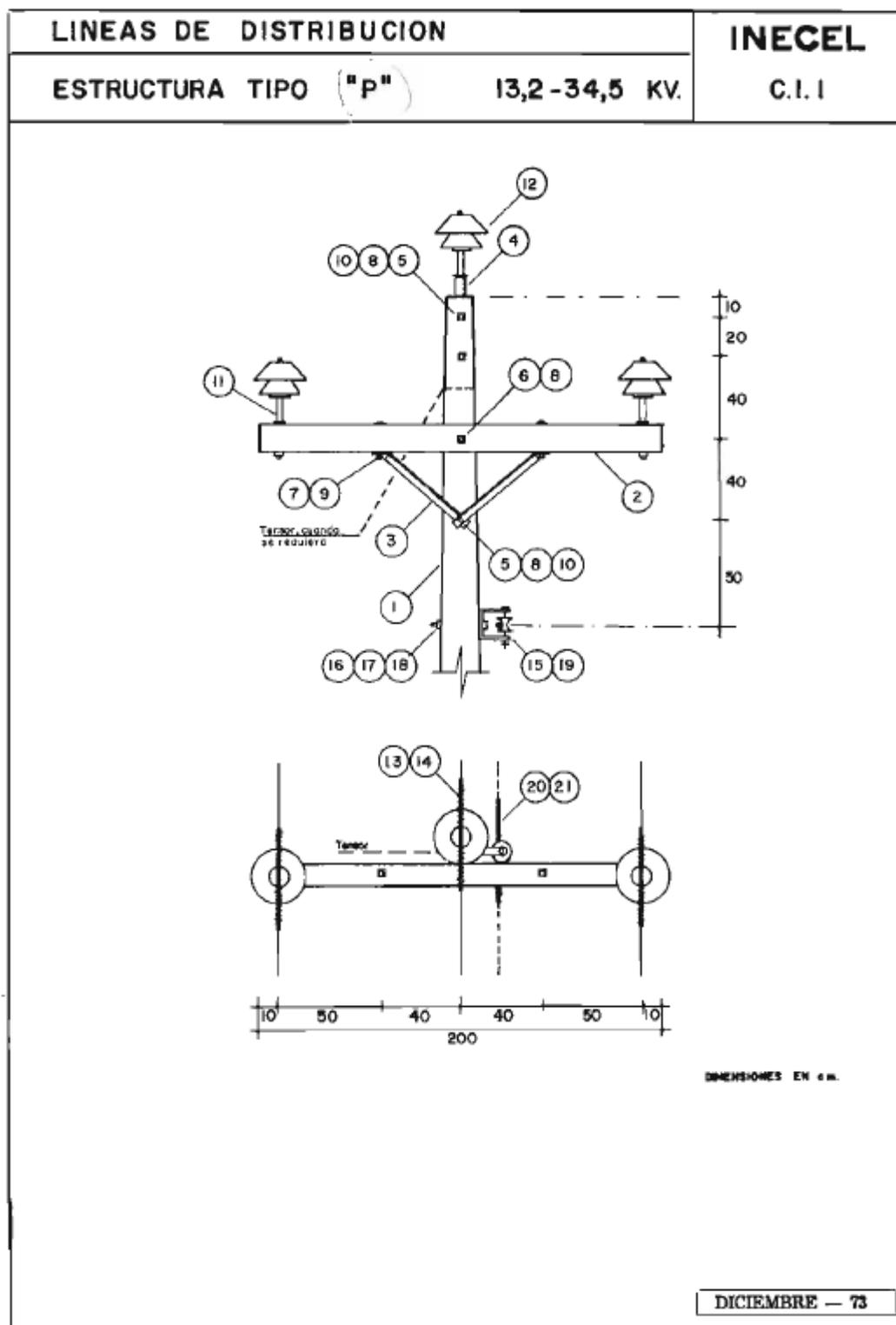
A continuación, presentaremos las normas de distribución estructura tipo "INECEL"

LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN

ESTRUCTURA TIPO "P"

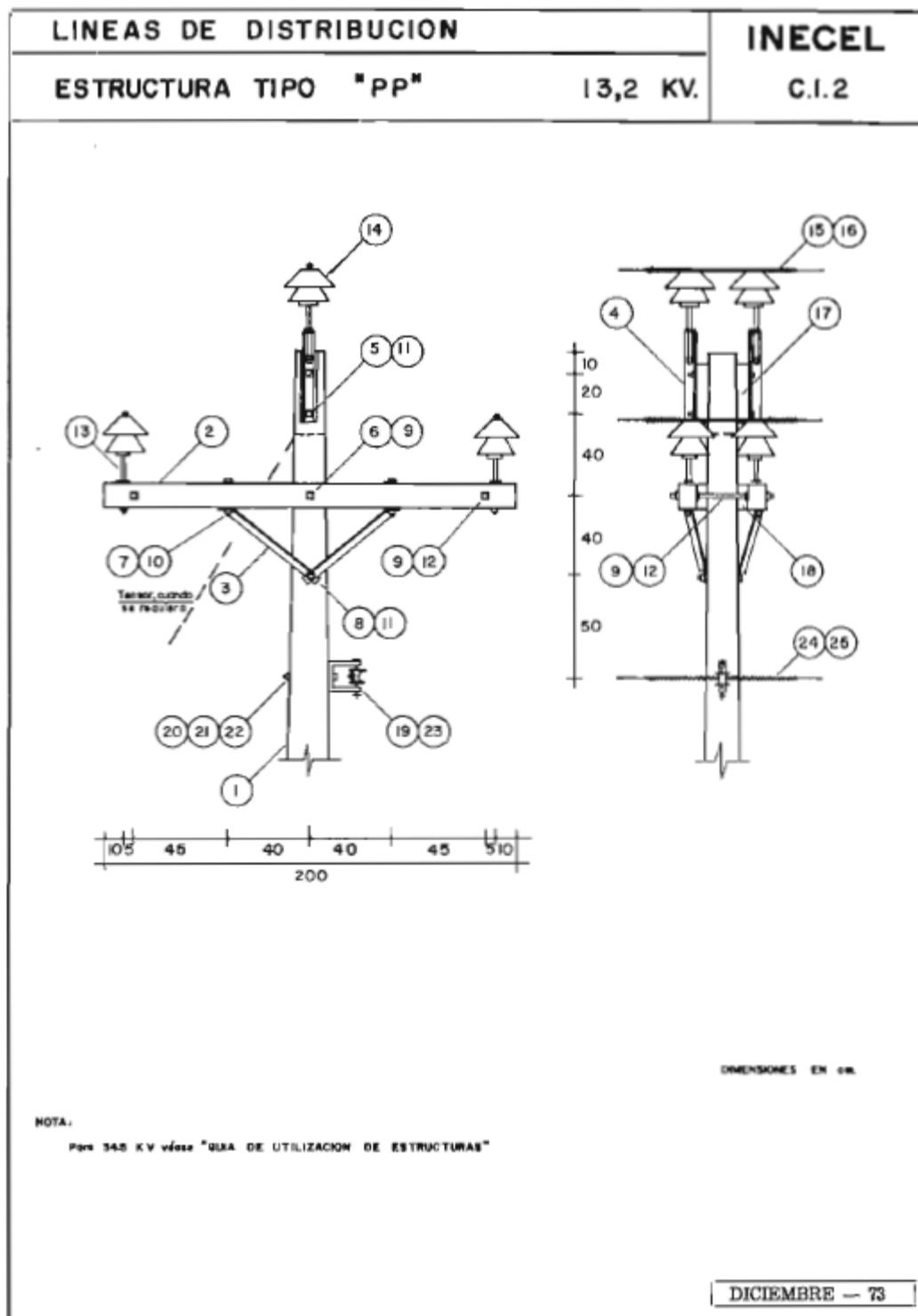
NIVEL DE TENSION 13,2Kv – 34,5 Kv

PLANILLA DE MATERIALES			CANTIDAD	
Nº	CODIGO	DESCRIPCION	(a)	(b)
1	245---	Poste de hormigón o de madera	1	1
2	25001--	Cruceta de madera de 2,0 m.	1	1
3	22011--	Pie-omigo de ángulo	2	2
4	20515--	Extensión en punta de poste	1	1
5	22501--	Perno máquina de 16 mm. (5/8")	3	
6	22501--	Perno máquina de 16 mm. (5/8")	1	
7	22501--	Perno máquina de 9 mm. (3/8")	2	2
8	22545--	Arandela cuadrada para 16 mm (5/8")	5	2
9	22545--	Arandela cuadrada para 9 mm (3/8")	2	2
10	22550--	Arandela de presión para 16 mm (5/8")	3	
11	20502--	Perno largo espiga (PIN)	3	3
12	20110--	Aislador tipo espiga (PIN)	3	3
13	21503--	Varillos cortos de armar, para simple soporte	3	3
14	22065--	Alambre de atar	3	3
		PARA NEUTRO		
15	20550--	Bastidor de una vía	1	1
16	22501--	Perno máquina de 16 mm. (5/8")	1	
17	22545--	Arandela cuadrada para 16 mm (5/8")	1	
18	22550--	Arandela de presión para 16 mm. (5/8")	1	
19	20140--	Aislador tipo rollo	1	1
20	21503--	Varillos cortos de armar, para simple soporte	1	1
21	22065--	Alambre de atar	1	1
		ADICIONALES PARA LA ALTERNATIVA b)		
	22005--	Abrazadera pletina, simple, para fijación de extensión punta de poste		2
	22005--	Abrazadera de pletina, simple, para fijación pie-omigo		1
	22005--	Abrazadera pletina, simple, para fijación neutro		1
	22001--	Abrazadera de varilla en "U" de 16 mm.(5/8") para fijación cruceta		1
	22012--	Pieza para apoyo de cruceta, caballete		1
		a) Montaje básico en poste mediante la fijación con pernos pasantes		
		b) Montaje en poste circular, alternativa de fijación con abrazaderas		



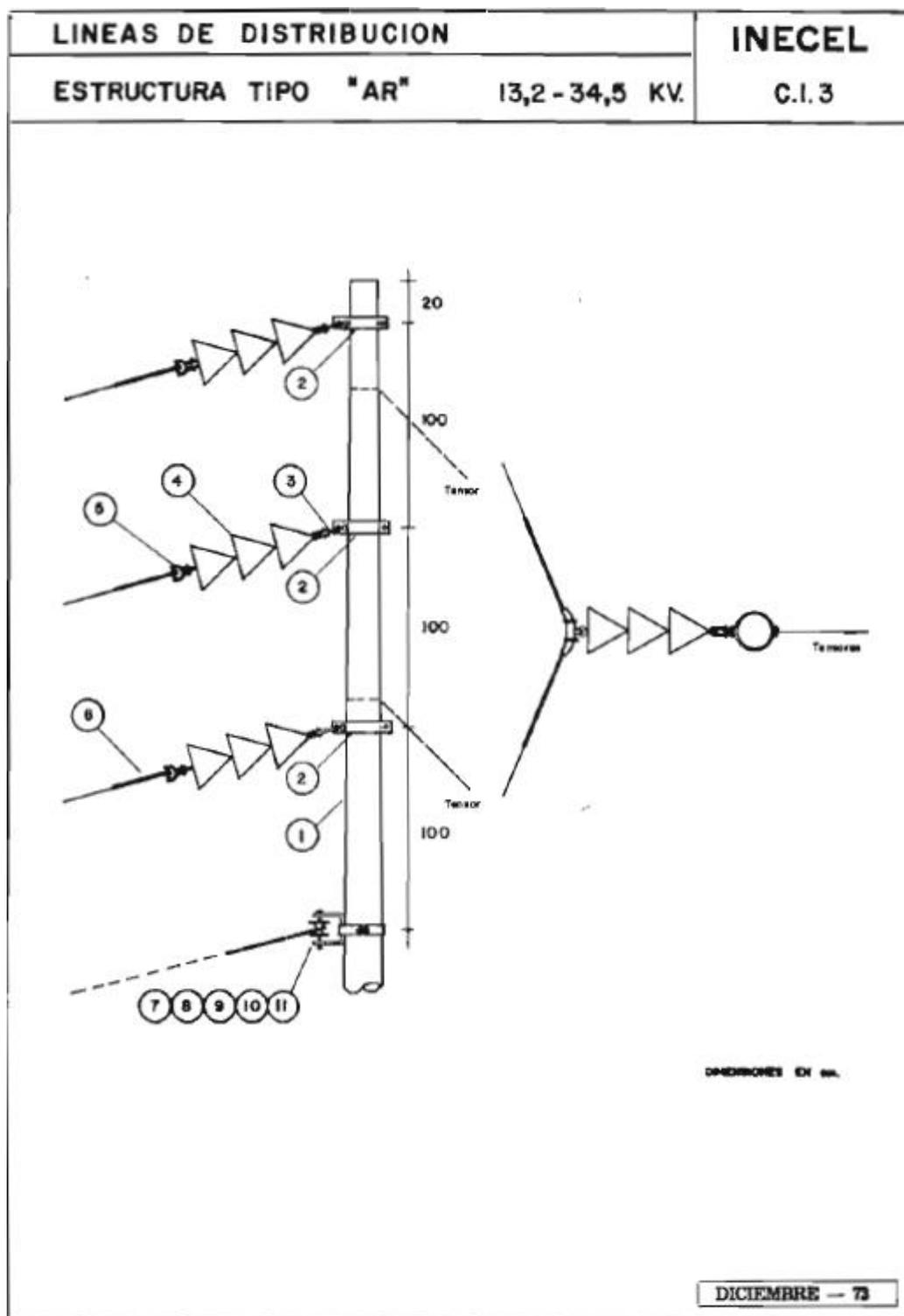
**LINEAS DE DISTRIBUCIÓN
ESTRUCTURA TIPO "PP"
NIVEL DE TENSION 13,2Kv**

PLANILLA DE MATERIALES			CANTIDAD	
Nº	CODIGO	DESCRIPCION	(a)	(b)
1	245----	Poste de hormigón de madera	1	1
2	25001--	Cruceta de madera de 2,40 m.	2	2
3	22011--	Pie-omigo de ángulo	4	4
4	20515--	Extensión en punta de poste	2	2
5	22501--	Perno máquina de 16 mm (5/8")	2	
6	22501--	Perno máquina de 16 mm (5/8")	1	2
7	22501--	Perno máquina de 9 mm (3/8")	4	4
8	22501--	Perno máquina de 16 mm. (5/8")	1	
9	22545--	Arandela cuadrada para 16 mm (5/8")	10	12
10	22545--	Arandela cuadrada para 9 mm (3/8")	4	4
11	22550--	Arandela de presión para 16 mm (5/8")	3	
12	22505--	Espárrago para doble cruceta de 16 mm (5/8")	2	2
13	20502--	Perno largo espiga (PIN)	6	6
14	20110--	Aislador tipo espiga (PIN)	6	6
15	21503--	Varillas cortas de armar, para doble soporte	3	3
16	22065--	Alambre de atar	6	6
17	20520--	Separador en punta de poste, cuando se requiera	2	
18	20521--	Separador para cruceta, cuando se requiera	2	
		PARA NEUTRO		
19	20550--	Bostidor de una vía	1	1
20	22501--	Perno máquina de 16 mm (5/8")	1	
21	22545--	Arandela cuadrada para 16 mm (5/8")	1	
22	22550--	Arandela de presión para 16 mm. (5/8")	1	
23	20140--	Aislador tipo rollo	1	1
24	21503--	Varillas cortas de armar, para simple soporte	1	1
25	22065--	Alambre de atar	1	1
		ADICIONALES PARA ALTERNATIVA b)		
	20511--	Perno de extensión para punta de poste (offset)		2
	22006--	Abrazadero pletina, doble, para extensión punta poste		2
	22006--	Abrazadera pletina, doble, para fijación pie-omigo		1
	22005--	Abrazadera pletina, simple, para fijación neutro		1
	22012--	Pieza de apoyo para cruceta, caballete		2
<p>a) Montaje básico en poste mediante la fijación con pernas pasantes</p> <p>b) Montaje en poste circular, alternativa de fijación con abrazaderas</p>				
			DICIEMBRE - 73	



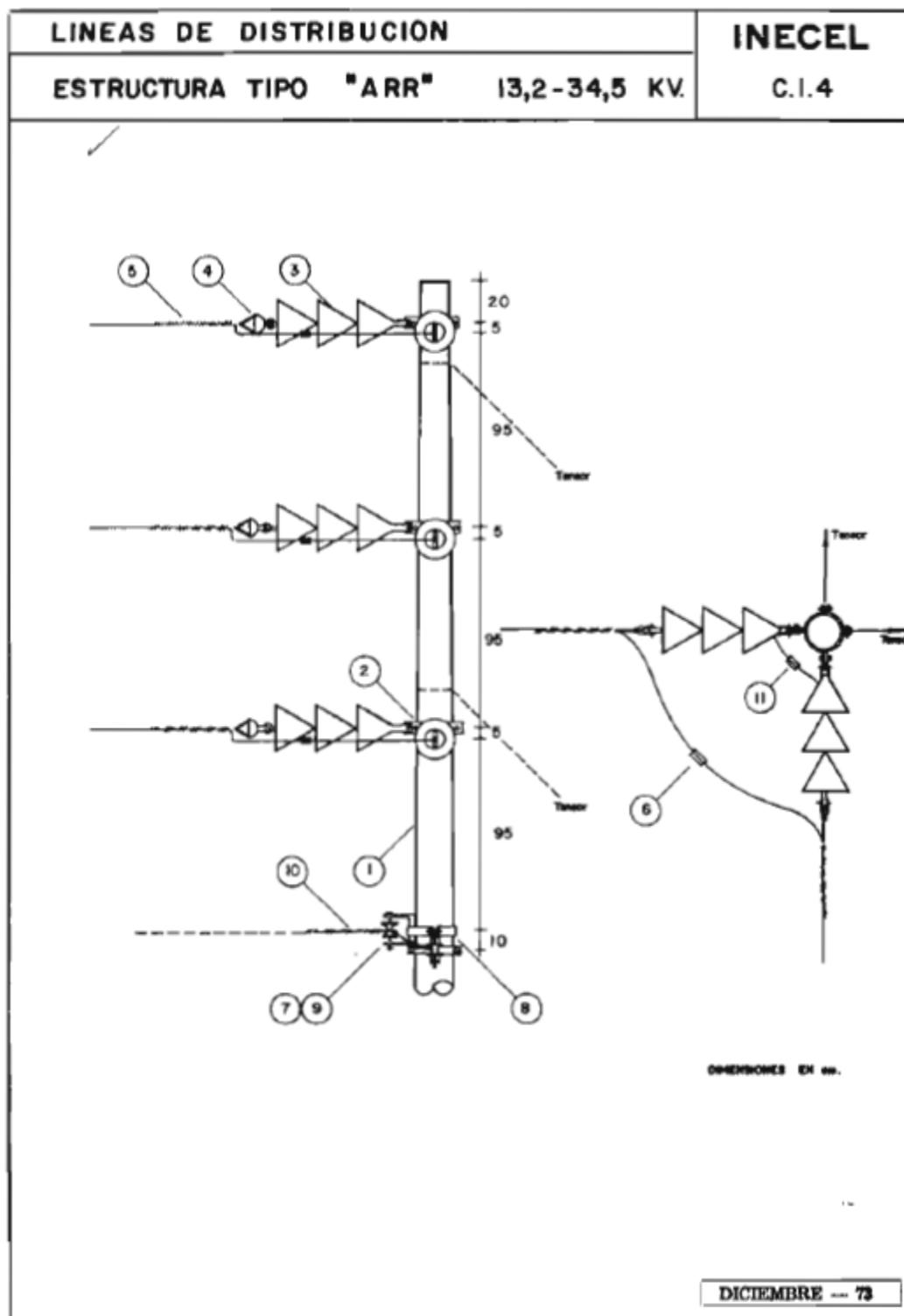
**LINEAS DE DISTRIBUCIÓN
ESTRUCTURA TIPO "AR"
NIVEL DE TENSION 13,2Kv – 34,5 Kv**

PLANILLA DE MATERIALES			CANTIDAD	
Nº	CODIGO	DESCRIPCION	(a)	(b)
1	245----	Poste de hormigón o de madera	1	
2	22005--	Abrazadera de pletina, con extensión, para fijación de cadena	3	
3	22035--	Eslabón en "U" con pasador para 16 mm (5/8")	3	
4	20103--	Aislador de suspensión		
5	21025--	Grapa angular de suspensión	3	
6	21503--	Varillas cortas de armar, para simple soporte	3	
		PARA NEUTRO		
7	20550--	Bastidor de una vía	1	
8	22005--	Abrazadera de pletina, simple, para fijación de neutro	1	
9	20140--	Aislador tipo rollo	1	
10	21503--	Varillas cortas de armar, para simple soporte	1	
11	22065--	Alambre de oter	1	
		PARA TENSORES		
		Véase la Sección "Tensores"		



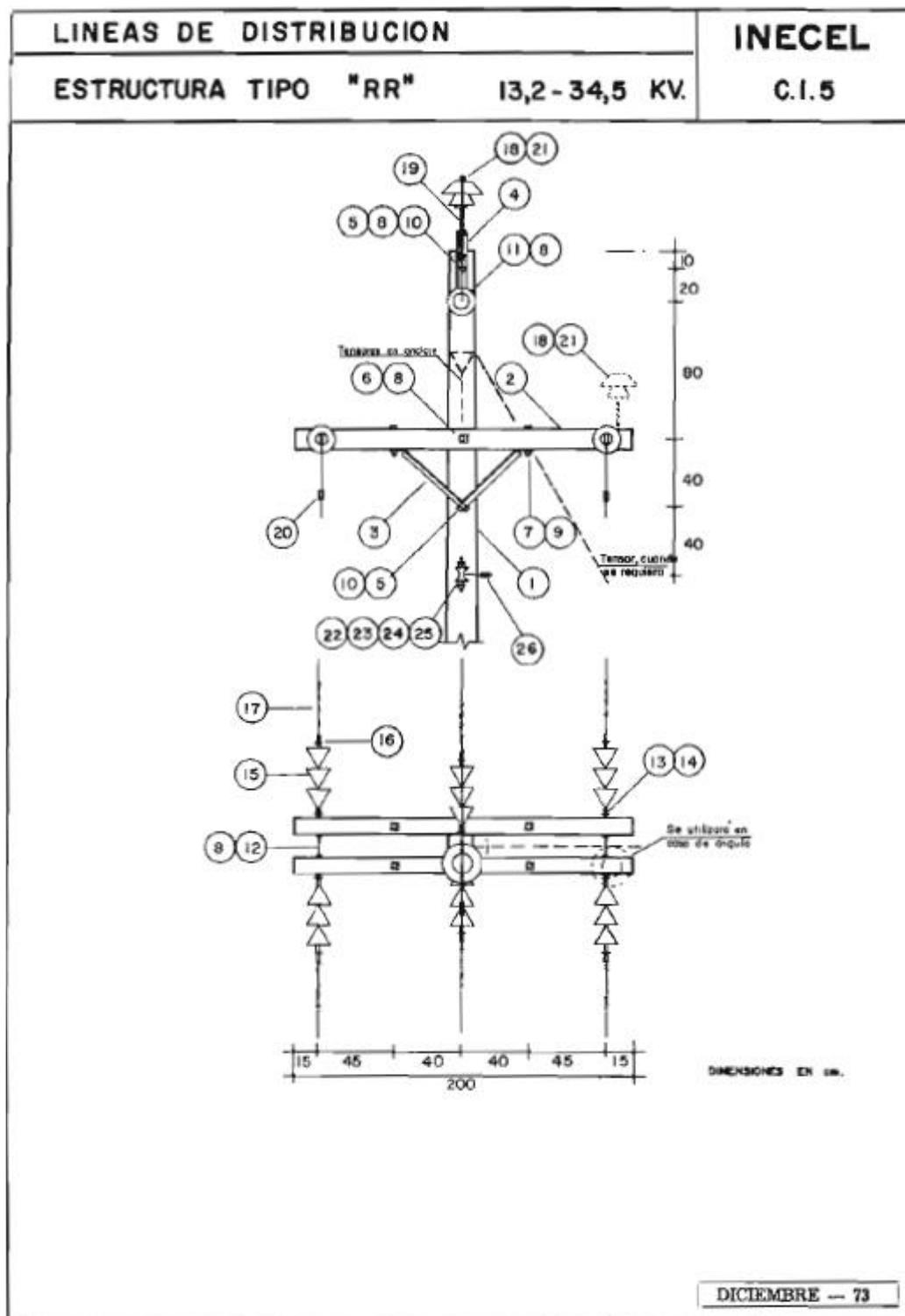
LINEAS DE DISTRIBUCIÓN
ESTRUCTURA TIPO "ARR"
NIVEL DE TENSION 13,2Kv – 34,5 Kv

PLANILLA DE MATERIALES				
Nº	CODIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	
			(a)	(b)
1	245---	Paste de hormigón o de madera	1	
2	22005---	Abrazadera de pletina, con extensión, para fijación de cadena	6	
3	20103---	Aislador de suspensión		
4	21530---	Horquilla con guardacabo	6	
5	21040---	Retención prefarmada	6	
6	24010---	Conector de ranuras paralelas	3	
		PARA NEUTRO		
7	20550---	Bastidor de una vía	2	
8	22005---	Abrazadera de pletina, simple, para fijación de neutro	2	
9	20140---	Aislador tipo rollo	2	
10	21040---	Retención prefarmada	2	
11	24010---	Conector de ranuras paralelas	1	
		PARA TENSORES		
		Véase la Sección "Tensores"		



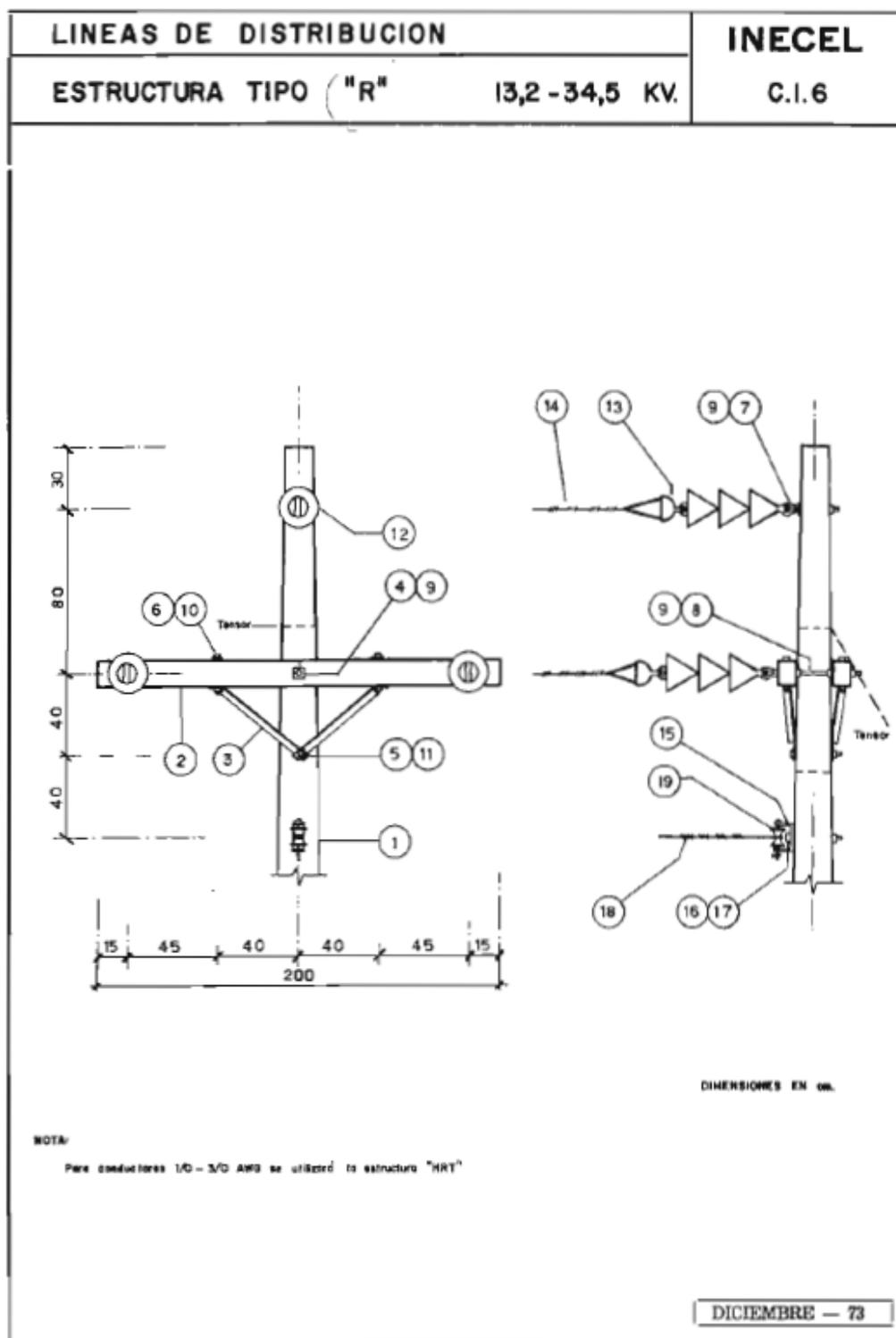
LINEAS DE DISTRIBUCIÓN
ESTRUCTURA TIPO "RR"
NIVEL DE TENSION 13,2Kv – 34,5 Kv

PLANILLA DE MATERIALES			CANTIDAD	
Nº	CODIGO	DESCRIPCION	(a)	(b)
1	245----	Poste de hormiçón o de madera	1	1
2	25001--	Cruceta de madera de 2,0 m.	2	2
3	22011--	Pie-amigo de ángulo	4	4
4	20515--	Extensión en punta de poste	1	1
5	22510--	Perno máquina de 16 mm (5/8")	2	
6	22501--	Perno-máquina de 16 mm (5/8")	1	2
7	22501--	Perno máquina de 9 mm (3/8")	4	4
8	22545--	Arandela cuadrada para 16 mm (5/8")	13	10
9	22545--	Arandela cuadrada para 9 mm (3/8")	4	4
10	22550--	Arandela de presión para 16 mm (5/8")	2	
11	22510--	Perno de ojo de 16 mm (5/8")	1	
12	22510--	Perno de ojo para doble cruceta de 16 mm (5/8")	2	2
13	22535--	Tuerca de ojo para 16 mm (5/8")	3	2
14	22035--	Eslabón "U" con pasador 16 mm(5/8") usarse caso ángulo	6	6
15	20103--	Aislador de suspensión		
16	21530--	Horquilla con guardacabo	6	6
17	21040--	Retención preformada	6	6
18	20110--	Aislador tipo espiga (PIN), usarse en caso de ángulo	1	1
19	20502--	Perno largo espiga (PIN), usarse en caso de ángulo	1	1
20	24010--	Conector de ranuras paralelas	3	3
21	22065--	Alambre de atar, usarse en caso de ángulo	1	1
		PARA NEUTRO		
22	20550--	Bastidor de una vía	2	2
23	22501--	Perno máquina de 16 mm (5/8")	1	
24	20140--	Aislador tipo rollo	2	2
25	21040--	Retención preformada	2	2
26	24010--	Conector de ranuras paralelas	1	1
		ADICIONALES PARA ALTERNATIVA b)		
	22005--	Abrazadera de pletina, simple, fijación de extensión poste	1	
	22006--	Abrazadera de pletina, doble, con perno fijación de cadena	1	
	22006--	Abrazadera de pletina, doble, fijación pie-amigo y neutro c/u		1
	22012--	Pieza para apoyo de cruceta, caballete		2
<p>a) Montaje básico en poste mediante la fijación con pernas pasantes</p> <p>b) Montaje en poste circular, alternativa de fijación con abrazaderas</p>				



LINEAS DE DISTRIBUCIÓN
ESTRUCTURA TIPO "R"
NIVEL DE TENSION 13,2Kv – 34,5 Kv

PLANILLA DE MATERIALES			CANTIDAD	
Nº	CODIGO	DESCRIPCION	(a)	(b)
1	245----	Poste de horniçón o de madera	1	1
2	25001--	Cruceta de madera de 2.0 m.	2	2
3	22011--	Pie-amigo de ángulo	4	4
4	22501--	Perno máquina de 16 mm (5/8")	1	2
5	22501--	Perno máquina de 16 mm. (5/8")	1	
6	22501--	Perno máquina de 9 mm. (3/8")	4	4
7	22510--	Perno de ojo de 16 mm. (5/8")	1	
8	22510--	Perno de ojo para doble cruceta de 16 mm. (5/8")	2	2
9	22545--	Arandela cuadrada para 16 mm (5/8")	13	12
10	22545--	Arandela cuadrada para 9 mm. (3/8")	4	4
11	22550--	Arandela de presión para 16 mm (5/8")	1	
12	20103--	Aislador de suspensión		
13	21530--	Horquillo con guardacabo	3	3
14	21040--	Retención preformada	3	3
		PARA NEUTRO		
15	20550--	Bastidor de una vía	1	1
16	22501--	Perno máquina de 16 mm. (5/8")	1	
17	22545--	Arandela cuadrada para 16 mm (5/8")	1	
18	21040--	Retención Preformada	1	1
19	20140--	Aislador tipo rollo	1	1
		ADICIONALES PARA ALTERNATIVA b)		
	22005--	Abrazadera pletino, simple, con perno, fijación cadena		1
	22006--	Abrazadera pletino, doble, para fijación pie-amigo		1
	22005--	Abrazadera pletino, simple, para fijación neutro		1
	22535--	Tuerca de ojo para 16 mm (5/8")		1
	22012--	Pieza para apoyo de cruceta, caballete		2
		PARA TENSORES		
		Véase la Sección "Tensores"		
<p>a) Montaje básico en poste mediante la fijación con pernos pasantes</p> <p>b) Montaje en poste circular, alternativo de fijación con abrazaderas</p>				



ANEXO 2

A continuación en la tabla 51 a la tabla 56 se obtiene las inversiones que se utilizan en las alimentadoras de 22kv y 36Kv en diferentes escenarios.

DESCRIPCION	TOTAL DE ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Elementos de una Estructura			
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 1/4")	184	\$ 60,91	\$ 11.207,44
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 28")	368	\$ 9,48	\$ 3.488,64
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	186	\$ 20,93	\$ 3.892,98
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	152	\$ 5,68	\$ 863,36
Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 51 mm (2") de long., con tuerca, arandela plana y de presión	368	\$ 1,38	\$ 507,84
Perno U de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 150 mm (6") de ancho dentro de la U, con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	120	\$ 5,76	\$ 691,20
Aislador espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 56-1, 18 kV	546	\$ 22,25	\$ 12.148,50
Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-18, 18 kV	6	\$ 35,75	\$ 214,50
Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám x 300 mm (12") de long.	360	\$ 4,96	\$ 1.785,60
de diám. x 300 mm (12") de long., con 4 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	124	\$ 5,46	\$ 677,04
Perno de ojo de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 254 mm (10") de long., con 4 tuercas. 2 arandelas planas y 2 de presión	4	\$ 6,01	\$ 24,04
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm (5/8")	2	\$ 2,76	\$ 5,52
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble (4 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	2	\$ 6,76	\$ 13,52
Grapa terminal apernada tipo pistola, de aleación de Al	6	\$ 9,43	\$ 56,58
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	6	\$ 8,27	\$ 49,62
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	2	\$ 8,27	\$ 16,54
poste de 12 metros (500Kg)	150	\$ 258,41	\$ 38.761,50
CABLE DE ALUMINIO DESNUDO CABLEADO ACSR 6/1, No.2 AWG, 7 HILOS	15000	\$ 0,66	\$ 9.900,00
cable de aluminio reforzado con acero ACSR #2 Sparrow	45000	\$ 1,50	\$ 67.500,00
Elementos de proteccion electrica			
Pararrayo Polimerico 18 Kv	50	\$ 57,05	\$ 2.852,58
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 18Kv, 200 A	6	\$ 182,57	\$ 1.095,44
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 18Kv, 100 A	50	\$ 108,49	\$ 5.424,55
Seccionador Monopolar de cuchilla para 22Kv, 1200 A, tipo Tanden o bypas	1	\$ 874,00	\$ 874,00
Transformador monofásico de distribucion			
Transformador monofásico convencional 100 KVA (USA)	50	\$ 5.965,39	\$ 298.269,50
Elementos de subestacion			
Transformador trifásico 5MVA, 69/22 - 12,7 Kv	1	\$ 280.000,00	\$ 280.000,00
Malla puesta a tierra	1	\$ 8.510,43	\$ 8.510,43
Disyuntor tripolar para 69 kV (Circuit-Breaker), tipo tanque vivo, 72.5 kV, 60	1	\$ 59.000,00	\$ 59.000,00
Seccionador tripolar de barra para montaje vertical, comando conjunto, motorizado, sin cuchillas de puesta a tierra, para 72,5Kv, 600A	1	\$ 16.300,00	\$ 16.300,00
Pararrayo tipo subestacion 60Kv	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
TOTAL			\$ 825.330,92

Tabla 51: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 5 MVA para un nivel de tension de 22Kv.

DESCRIPCION	TOTAL DE ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Elementos de una Estructura			
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 1/4")	184	\$ 60,91	\$ 11.207,44
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 28")	368	\$ 9,48	\$ 3.488,64
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	186	\$ 20,93	\$ 3.892,98
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	152	\$ 5,68	\$ 863,36
Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 51 mm (2") de long., con tuerca, arandela plana y de presión	368	\$ 1,38	\$ 507,84
de ancho dentro de la U, con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	120	\$ 5,76	\$ 691,20
Aislador espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 56-1, 18 kV	546	\$ 22,25	\$ 12.148,50
Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-18, 18 kV	6	\$ 35,75	\$ 214,50
Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám x 300 mm (12") de long.	360	\$ 4,96	\$ 1.785,60
(5/8") de diám. x 300 mm (12") de long., con 4 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	124	\$ 5,46	\$ 677,04
Perno de ojo de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 254 mm (10") de long., con 4 tuercas. 2 arandelas planas y 2 de presión	4	\$ 6,01	\$ 24,04
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm	2	\$ 2,76	\$ 5,52
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble (4 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	2	\$ 6,76	\$ 13,52
Grapa terminal apemada tipo pistola, de aleación de Al	6	\$ 9,43	\$ 56,58
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	6	\$ 8,27	\$ 49,62
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	2	\$ 8,27	\$ 16,54
poste de 12 metros (500Kg)	150	\$ 258,41	\$ 38.761,50
CABLE DE ALUMINIO DESNUDO CABLEADO ACSR 6/1, No.2 AWG, 7 HILOS	15000	\$ 0,66	\$ 9.900,00
cable de aluminio reforzado con acero ACSR 4/0 Penguin	45000	\$ 4,60	\$ 207.000,00
Elementos de proteccion electrica			
Pararrayo Polimerico 18 Kv	50	\$ 57,05	\$ 2.852,58
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 18Kv, 200 A	6	\$ 182,57	\$ 1.095,44
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 18Kv, 100 A	50	\$ 108,49	\$ 5.424,55
Seccionador Monopolar de cuchilla para 22Kv, 1200 A, tipo Tandem o by	1	\$ 874,00	\$ 874,00
Transformador monofásico de distribucion			
Transformador monofásico convencional 167 KVA (USA)	33	\$ 8.690,15	\$ 286.774,95
Transformador monofásico convencional 250 KVA (USA)	17	\$ 13.281,57	\$ 225.786,69
Elementos de subestacion			
Transformador trifásico 5MVA, 69/13,8 - 7,96 Kv	1	\$ 310.000,00	\$ 310.000,00
Malla puesta a tierra	1	\$ 8.510,43	\$ 8.510,43
Disyuntor tripolar para 69 kV (Circuit-Breaker), tipo tanque vivo, 72.5 kV	1	\$ 59.000,00	\$ 59.000,00
Seccionador tripolar de barra para montaje vertical, comando conjunto, motorizado, sin cuchillas de puesta a tierra, para 72,5Kv, 600A	1	\$ 16.300,00	\$ 16.300,00
Pararrayo tipo subestacion 60Kv	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
TOTAL			\$ 1.209.123,06

Tabla 52: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 10 MVA para un nivel de tensión de 22Kv.

DESCRIPCION	TOTAL DE ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Elementos de una Estructura			
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 1/4")	184	\$ 60,91	\$ 11.207,44
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 28")	368	\$ 9,48	\$ 3.488,64
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	186	\$ 20,93	\$ 3.892,98
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	152	\$ 5,68	\$ 863,36
Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 51 mm (2") de long., con tuerca, arandela plana y de presión	368	\$ 1,38	\$ 507,84
Perno U de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 150 mm (6") de ancho dentro de la U, con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	120	\$ 5,76	\$ 691,20
Aislador espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 56-1, 18 kV	546	\$ 22,25	\$ 12.148,50
Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-18, 18 kV	6	\$ 35,75	\$ 214,50
Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám x 300 mm (12") de long.	360	\$ 4,96	\$ 1.785,60
Perno espárrago o de rosca corrida de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 300 mm (12") de long., con 4 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	124	\$ 5,46	\$ 677,04
Perno de ojo de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 254 mm (10") de long., con 4 tuercas. 2 arandelas planas y 2 de presión	4	\$ 6,01	\$ 24,04
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm (5/8") de	2	\$ 2,76	\$ 5,52
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble (4 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	2	\$ 6,76	\$ 13,52
Grapa terminal apornada tipo pistola, de aleación de Al	6	\$ 9,43	\$ 56,58
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	6	\$ 8,27	\$ 49,62
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	2	\$ 8,27	\$ 16,54
poste de 12 metros (500Kg)	150	\$ 258,41	\$ 38.761,50
CABLE DE ALUMINIO DESNUDO CABLEADO ACSR 6/1, No.2 AWG, 7 HILOS	15000	\$ 0,66	\$ 9.900,00
cable de aluminio reforzado con acero ACSR 336,4 Kcmil	45000	\$ 8,00	\$ 360.000,00
Elementos de proteccion electrica			
Pararrayo Polimerico 18 Kv	50	\$ 57,05	\$ 2.852,58
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 18Kv, 200 A	6	\$ 182,57	\$ 1.095,44
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 18Kv, 100 A	50	\$ 108,49	\$ 5.424,55
Seccionador Monopolar de cuchilla para 22Kv, 1200 A, tipo Tanden o bypass	1	\$ 874,00	\$ 874,00
Transformador monofásico de distribucion			
Transformador monofásico convencional 333KVA (USA)	33	\$ 15.378,35	\$ 507.485,55
Transformador monofásico convencional 167 KVA (USA)	17	\$ 8.690,15	\$ 147.732,55
Elementos de subestacion			
Transformador trifásico 5MVA, 69/13,8 - 7,96 Kv	1	\$ 340.000,00	\$ 340.000,00
Malla puesta a tierra	1	\$ 8.510,43	\$ 8.510,43
Disyuntor tripolar para 69 kV (Circuit-Breaker), tipo tanque vivo, 72.5 kV, 60 Hz, 6	1	\$ 59.000,00	\$ 59.000,00
Seccionador tripolar de barra para montaje vertical, comando conjunto, motorizado, sin cuchillas de puesta a tierra, para 72,5Kv, 600A	1	\$ 16.300,00	\$ 16.300,00
Pararrayo tipo subestacion 60Kv	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
TOTAL			\$ 1.534.779,52

Tabla 53: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 15 MVA para un nivel de tensión de 22Kv.

DESCRIPCION	TOTAL DE ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Elementos de una Estructura			
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 1/4")	184	\$ 60,91	\$ 11.207,44
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 28")	368	\$ 9,48	\$ 3.488,64
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	186	\$ 20,93	\$ 3.892,98
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	152	\$ 5,68	\$ 863,36
Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 51 mm (2") de long., con tuerca, arandela plana y de presión	368	\$ 1,38	\$ 507,84
Perno U de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 150 mm (6") de ancho dentro de la U, con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	120	\$ 5,76	\$ 691,20
Aislador espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 56-3, 35 kV	546	\$ 40,95	\$ 22.358,70
Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-35, 35 kV	6	\$ 43,75	\$ 262,50
Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám x 300 mm (12") de long.	360	\$ 4,96	\$ 1.785,60
diám. x 300 mm (12") de long., con 4 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	124	\$ 5,46	\$ 677,04
Perno de ojo de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 254 mm (10") de long., con 4 tuercas. 2 arandelas planas y 2 de presión	4	\$ 6,01	\$ 24,04
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm (5/8") de	2	\$ 2,76	\$ 5,52
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble (4 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	2	\$ 6,76	\$ 13,52
Grapa terminal apornada tipo pistola, de aleación de Al	6	\$ 9,43	\$ 56,58
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	6	\$ 8,27	\$ 49,62
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	2	\$ 8,27	\$ 16,54
poste de 12 metros (500Kg)	150	\$ 258,41	\$ 38.761,50
CABLE DE ALUMINIO DESNUDO CABLEADO ACSR 6/1, No.2 AWG, 7 HILOS	15000	\$ 0,66	\$ 9.900,00
cable de aluminio reforzado con acero ACSR #4 Swanate	45000	\$ 1,05	\$ 47.250,00
Elementos de proteccion electrica			
Pararrayo Polimerico 35 Kv	50	\$ 65,61	\$ 3.280,38
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 35Kv, 200 A	6	\$ 209,96	\$ 1.259,73
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 35Kv, 100 A	50	\$ 124,76	\$ 6.238,18
Seccionador Monopolar de cuchilla para 36Kv, 1200 A, tipo Tandem o bypass	1	\$ 1.005,10	\$ 1.005,10
Transformador monofásico de distribucion			
Transformador monofásico convencional 100 KVA (USA)	50	\$ 5.965,39	\$ 298.269,50
Elementos de subestacion			
Transformador trifásico 5MVA, 69/36 - 20,78 Kv	1	\$ 290.000,00	\$ 290.000,00
Malla puesta a tierra	1	\$ 8.510,43	\$ 8.510,43
Disyuntor tripolar para 69 kV (Circuit-Breaker), tipo tanque vivo, 72,5 kV, 60 Hz	1	\$ 59.000,00	\$ 59.000,00
Seccionador tripolar de barra para montaje vertical, comando conjunto, motorizado, sin cuchillas de puesta a tierra, para 72,5Kv, 600A	1	\$ 16.300,00	\$ 16.300,00
Pararrayo tipo subestacion 60Kv	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
TOTAL			\$ 826.875,93

Tabla 54: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 5 MVA para un nivel de tensión de 36Kv.

DESCRIPCION	TOTAL DE ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Elementos de una Estructura			
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 1/4")	184	\$ 60,91	\$ 11.207,44
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 28")	368	\$ 9,48	\$ 3.488,64
mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	186	\$ 20,93	\$ 3.892,98
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 1 1/4 x 5 1/2 - 6 1/2")	152	\$ 5,68	\$ 863,36
Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 51 mm (2") de long., con tuerca, arandela plana y de presión	368	\$ 1,38	\$ 507,84
de ancho dentro de la U, con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	120	\$ 5,76	\$ 691,20
Aislador espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 56-3, 35 kV	546	\$ 40,95	\$ 22.358,70
Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-35, 35 kV	6	\$ 43,75	\$ 262,50
Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám x 300 mm (12") de long.	360	\$ 4,96	\$ 1.785,60
(5/8") de diám. x 300 mm (12") de long., con 4 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	124	\$ 5,46	\$ 677,04
Perno de ojo de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 254 mm (10") de long., con 4 tuercas. 2 arandelas planas y 2 de presión	4	\$ 6,01	\$ 24,04
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm	2	\$ 2,76	\$ 5,52
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble (4 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 1 1/4 x 5 1/2 - 6 1/2")	2	\$ 6,76	\$ 13,52
Grapa terminal apernada tipo pistola, de aleación de Al	6	\$ 9,43	\$ 56,58
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	6	\$ 8,27	\$ 49,62
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	2	\$ 8,27	\$ 16,54
poste de 12 metros (500Kg)	150	\$ 258,41	\$ 38.761,50
CABLE DE ALUMINIO DESNUDO CABLEADO ACSR 6/1, No.2 AWG, 7 HILOS	15000	\$ 0,66	\$ 9.900,00
cable de aluminio reforzado con acero ACSR 1/0 Raven	45000	\$ 2,33	\$ 104.850,00
Elementos de proteccion electrica			
Pararrayo Polimerico 35 Kv	50	\$ 65,61	\$ 3.280,38
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 35Kv, 200 A	6	\$ 209,96	\$ 1.259,73
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 35Kv, 100 A	50	\$ 124,76	\$ 6.238,18
Seccionador Monopolar de cuchilla para 36Kv, 1200 A, tipo Tanden o	1	\$ 1.005,10	\$ 1.005,10
Transformador monofásico de distribucion			
Transformador monofásico convencional 167 KVA (USA)	33	\$ 8.690,15	\$ 286.774,95
Transformador monofásico convencional 250 KVA (USA)	17	\$ 13.281,57	\$ 225.786,69
Elementos de subestacion			
Transformador trifásico 5MVA, 69/36 - 20,78 Kv	1	\$ 320.000,00	\$ 320.000,00
Malla puesta a tierra	1	\$ 8.510,43	\$ 8.510,43
Disyuntor tripolar para 69 kV (Circuit-Breaker), tipo tanque vivo, 72.5 kV	1	\$ 59.000,00	\$ 59.000,00
Seccionador tripolar de barra para montaje vertical, comando conjunto, motorizado, sin cuchillas de puesta a tierra, para 72,5Kv, 600A	1	\$ 16.300,00	\$ 16.300,00
Pararrayo tipo subestacion 60Kv	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
TOTAL			\$ 1.128.768,07

Tabla 55: Elementos y equipos Utilizados en una subestación de 10 MVA para un nivel de tensión de 36Kv.

DESCRIPCION	TOTAL DE ELEMENTOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Elementos de una Estructura			
Cruceta de acero galvanizado, universal, perfil "L" 75 x 75 x 6 mm (2 61/64 x 2 61/64 x 1/4")	184	\$ 60,91	\$ 11.207,44
Pie amigo de acero galvanizado, perfil "L" 38 x 38 x 6 x 700 mm (1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 x 28")	368	\$ 9,48	\$ 3.488,64
Perno espiga (pin) tope de poste simple de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám. x 450 mm (18") de long., con accesorios de sujeción	186	\$ 20,93	\$ 3.892,98
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, simple (3 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	152	\$ 5,68	\$ 863,36
Perno máquina de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 51 mm (2") de long., con tuerca, arandela plana y de presión	368	\$ 1,38	\$ 507,84
de ancho dentro de la U, con 2 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	120	\$ 5,76	\$ 691,20
Aislador espiga (pin), de porcelana, clase ANSI 56-3, 35 kV	546	\$ 40,95	\$ 22.358,70
Aislador tipo suspensión, de caucho siliconado, clase ANSI DS-35, 35 kV	6	\$ 43,75	\$ 262,50
Perno espiga (pin) corto de acero galvanizado, 19 mm (3/4") de diám x 300 mm (12") de long.	360	\$ 4,96	\$ 1.785,60
(5/8") de diám. x 300 mm (12") de long., con 4 tuercas, 2 arandelas planas y 2 de presión	124	\$ 5,46	\$ 677,04
Perno de ojo de acero galvanizado, 16 mm (5/8") de diám. x 254 mm (10") de long., con 4 tuercas. 2 arandelas planas y 2 de presión	4	\$ 6,01	\$ 24,04
Tuerca de ojo ovalado de acero galvanizado, para perno de 16 mm	2	\$ 2,76	\$ 5,52
Abrazadera de acero galvanizado, pletina, doble (4 pernos), 38 x 4 x 140 - 160 mm (1 1/2 x 11/64 x 5 1/2 - 6 1/2")	2	\$ 6,76	\$ 13,52
Grapa terminal apernada tipo pistola, de aleación de Al	6	\$ 9,43	\$ 56,58
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	6	\$ 8,27	\$ 49,62
Horquilla anclaje de acero galvanizado, 16mm (5/8") de diám. x 75 mm (3") de long. (Eslabón "U" para sujeción)	2	\$ 8,27	\$ 16,54
poste de 12 metros (500Kg)	150	\$ 258,41	\$ 38.761,50
CABLE DE ALUMINIO DESNUDO CABLEADO ACSR 6/1, No.2 AWG, 7 HILOS	15000	\$ 0,66	\$ 9.900,00
cable de aluminio reforzado con acero ACSR 4/0 Penguin	45000	\$ 4,60	\$ 207.000,00
Elementos de proteccion electrica			
Pararrayo Polimerico 35 Kv	50	\$ 65,61	\$ 3.280,38
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 35Kv, 200 A	6	\$ 209,96	\$ 1.259,73
Seccionador fusible unipolar tipo abierto, clase 35Kv, 100 A	50	\$ 124,76	\$ 6.238,18
Seccionador Monopolar de cuchilla para 36Kv, 1200 A, tipo Tandem o by	1	\$ 1.005,10	\$ 1.005,10
Transformador monofásico de distribucion			
Transformador monofásico convencional 333 KVA (USA)	33	\$ 15.378,35	\$ 507.485,55
Transformador monofásico convencional 167 KVA (USA)	17	\$ 8.690,15	\$ 147.732,55
Elementos de subestacion			
Transformador trifásico 5MVA, 69/36 - 20,78 Kv	1	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
Malla puesta a tierra	1	\$ 8.510,43	\$ 8.510,43
Disyuntor tripolar para 69 kV (Circuit-Breaker), tipo tanque vivo, 72.5 kV	1	\$ 59.000,00	\$ 59.000,00
Seccionador tripolar de barra para montaje vertical, comando conjunto, motorizado, sin cuchillas de puesta a tierra, para 72,5Kv, 600A	1	\$ 16.300,00	\$ 16.300,00
Pararrayo tipo subestacion 60Kv	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
TOTAL			\$ 1.403.574,53

Tabla 56: Elementos y equipos utilizados en una subestación de 15 MVA para un nivel de tensión de 36Kv.