

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

INTRODUCCIÓN

Ing. Carlos Huayllasco Montalva

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA

Profesor: Carlos Alberto Huayllasco Montalva

email: huayllascocarlos@gmail.com

Fono: 999-441-318

Sistema de Calificación:

Examen Parcial : Peso 1

Examen Final : Peso 1

Examen Sustitutorio

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El profesor incidirá en el conocimiento de los conceptos que se manejan en instalaciones eléctricas y líneas de transmisión

Se entrega un CD con las exposiciones del curso, un Texto complementario del curso e información relevante para el alumno

BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Electricidad. CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD – SUMINISTRO, Lima: año 2002
- Harper, Enrique. SISTEMAS DE TRANSMISIÓN y DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA, Editorial Limusa
- Gonzales Amancio, Gerardo. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN, Editorial Universitaria

BIBLIOGRAFÍA

- Westinghouse Electric Corporation.
ELECTRICAL TRANSMISSION AND
DISTRIBUTION REFERENCE BOOK
- Stevenson, William D. Jr. ANÁLISIS DE
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA,
Mc Graw - Hill
- REA Bulletin 62-1. DESIGN MANUAL FOR
HIGH VOLTAGE TRANSMISSION LINES,
US – Department of Agriculture

DEFINICIÓN DE INGENIERÍA

“PROFESIÓN EN LA CUAL EL CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS MATEMÁTICAS Y NATURALES ADQUIRIDO MEDIANTE EL ESTUDIO, LA EXPERIENCIA Y LA PRÁCTICA, SE APLICA CON BUEN JUICIO A FIN DE DESARROLLAR LAS FORMAS EN QUE SE PUEDEN UTILIZAR, DE MANERA ECONÓMICA, LOS MATERIALES Y LAS FUERZAS DE LA NATURALEZA EN BENEFICIO DE LA HUMANIDAD”

ABET 1985

DEFINICIÓN DE INGENIERÍA

“TANTO EL INGENIERO COMO EL CIENTÍFICO RECIBEN UNA EDUCACIÓN COMPLETA EN MATEMÁTICAS Y CIENCIAS NATURALES, SÓLO QUE EL CIENTÍFICO USA SU CONOCIMIENTO PRINCIPALMENTE PARA ADQUIRIR NUEVOS CONOCIMIENTOS, MIENTRAS QUE EL INGENIERO LO APLICA PARA DISEÑAR Y DESARROLLAR DISPOSITIVOS, ESTRUCTURAS Y PROCESOS UTILIZABLES. MIENTRAS EL CIENTÍFICO BUSCA CONOCER, EL INGENIERO ASPIRA A REALIZAR ”
EIDE Y OTROS 1979

DEFINICIÓN DE INGENIERÍA

“LA INGENIERÍA SE CONSIDERA TANTO UN ARTE COMO UNA CIENCIA. ABARCA EN SÍ UN SISTEMA DE PRINCIPIOS, MÉTODOS Y TÉCNICAS QUE NO PUEDEN APRENDERSE SIMPLEMENTE ESTUDIANDO, SIENDO NECESARIO, AL MENOS EN PARTE, LA EXPERIENCIA Y LA PRÁCTICA PROFESIONAL...LOS INGENIEROS BUSCAN SOLUCIONES ECONÓMICAS, DE MODO QUE SUS BENEFICIOS EXCEDAN A LOS GASTOS ”
WRIGHT 1989

FUNCIONES DEL INGENIERO

- INVESTIGACIÓN
 - DESARROLLO
 - DISEÑO
 - PRODUCCIÓN
 - OPERACIONES
 - VENTAS
 - ADMINISTRACIÓN
 - ENSEÑANZA
- WRIGHT 1989

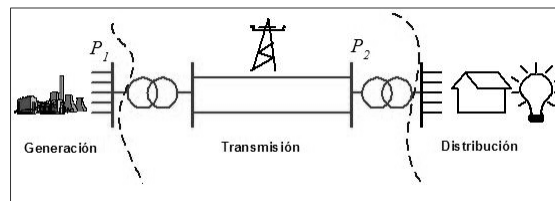
El investigador descubre lo que existe, el científico inventa lo que no existe

“Nunca consideres el estudio como un deber, sino como la oportunidad para penetrar en el maravilloso mundo del saber”

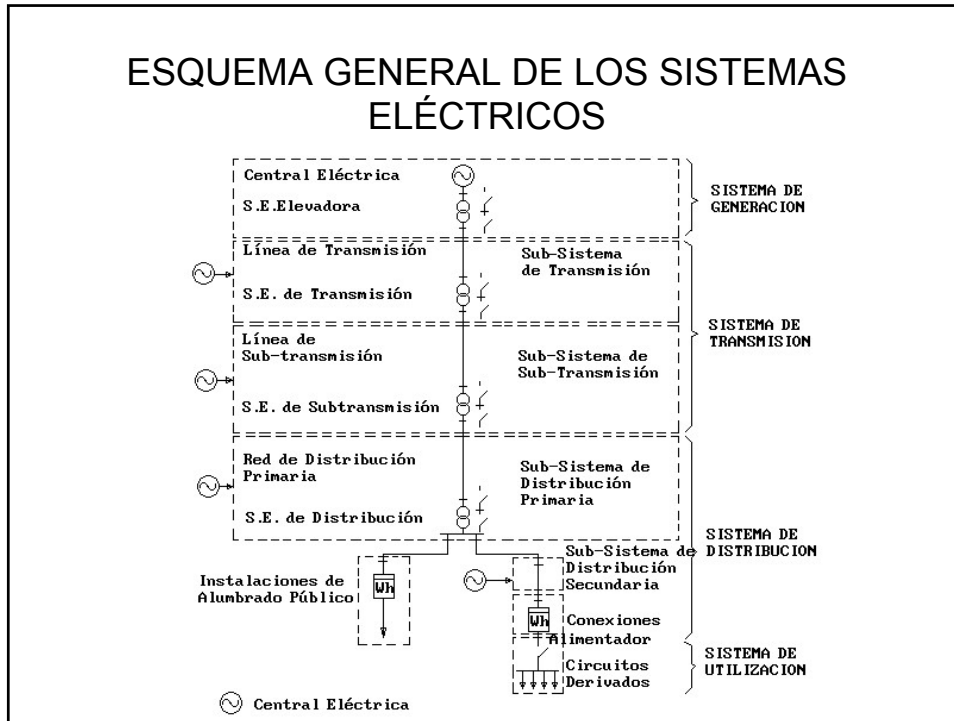
Albert Einstein

DEFINICIÓN DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN

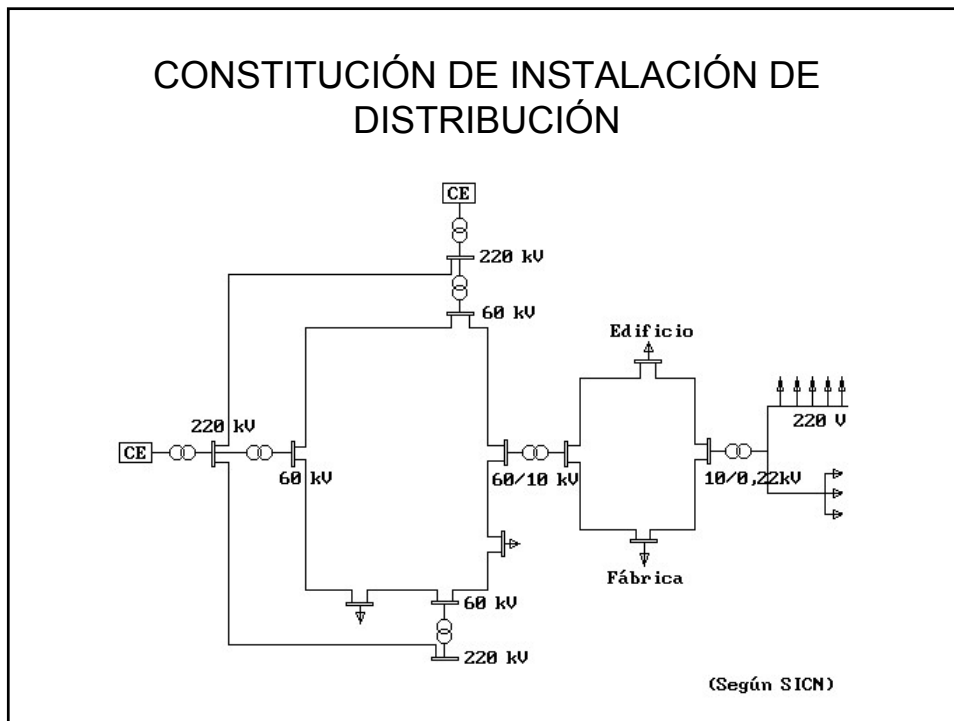
Enlace físico conductor soportado por estructuras que permite transportar la energía eléctrica entre un punto de generación y transformación, entre centros de transformación, hasta centros de consumo.

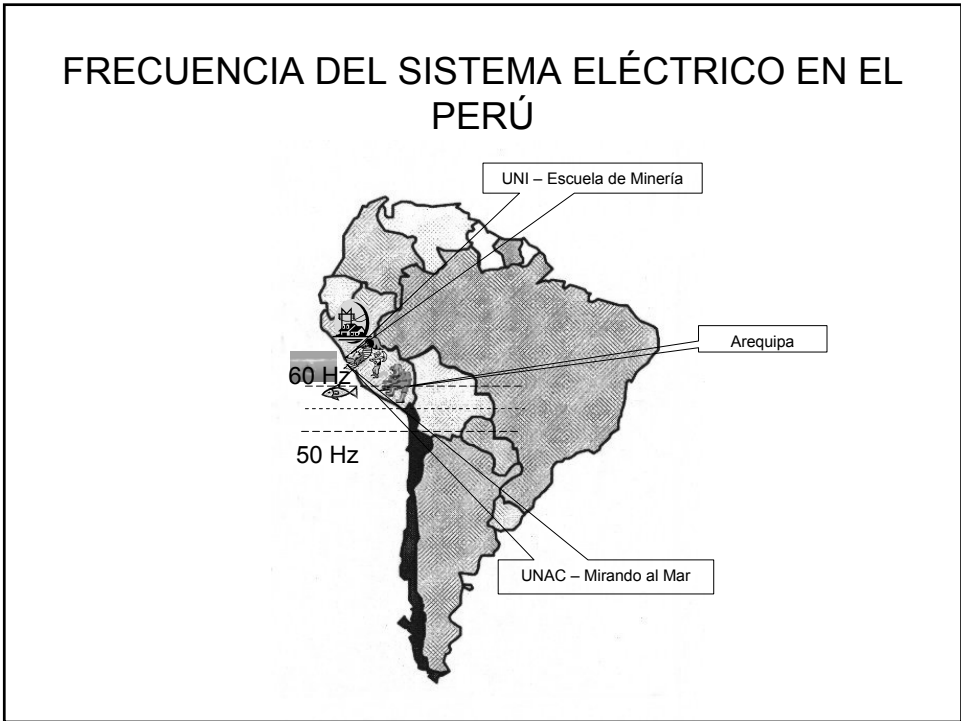
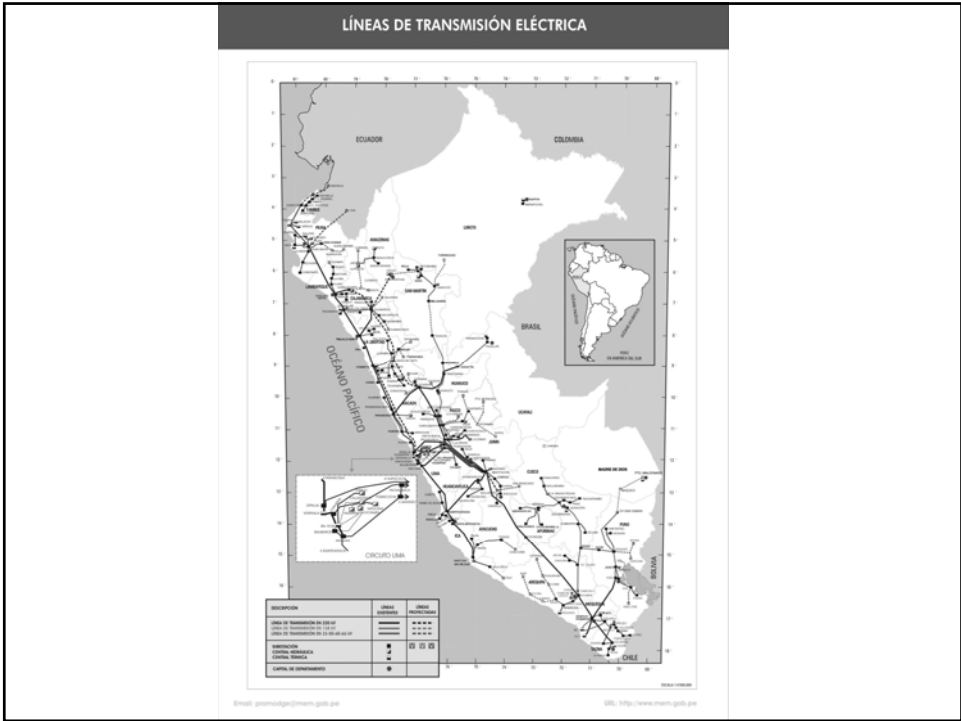


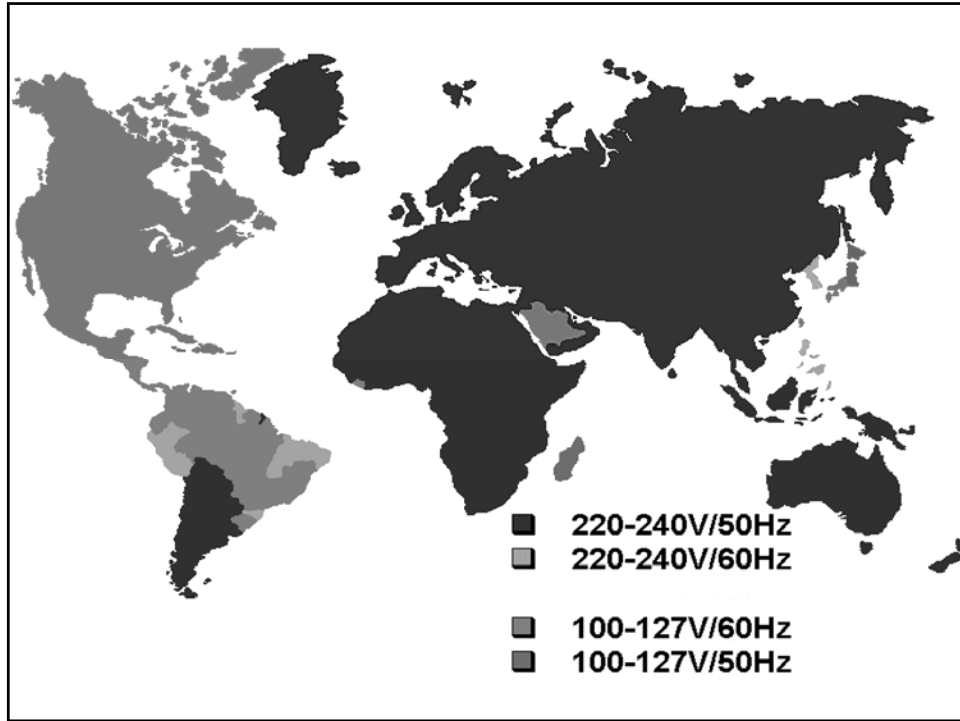
ESQUEMA GENERAL DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS



CONSTITUCIÓN DE INSTALACIÓN DE DISTRIBUCIÓN

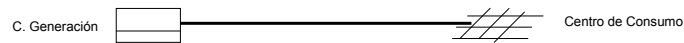






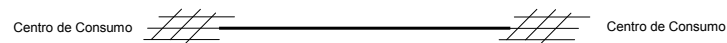
DENOMINACIONES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

- Transporte en Corriente Alterna



- MachuPicchu 138 kV
- Cañon del Pato 138 kV

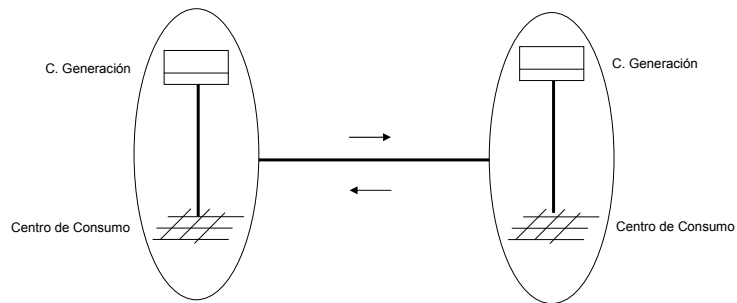
- Subtransmisión



- Independencia – Cañete 60 kV

DENOMINACIONES DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

- Interconexión



– Lima – Chimbote 220 kV (Región Norte – Región Centro)

NIVELES DE TENSIÓN

$BT \leq 1 \text{ kV}$

$1 \text{ kV} < MT \leq 35 \text{ kV}$

$35 \text{ kV} < AT \leq 230 \text{ kV}$

$MAT > 230 \text{ kV}$

NIVELES DE TENSIÓN NORMALIZADOS

Francia: 45 – 63 – 90 – 150 – 225 – 400 → 750 kV

Inglaterra: 33 – 66 – 132 – 275 – 400 kV

Alemania: 30 – 60 – 110 – 220 – 400 kV

Rusia: 35 – 110 – 150 – 220 – 300 – 400 – 500
750 → 1 150 kV

Perú: 30 – 60 – 138 – 220 → 500 kV

USA: 34,5 – 69 – 115 – 138 – 150 – 230
287 – 345 – 400 – 500 – 765 – 800
→ 1050

ÓRDENES DE MAGNITUD

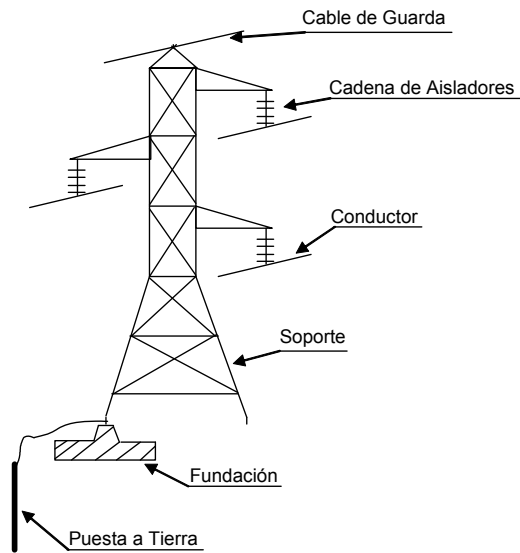
60 kV → Transmite 20-30 MW → 50-70 km

138 kV → Transmite 60-70 MW → 80-100 km

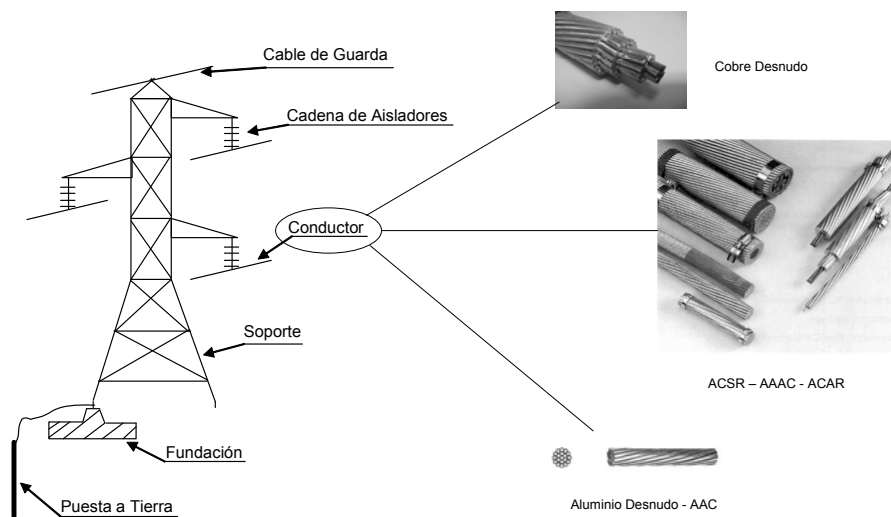
220 kV → Transmite 130-160 MW → 200-300 km

500 kV → Transmite 2000-3000 MW → 500-800 km

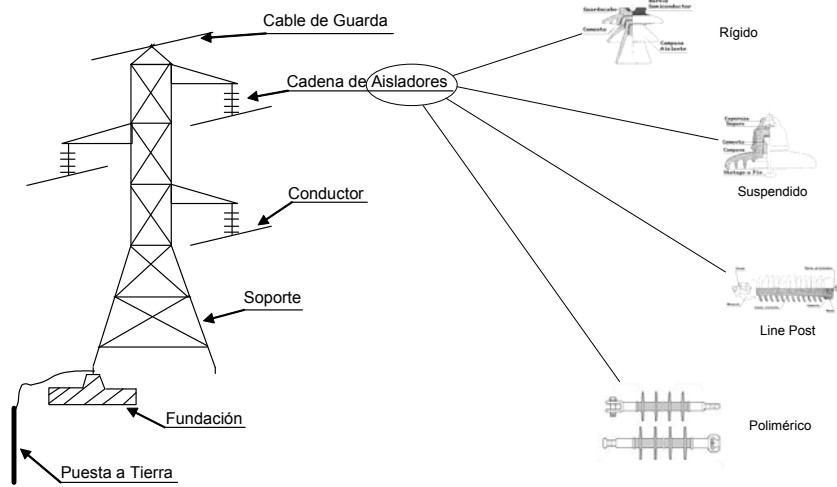
COMPONENTES DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN AÉREA (LTA)



COMPONENTES DE UNA LTA Conductor



COMPONENTES DE UNA LTA Aislador



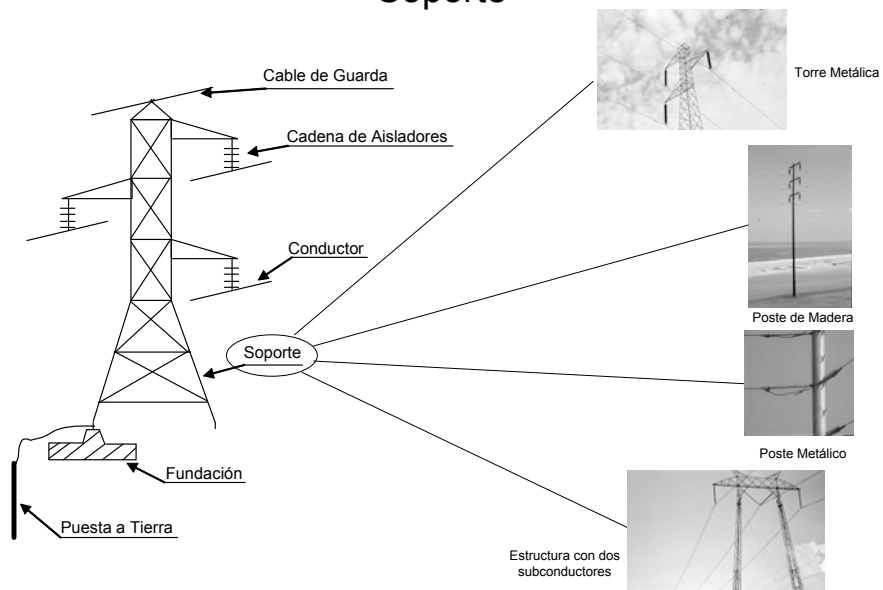
CADENA DE AISLADORES EN SUSPENSIÓN



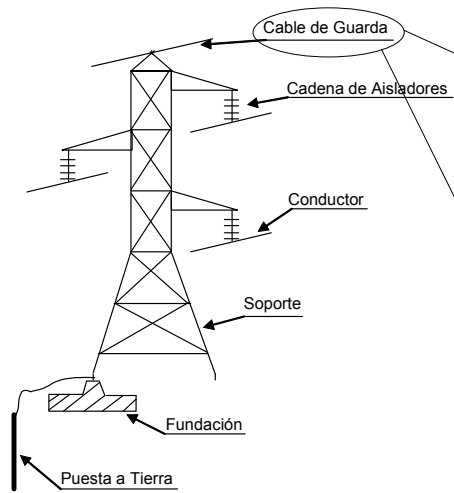
CADENA DE AISLADORES EN ANCLAJE



COMPONENTES DE UNA LTA Soporte



COMPONENTES DE UNA LTA Cable de Guarda



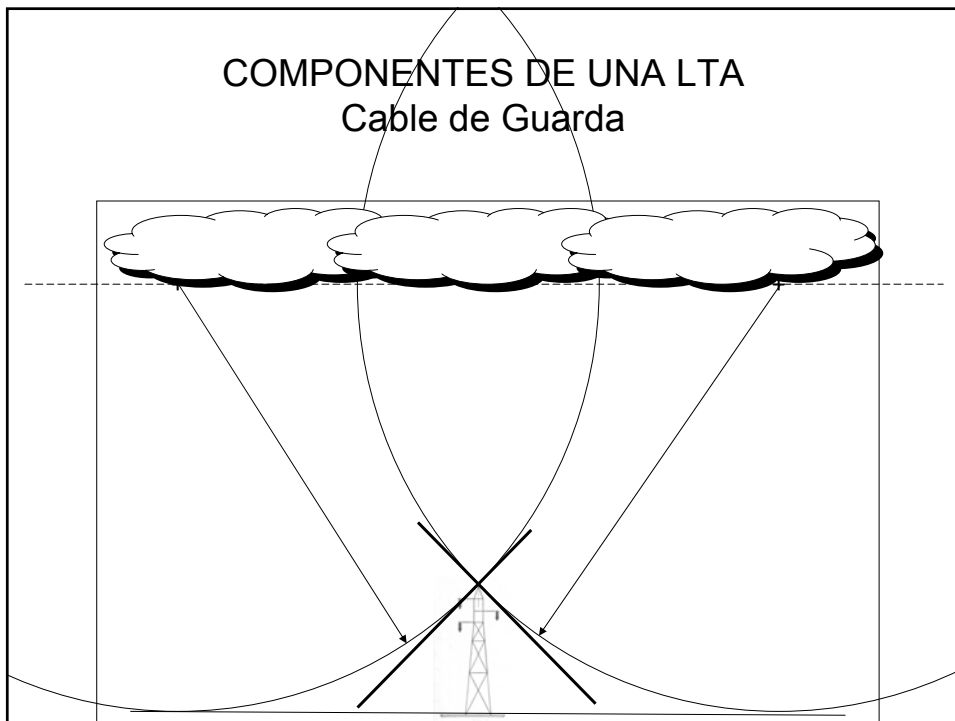
- **COPPERWELD**

- Acero recubierto con cristales de cobre que penetran las hebras del acero, forma capa que evita corrosión

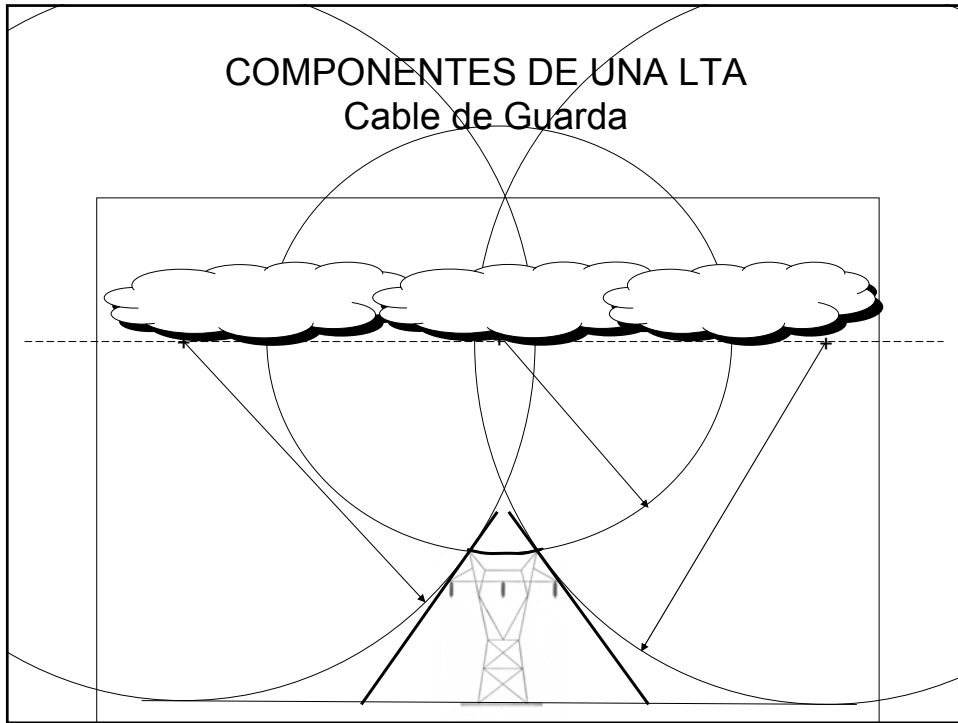
- **ALUMOWELD**

- Acero recubierto con cristales de aluminio

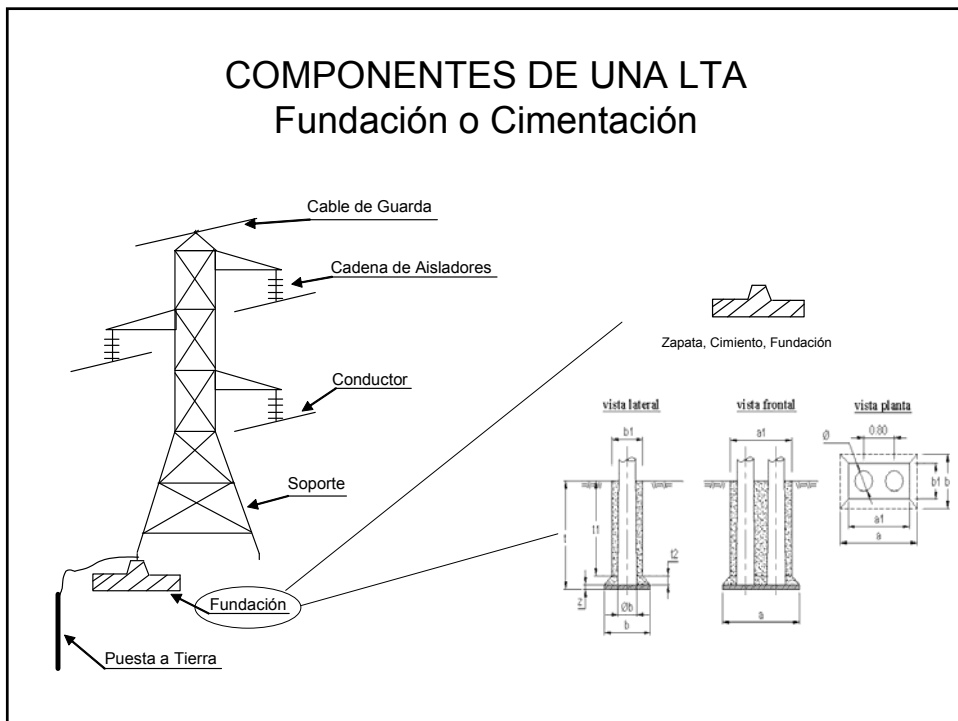
COMPONENTES DE UNA LTA Cable de Guarda



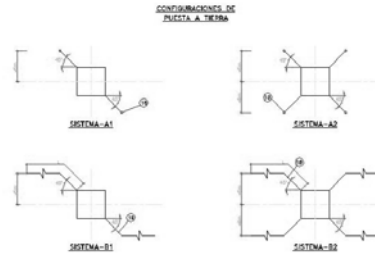
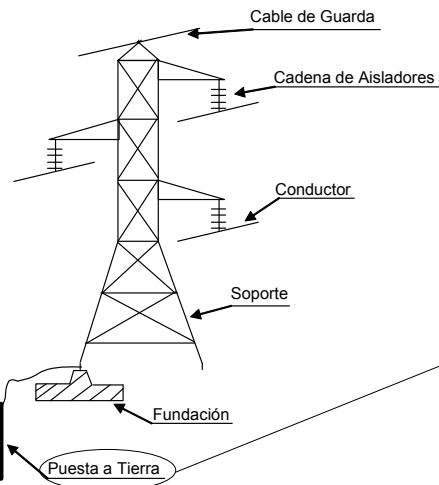
COMPONENTES DE UNA LTA Cable de Guarda



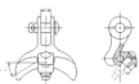
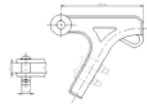
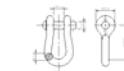
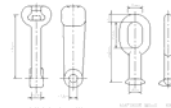
COMPONENTES DE UNA LTA Fundación o Cimentación



COMPONENTES DE UNA LTA Puesta a Tierra

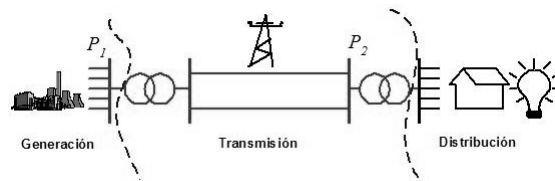


OTROS MATERIALES – FERRETERÍA Grapas de Suspensión, Anclaje y Ángulo



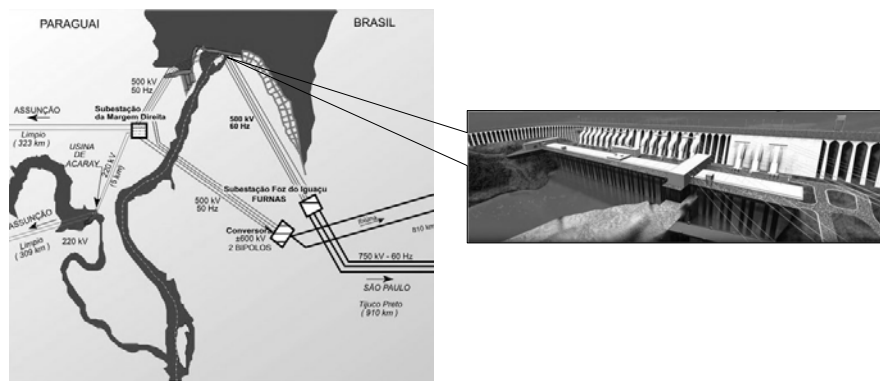
INFORMES PRELIMINARES

- Líneas están relacionadas con ubicación de una Central o parte de un Sistema
- Estudio del Mercado Eléctrico
- Aprovechamiento hidráulico
- Tipos de líneas



INFORMES PRELIMINARES

- Existe posibilidad de aprovechamiento hidroenergético o utilización del sistema (en ocasiones varían las consideraciones de cargas y entonces la configuración del sistema)



INFORMES PRELIMINARES Represa de Itaypu



- Potencia, longitud, tensión, número de ternas, en forma de planificación

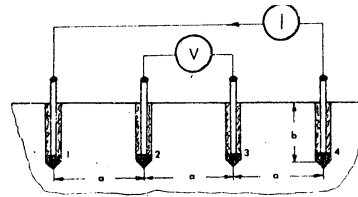
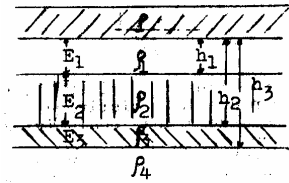
PLANEAMIENTO

- Algunas investigaciones de campo (reconocimiento y selección de ruta)
- Intervienen los Informes Preliminares como documentos de base
- Se determina con mayor precisión la potencia, tensión, ternas, longitud y materiales (soporte, conductor, aislador, etc.)
- Análisis de geología de la superficie de la ruta o rutas alternas
- Estudio de contaminación ambiental (para seleccionar aislador)

PLANEAMIENTO

- Mediciones de resistividad del terreno (para diseño de puesta a tierra)

Método Wenner



ρ = resistividad aparente del suelo ($\Omega\cdot m$)

a = distancia entre electrodos (m)

R = relación de V/I medida e inyectada respectivamente (Ω)

$$\rho = 2 \pi a R$$

$$a \gg b$$

PLANEAMIENTO

- Informaciones adicionales del tipo ambiental, tormentas, lluvias, niveles isoceránicos, napa freática
- Costos e inversiones
- Se concluye en la factibilidad económica y técnica

INGENIERÍA

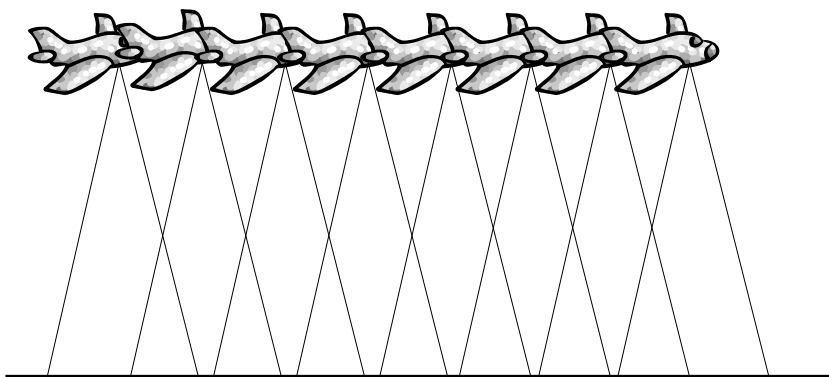
- Intervienen todos los documentos anteriores como antecedentes
- Mayores investigaciones de campo
- Pruebas del terreno para determinar capacidad mecánica
- Selección de la ruta definitiva:
 - Planos y mapas de la zona (escalas 1/100 000), del Instituto Geográfico Nacional
 - Aerofotografías (escala 1/17 000, 1/10 000) del Servicio Aerofotográfico Nacional de la Dirección General de Aerofotografía
 - Mapas de zonas urbanas o edificaciones especiales y de zonas rurales
 - Información geológica general (composición del piso, terrenos alcalinos, humus, etc.)

INGENIERÍA – Fotografías Aéreas

FOTOGRAMETRÍA



← Ojos



INGENIERÍA – Fotos Satelitales



INGENIERÍA – Fotos Satelitales





CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS

- Accesibilidad necesaria para facilitar la construcción y el mantenimiento
 - Vías de acceso existentes o construidas



CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS

- Interferencia que la línea podría causar en el funcionamiento de las líneas telefónicas existentes en la zona del trazo



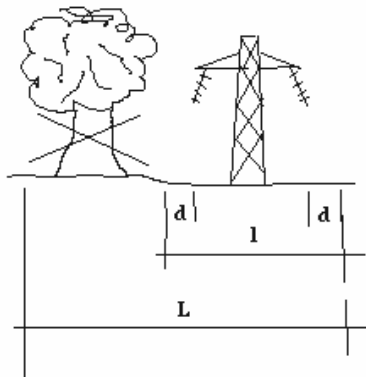
CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS

- Evitar en lo posible zonas pobladas y zonas arqueológicas



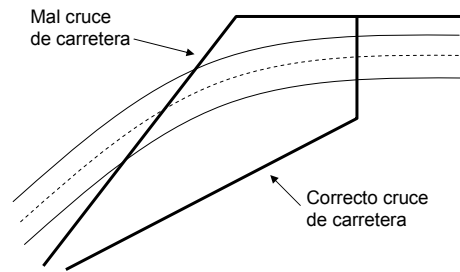
CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS

- Reducir al mínimo posible las servidumbres de paso en áreas cultivadas



CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS

- Cruces de cursos de agua, causes, carreteras, circuitos de comunicación y transmisión, líneas férreas en las mejores condiciones de seguridad



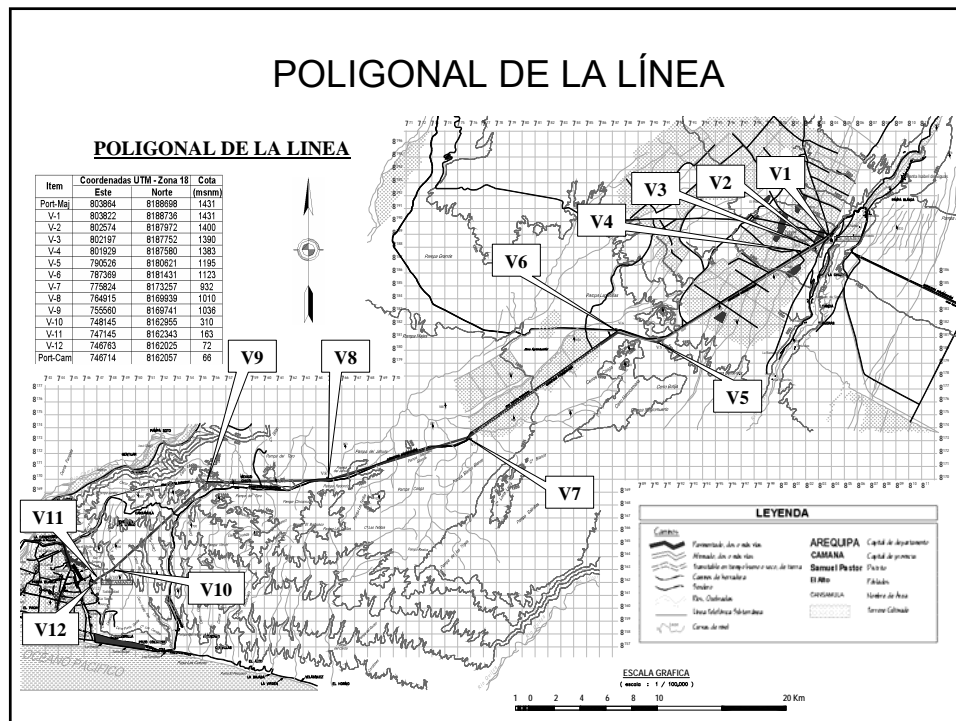
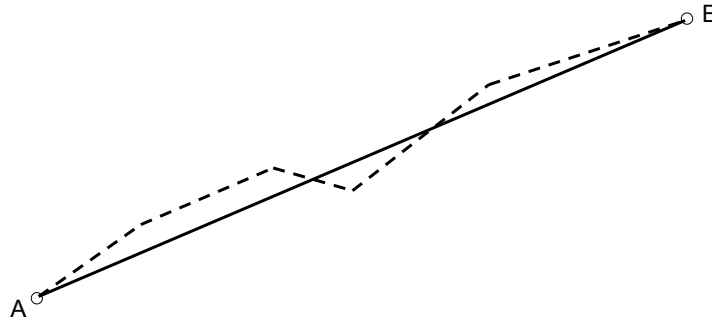
CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS

- Cuidar en lo posible de no ubicar el trazo en zonas que favorecen la formación de dunas

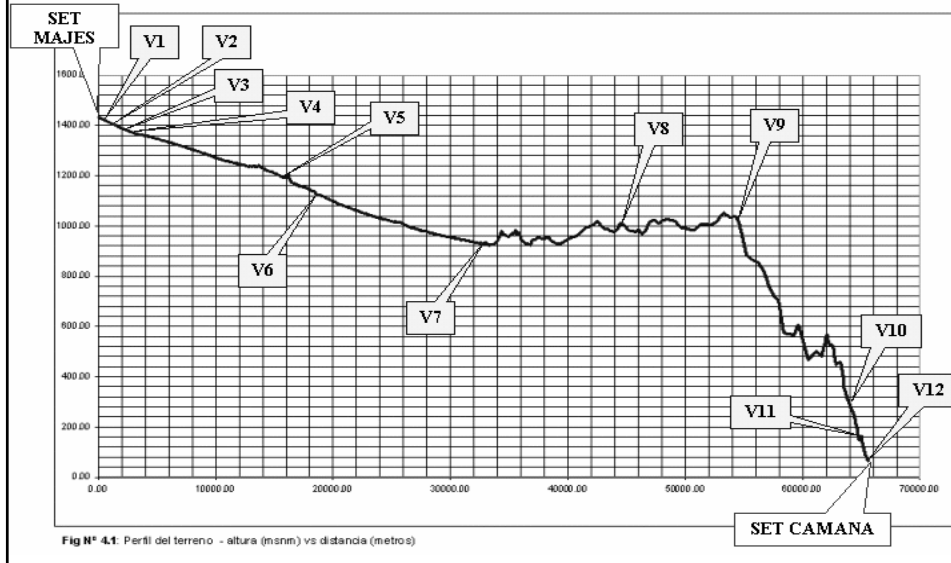


CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE RUTAS

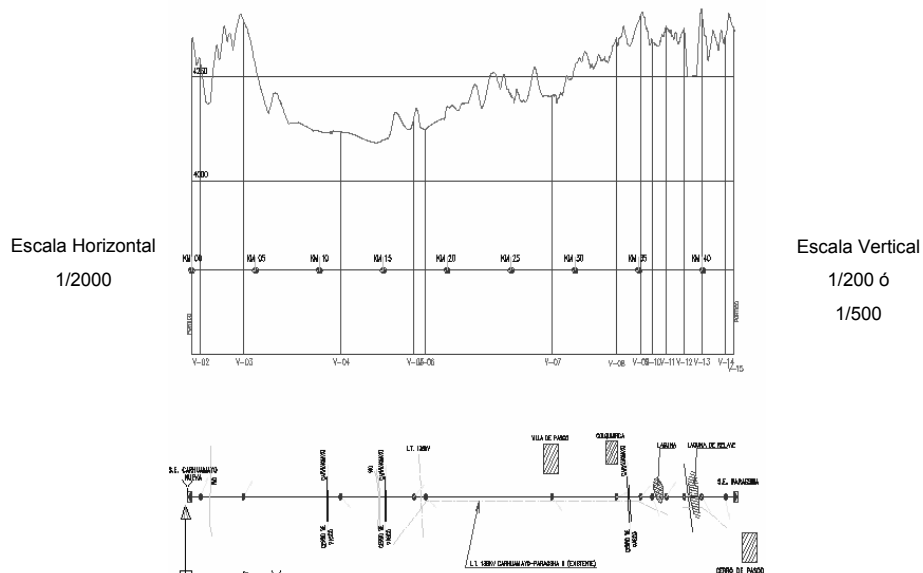
- Procurar la ruta de menor longitud, evitar los ángulos en número y valor, procurar como mínimo ángulos de 60°



PERFIL DEL TERRENO



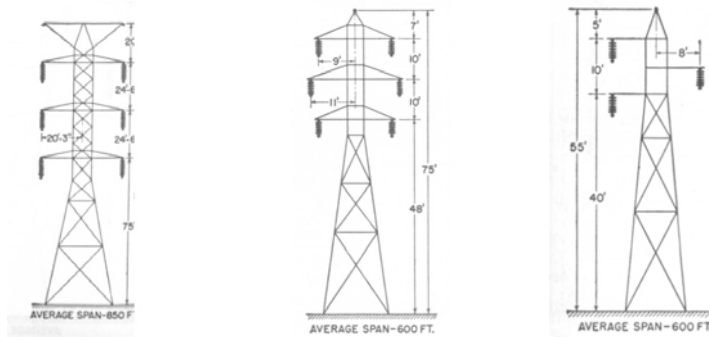
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE PERFIL Y PLANIMETRÍA



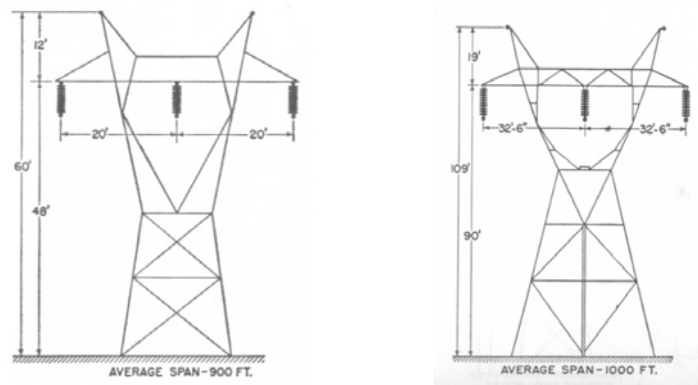
TIPOS Y DIMENSIONES DE ESTRUCTURAS

Se determinan y calculan cargas mecánicas, aislamiento, sistema de puesta a tierra, fundaciones o cimentaciones

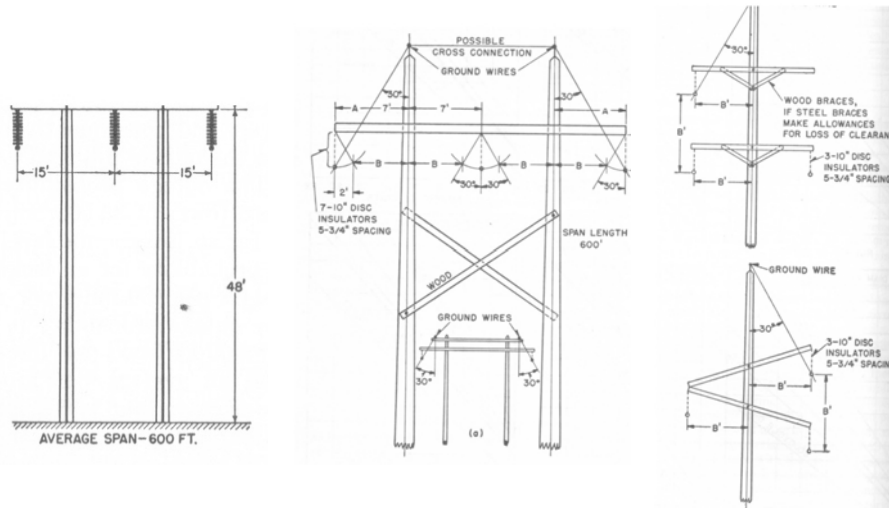
ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



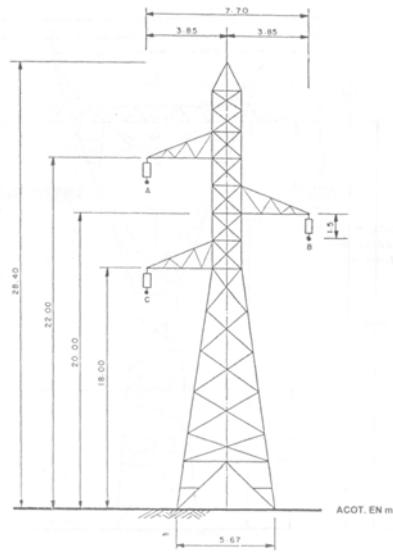
ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS

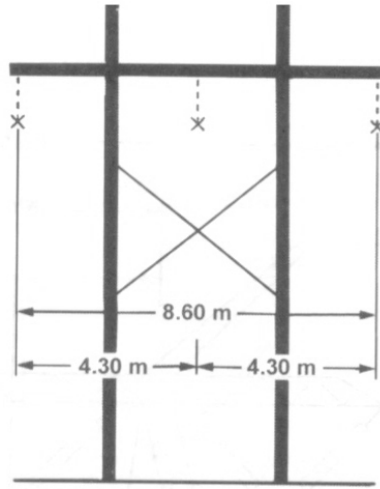


ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



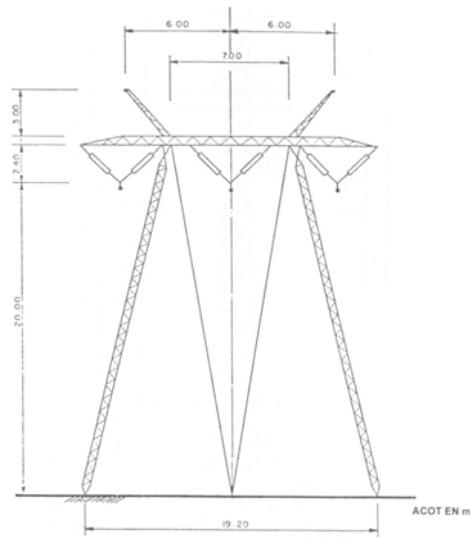
DIMENSIONES TIPO DE TORRE AUTOSOPORTADA 115 kV UN CIRCUITO

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



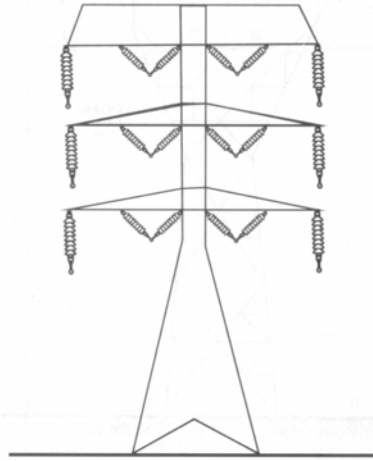
B) 138 kV TIPO H

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



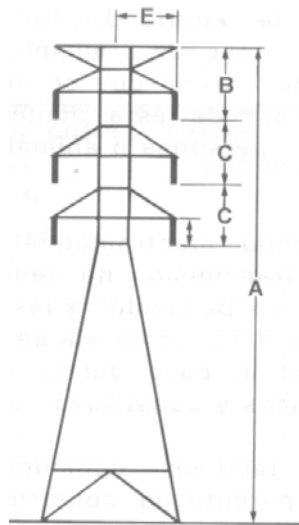
DIMENSIONES TIPO DE TORRE RETENIDA PARA 230 kV

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



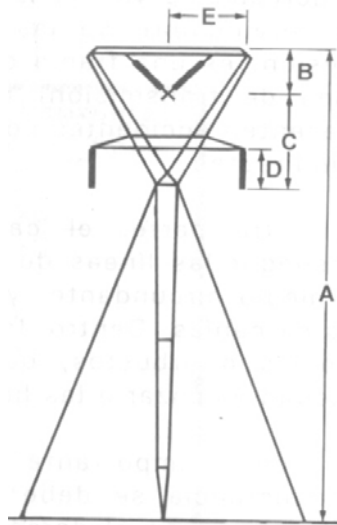
SILUETA BÁSICA 230KV- 4 CIRCUITOS

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



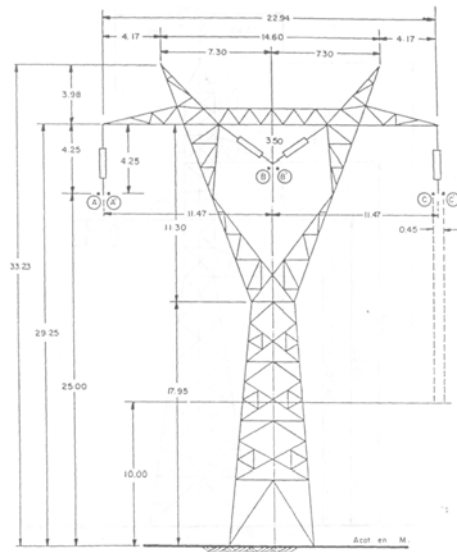
DOBLE CIRCUITO
AUTO SOPORTADA

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



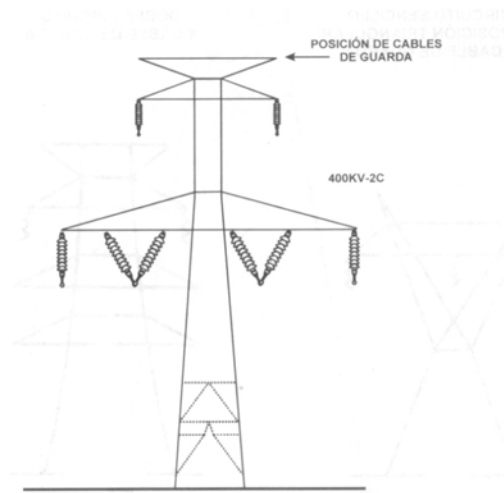
CON RETENIDAS
CIRCUITO SENCILLO

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



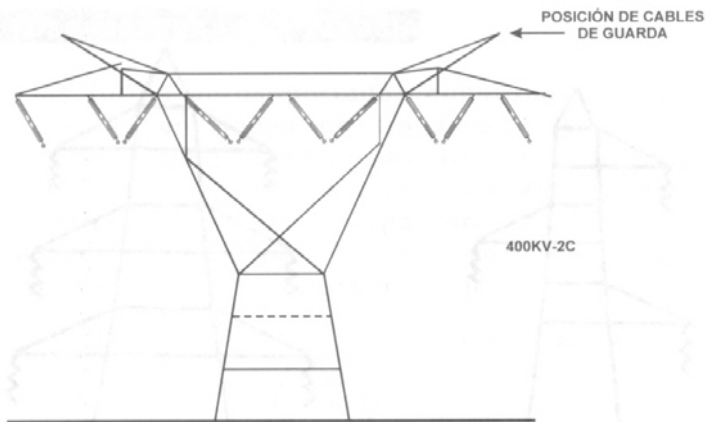
DIMENSIONES TIPO TORRE AUTOSOPORTADA 400 kV

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



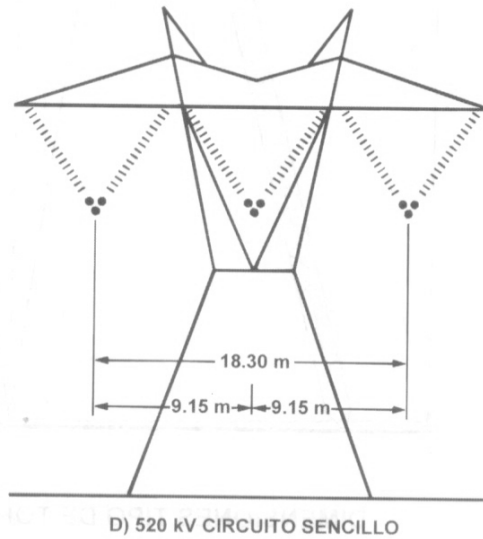
DISEÑO DE ESTRUCTURA DE DOBLE CIRCUITO 400 kV

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



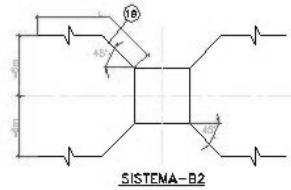
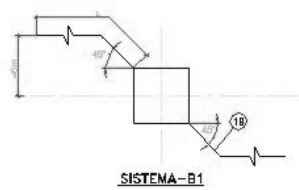
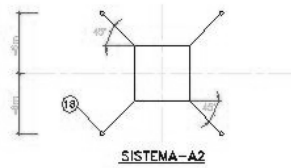
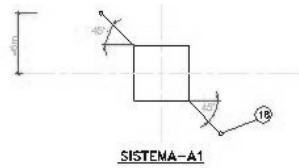
DISEÑO DE ESTRUCTURA DE DOBLE CIRCUITO 400 kV

ESTRUCTURAS DE TRANSMISIÓN TÍPICAS



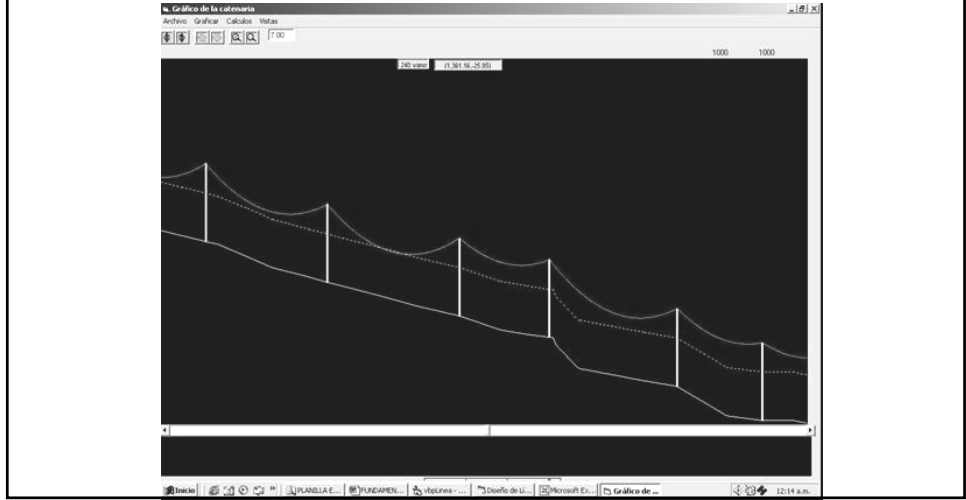
PUESTA A TIERRA

CONFIGURACIONES DE PUESTA A TIERRA



TRABAJOS DE GABINETE

Se desarrolla con información acumulada;
ubicación de estructuras usando la plantilla de la
catenaria



TRABAJOS DE GABINETE

PLANILLA DE ESTRUCTURAS
L. T. 138 KV REPARTICION - MAJES - CAMANA

Estructuras	UBICACION DE ESTRUCTURAS				VANOS CARACTERISTICOS				Cablea			ESTRUCTURAS CONCRETO			ASLADORES Y ACCESORIOS				PUSTAS A TIERRA		TIPO DE SUOLO	Estructuras						
	N°	Tipo	Progr. (m)	Cota (m)	Altura de Anzures (m)	Verd. (m)	Angulo Desviacion Linea	Regular (m)	Anza (m)	Vent. (m) Ed. Max. F. Max.	Granera (m) Ed. Max. F. Max.	Ed. Max.	F. Max.	POSTES Cantidad y tipo	MENSILLAS C1	RETENIDA TIPO	Super. c/ta	Líne Post	Anchje Ed. Max. x Paso	Angulo pes. per Vano			Costa Anzerte	Tipo (°)	Valor (kg. C)			
1	Pert	0.00	1430.70	12.00																					1	Pert		
2	A1	56.64	1430.61	9.40	V1	73°56'42"	56.64	0.00	28.32	28.32	-119.73	-53.01	1912.5	518.4												2	A1	
3	S	259.70	1428.53	11.25				203.06	232.62	232.62	-254.22	-246.81	2003.4	1310.0	2m/1200000											3	S	
4	S	521.89	1420.82	11.25				221.13	248.74	248.74	-248.46	-248.56	2003.4	1310.0	2m/1200000											4	S	
5	S	737.18	1413.73	11.25				233.30	244.72	244.72	-240.41	-241.94	2003.4	1310.0	2m/1200000											5	S	
6	S	1011.33	1410.77	11.25				254.15	249.08	249.08	-239.34	-255.17	2003.4	1310.0	2m/1200000											6	S	
7	S	1255.35	1404.88	11.25				244.02	254.30	254.30	-242.90	-246.80	2003.4	1310.0	2m/1200000											7	S	
8	S	1519.92	1400.00	11.25	V2	-1°12'52"		264.58	222.48	222.48	-220.34	-221.08	2003.4	1310.0	2m/1200000											8	S	
9	S	1780.30	1396.87	11.25				180.28	212.25	212.25	-228.72	-221.70	2003.4	1310.0	2m/1200000											9	S	
10	A1	1856.42	1395.80	11.25	V3	2°25'30"		256.12	213.44	213.44	-216.27	-215.32	2003.4	1310.0	19m/700000											10	A1	
11	S	2127.18	1384.85	11.25				170.76	139.22	139.22	-121.13	-134.16	2003.4	1310.0	2m/1200000											11	S	
12	S	2274.87	1383.38	11.25	V4	-1°17'51"		147.69	200.31	200.31	-213.45	-203.26	2003.4	1310.0	2m/1200000												12	S
13	S	2527.80	1378.94	11.25				252.93	220.20	220.20	-232.38	-231.67	2003.4	1310.0	2m/1200000												13	S
14	S	2755.43	1375.00	11.25				207.64	233.38	233.38	-234.54	-233.46	2003.4	1310.0	2m/1200000												14	S
15	S	2994.36	1369.85	11.25				239.13	232.04	232.04	-231.53	-243.16	2003.4	1310.0	2m/1200000												15	S
16	S	3232.32	1366.96	11.25				244.96	226.21	226.21	-230.01	-232.14	2003.4	1310.0	2m/1200000												16	S
17	S	3466.97	1364.21	11.25				227.45	225.70	225.70	-213.77	-217.86	2003.4	1310.0	2m/1200000												17	S
18	R	3680.92	1361.88	12.60			234.58	223.95	229.29	229.29	-256.30	-251.14	2003.4	1310.0	19m/1200000												18	R
19	S	3945.56	1359.90	11.25				254.64	227.86	227.86	-254.03	-255.78	2013.4	1382.2	2m/1200000												19	S
20	S	4206.63	1357.04	11.25				261.07	260.92	260.92	-264.57	-263.42	2013.4	1382.2	2m/1200000												20	S
21	S	4467.41	1353.03	11.25				268.78	259.16	259.16	-256.44	-257.29	2013.4	1382.2	2m/1200000												21	S
22	S	4724.95	1350.61	11.25				273.54	260.13	260.13	-262.29	-261.62	2013.4	1382.2	2m/1200000												22	S
23	S	4887.71	1347.25	11.25				262.76	263.32	263.32	-270.60	-268.31	2013.4	1382.2	2m/1200000												23	S
24	S	5251.59	1342.92	11.25				263.88	265.28	265.28	-271.30	-259.01	2013.4	1382.2	2m/1200000												24	S
25	S	5518.38	1339.60	11.25				266.69	265.18	265.18	-263.04	-263.08	2013.4	1382.2	2m/1200000												25	S
26	S	5775.95	1336.41	11.25				257.67	262.57	262.57	-269.54	-267.36	2013.4	1382.2	2m/1200000												26	S
27	S	6043.41	1332.17	11.25				267.46	245.94	245.94	-235.77	-238.97	2013.4	1382.2	2m/1200000												27	S
28	S	6267.84	1329.75	11.25				234.42	239.56	239.56	-248.97	-246.01	2013.4	1382.2	2m/1200000												28	S
29	S	6522.54	1325.01	11.25				254.70	256.37	256.37	-257.76	-257.32	2013.4	1382.2	2m/1200000												29	S
30	S	6780.58	1321.64	11.25				238.05	257.65	257.65	-249.07	-251.76	2013.4	1382.2	2m/1200000												30	S
31	S	7037.83	1318.58	11.25				257.25	261.83	261.83	-270.51	-267.78	2013.4	1382.2	2m/1200000												31	S

ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS

- Especificaciones técnicas para suministro de materiales y equipos
- Especificaciones técnicas de transporte
- Especificaciones técnicas de montaje

ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS

- Presupuesto de materiales y equipos, transporte y montaje (técnicas de presupuesto)

Tipo Estructura	Cant.	Soporte 20 m, 1000 N		Soporte 20 m, 1200 N		Aislador Suspensión		Aislador Anclaje		Retenidas R2	Puesta a Tierra		
Suspensión	40	1	40		0	3	120		0		0	1	40
Angulo hasta 15°	1	1	1		0	3	3		0		0	1	1
Angulo 16° a 45°	4	1	4		0		0	3	12	2	8	1	4
Angulo 46° a 60°	4	1	4	1	4		0	3	12	2	8	1	4
Angulo 61° a 90°	2		0	1	2		0	3	6	3	6	1	2
Retención	2		0		0		0	3	6	3	6	1	2
TOTAL			49		6		123		36		28		53

ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS

ANEXO B23 RESUMEN GENERAL DEL VALOR REFERENCIAL

PROYECTO : LINEA EN 138 KV MAJE-CAMANA y SUBESTACIONES

- I : L.T. 138 kV Maje - Camaná 65 km
- II : Ampliación Subestación Maje en 138 kV
- III : Subestación Camaná 138/50/10 kV 12-15 / 7-9 / 7-9 MVA
- IV : Sistema de Comunicaciones

Julio 2004
Dólar : \$f. 3.48

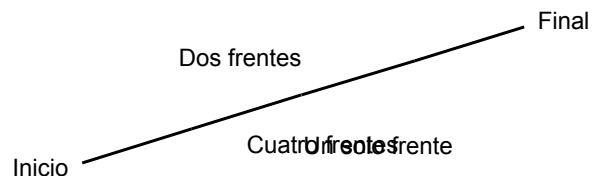
SECCIÓN	DESCRIPCIÓN	I LT 138 kV US\$	II SE Maje US\$	III SE Camaná US\$	IV Sist. Comunic. US\$	TOTAL US\$
A	Suministro de Equipos y Materiales	924 149	37 622 (*)	706 547 (*)	158 659 (**)	1 726 977
B	Montaje Electromecánico	496 579	9 613	85 043	-	571 235
C	Obras Civiles	-	3 053	60 784	-	63 817
D	Transporte de Equipos y Materiales	103 196	-	-	-	103 196
COSTO DIRECTO		1 423 924	50 288	832 364	158 659	2 465 225
	Compensación por Servidumbre	12 350	-	-	-	12 350
	Gastos Generales (10% Costos Directos)	142 392	5 029	83 235	15 866	246 522
	Utilidades (7,5% Costos Directos)	106 794	3 772	62 427	11 899	184 892
COSTO TOTAL sin I.G.V.		1 685 460	59 088	979 016	186 425	2 909 989
	I.G.V. (19% Costo Total)	320 237	11 227	185 823	35 421	552 708
COSTO TOTAL incluido I.G.V.		2 005 698	70 315	1 163 839	221 845	3 461 697
INVERSIÓN TOTAL (US\$)		2 005 698	70 315	1 163 839	221 845	3 461 697

Indices en (U.S. \$/Km. - U.S. \$/MVA)	km de Línea	MVA
	65.56	12
	30.584	96.987

Notas:
(*) Incluye Suministro y Transporte de Equipos y Materiales
(**) Incluye Suministro, Transporte y Montaje de Equipos y Materiales

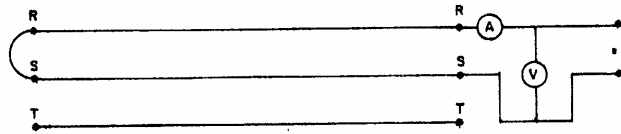
EJECUCIÓN DE OBRA

- Replanteo: Seguimiento en el terreno de la ruta de la línea y modificación según presencia de obstáculos
- Ejecución: Construcción por uno, dos o más frentes, optimización del uso de equipos



EJECUCIÓN DE OBRA

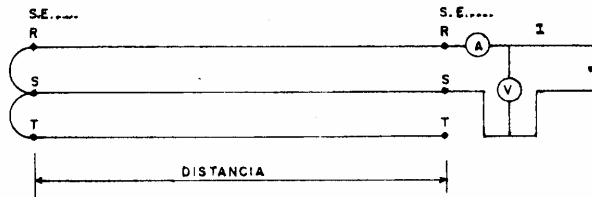
– Pruebas y Puesta en Servicio



Secuencia de Fases

EJECUCIÓN DE OBRA

– Pruebas y Puesta en Servicio



Resistencia por Fase

$$R = V / (2 \times I)$$

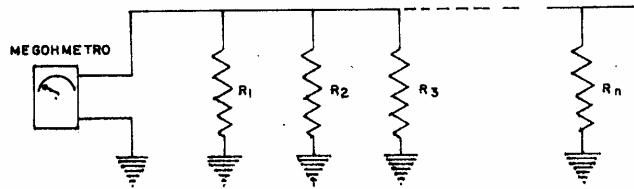
R = Resistencia por fase

V = Tensión medida en el voltímetro

I = Corriente medida en el amperímetro

EJECUCIÓN DE OBRA

– Pruebas y Puesta en Servicio



Resistencia Dieléctrica

$$R_c = n R$$

R_c = Resistencia de la cadena de aisladores

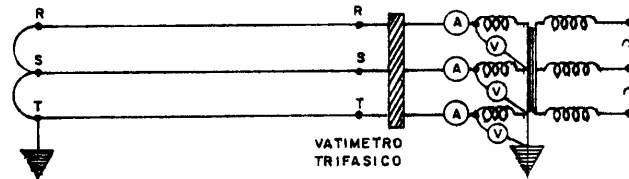
n = Número de cadenas de aisladores por fase del tramo

que se mide

R = Resistencia medida con el megóhmetro

EJECUCIÓN DE OBRA

– Pruebas y Puesta en Servicio



Impedancia Directa

$$Z = V / I$$

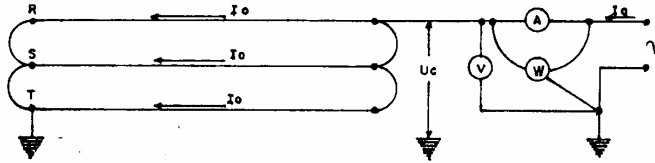
Z = Impedancia directa/fase

V = Valor de tensión medida

I = Valor de la corriente medida

EJECUCIÓN DE OBRA

– Pruebas y Puesta en Servicio



Impedancia Homopolar

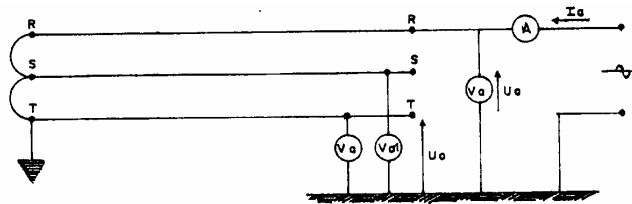
$$Z_o = U_a / I_o$$

$$Z_o = 3 U_a / I_a$$

Impedancia homopolar, Ω / fase

EJECUCIÓN DE OBRA

– Pruebas y Puesta en Servicio



Impedancia Mutua y Propia

Impedancia Mutua (Z_m)

$$Z_m = U_o / I_a , \Omega / \text{fase}$$

Impedancia Propia (Z_a)

$$Z_a = U_a / I_a , \Omega / \text{fase}$$

EJECUCIÓN DE OBRA

Pruebas y Puesta en Servicio

- Prueba de tensión graduada
- Prueba de tensión brusca
- Prueba en cortocircuito
- Prueba de funcionamiento
- Pruebas de comunicación
- Pruebas de protección
- Repuestos y herramientas
- Documentación técnica

DEFINICIONES SLUMP - SI

Correcto	Incorrecto
volt	voltio
ampere	amperio
watt	vatio
kV	Kv
MVA	Mva
1 245,22	1,245.22
Tensión	Voltaje
Corriente o Intensidad de Corriente	Amperaje
Potencia	Wattaje o Vataje

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES SLUMP - SI

MAGNITUD FÍSICA	DESIGNACIÓN O NOMBRE	SÍMBOLO INTERNACIONAL
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de materia	mol	mol
Frecuencia	hertz	Hz
Fuerza, peso	newton	N
Presión, tensión mecánica, módulo de elasticidad	pascal	Pa
Energía, trabajo, cantidad de calor	joule	J
Potencia, flujo de energía	watt	W
Potencial eléctrico, tensión eléctrica, diferencia de potencial eléctrico, fuerza electromotriz	volt	V
Capacitancia eléctrica	farad	F
Resistencia eléctrica	ohm	Ω
Conductancia eléctrica	siemens	S
Temperatura Celsius	grado celsius	$^{\circ}\text{C}$
Flujo luminoso	lumen	lm
Volumen	metro cúbico	m^3
Iluminación	lux	lx
Energía eléctrica	kilowatt hora	kWh
Potencia aparente	volt ampere	VA
Potencia aparente	kilovolt ampere	kVA
Potencia reactiva	var	var
Potencia reactiva	kilovolt ampere reactivo	kVAR
Inducción magnética	tesla	T
Superficie o área	metro cuadrado	m^2