

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



**ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE CONDUCTORES
ELECTRICOS NORMALIZADOS NYY y NAYY UTILIZADOS
EN REDES SUBTERRANEAS**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

ANGEL GREGORIO PAZ CHAVEZ

PROMOCION

1986-I

LIMA – PERU

2011

**ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE CONDUCTORES
ELECTRICOS NORMALIZADOS NYY y NAYY UTILIZADOS
EN REDES SUBTERRANEAS**

*A Jehová el todopoderoso por guardarme
y permitir mi existencia,
Mis padres por darme la vida, consejos y
formarme en mi persona,
Mis hijos por ser el segundo motivo
después de Dios para vivir,
Mis hermanos por su apoyo incondicional
en todo momento y
Mis amigos por el aliento que me daban
en el preciso momento que lo necesitaba.*

PRÓLOGO

El presente Informe Profesional, considera elementos que apuntan a determinar algunos aspectos técnicos y económicos que no siempre son utilizados adecuadamente en el análisis comparativo de conductores eléctricos de cobre y aluminio.

En este contexto, en el capítulo I se describe el objetivo principal, objetivos específicos y el alcance de la tesis.

El capítulo II, se desarrolla el marco teórico, definiendo a los conductores eléctricos normalizados NYY y NAYY, indicando sus características técnicas y sus ventajas.

El capítulo III, se presenta una revisión a la evolución del mercado de los conductores de cobre y aluminio, diversificación de empresas productoras, características del mercado, análisis de la demanda y análisis de competencia..

El capítulo IV, se presenta la aplicación del conductor de aluminio tipo NAYY en un proyecto eléctrico de baja tensión, señalando la ubicación geográfica, la calificación eléctrica, alcances, parámetros considerados, cálculos justificativos, y las especificaciones técnicas de suministro y montaje del mismo.

El Capítulo V, comprende el análisis técnico económico comparativo entre conductores de cobre tipo NYY y aluminio tipo NAYY, que son utilizados en instalaciones de redes subterráneas de baja tensión. Finalmente se enuncian las conclusiones del presente Informe de Ingeniería.

INDICE

SUMARIO	1
CAPITULO I:	
OBJETIVO Y ALCANCE	
1.1 Objetivo	2
1.2 Objetivos Específicos	2
CAPITULO II:	
MARCO TEÓRICO	
2.1 Definiciones	4
2.1.1 Constitución de un cable eléctrico.	6
2.1.2 Materiales empleados en la construcción de líneas aéreas	7
2.2 Aspectos constructivos de los conductores eléctricos	10
2.2.1 Características constructivas del conductor NYY	10
2.2.2 Normas de fabricación y pruebas	11
2.2.3 Características técnicas	12
2.2.4 Características del cable en la Red	13
2.2.5 Ensayos, calibración y recepción	14
2.2.6 Características constructivas del conductor NAYY	14
2.2.7 Características del cable en la Red	16
2.2.8 Ensayos, calibración y recepción	17
2.2.9 Normas de fabricación y pruebas	17
2.2.10 Características técnicas	19
CAPITULO III:	
ESTUDIO DE MERCADO	
3.1 Importancia del precio del metal en la elección de conductores.	20
3.2 Producción mundial de cobre y aluminio.	20
3.3 Concentración de la oferta.	20
3.4 Margen de expansión.	21

3.5	Diversificación de empresas productoras.	21
3.6	Diversificación de productos.	21
3.7	Características del mercado.	23
3.8	Análisis de la demanda.	23
3.9	Análisis de la competencia.	25

CAPITULO IV:

APLICACIÓN DEL CONDUCTOR DE ALUMINIO NAYY EN UN PROYECTO ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN

4.1	Generalidades	28
4.1.1	Ubicación geográfica	28
4.1.2	Calificación Eléctrica	28
4.2	Alcances	28
4.3	Demanda Máxima de Potencia	28
4.4	Suministro de Energía Eléctrica	29
4.5	Calificación de Vías Públicas y tipos de Alumbrado	29
4.6	Bases de cálculo	29
4.7	Parâmetros considerados	30
4.8	Especificaciones Técnicas de Suministro	31
4.8.1	Cables eléctricos	31
4.8.2	Postes de concreto	32
4.8.3	Pastorales y Abrazaderas	32
4.8.4	Luminarias	33
4.8.5	Equipo accesorio	33
4.8.6	Cinta señalizadora	34
4.8.7	Cruzadas	34
4.8.8	Empalmes y puntas muertas	35
4.9	Especificaciones Técnicas de Montaje	35
4.9.1	Postes de concreto	35
4.9.2	Zanjas	35
4.9.3	Cruzadas	35
4.10	Cálculos justificativos	36
4.10.1	Caída de tensión	36
4.10.2	Instalaciones de alumbrado de vías públicas	37

CAPITULO V:**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE
CONDUCTORES DE COBRE NYY y ALUMINIO NAYY**

5.1	Valor Comparativo de Resistividad entre los Conductores de Cobre NYY y Aluminio NAYY	38
5.2	Precios de los cables de energía en el mercado	39
5.3	Caso práctico de aplicación comparativa entre conductos NYY y NAYY	40

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**ANEXOS****BIBLIOGRAFIA**

SUMARIO

El propósito fundamental de este informe de competencia profesional es demostrar si el conductor de cobre normalizado tipo NYY ó el de aluminio tipo NAYY, es económico y ventajoso para ser utilizado en instalaciones de redes eléctricas subterráneas de baja tensión. Para lograr esto fue necesario un estudio sustentado en investigaciones documentales y de campo.

Los resultados obtenidos en los diferentes ámbitos de estudio han sido satisfactorios; en el estudio de mercado se pudo percibir una brecha positiva entre la demanda y la oferta de conductores de aluminio, lo cual demuestra que existe un mercado potencial para su aplicación. Asimismo, el estudio técnico permitió conocer la comparación tecnológica de los materiales para su instalación en las redes subterráneas. El estudio de costos observó la existencia de un rendimiento aceptable para llevar a cabo estos trabajos que benefician y dan ventaja frente a la utilización del conductor de cobre.

Los trabajos con electricidad implican la utilización de cables que permitan una óptima conducción para producir efectos beneficiosos.

Antes los sistemas eléctricos de distribución y de baja tensión sólo utilizaban conductores de cobre. Desde el año 1940 aproximadamente, en países industrializados se hizo notoria la presencia de conductores de aluminio en dichas instalaciones, en función básicamente del menor peso y menor costo de la inversión inicial.

No obstante, el desempeño a través del tiempo de vida de las instalaciones así como el ambiente donde son instaladas son puntos importantes a considerar al momento de evaluar la conveniencia de emplear cobre o aluminio en una línea eléctrica.

CAPITULO I

OBJETIVO Y ALCANCE

1.1 Objetivo

El Objetivo principal de este informe profesional es demostrar que tipo de conductor eléctrico normalizado: de cobre (NYY) ó de aluminio (NAYY), es más económico y ventajoso para ser utilizado en instalaciones de redes eléctricas.

1.2 Objetivos específicos

Cumple con lo siguiente:

- Buena tecnología.
 - Aceptabilidad económica.
 - Demostraremos que el costo de ejecución de obras, usando los conductores de aluminio NAYY es conveniente.
 - Demostrar que trabajar con el conductor de aluminio es la alternativa definitiva.
- Este informe profesional, está basado en la experiencia diaria realizada en el campo, y aportará conocimientos importantes a la ingeniería.

El tema se presenta en el distrito de Cieneguilla, provincia y departamento de Lima cuando desempeñaba la labor de Residente de Obra en Redes subterráneas de Media y Baja Tensión para una inmobiliaria conocida.

En el transcurso de la ejecución de dicha obra, el ingeniero residente de la empresa inmobiliaria, me consultó que a un 1,0 Km. de distancia la inmobiliaria había comprado un predio de 5,0 hectáreas y ésta tenía un pozo de agua (ésta fue el motivo de la compra), y habían equipado una caseta de bombeo de agua a la que se tenía que dotar de energía eléctrica.

Fuí al predio a inspeccionar y ver la factibilidad eléctrica, y en efecto a 360,0 metros del predio había una S.A.B. (Sub estación Aérea Biposte) que era el punto de factibilidad eléctrica.

Con esta información la inmobiliaria solicita a la empresa concesionaria LUZ DEL SUR un suministro eléctrico para una potencia contratada de 18,0 kW.

La inmobiliaria, nos encarga que hagamos los estudios y ejecución de esta pequeña obra, acondicionándonos que el conductor a calcular sea el NAYY (conductor de aluminio), por que ellos ya sabían que su costo era ventajosamente cómodo en comparación con el conductor NYY (conductor de cobre).

También le mostraremos un proyecto eléctrico de redes de distribución subterráneas en baja tensión, de una urbanización en la que se ha proyectado conductores NAYY (conductor de aluminio).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Definiciones:

a) Resistencia.-

La resistencia es la oposición que cualquier material ofrece al paso de la corriente eléctrica. Aunque su estudio se remonta a los primeros descubrimientos eléctricos, no se interrelacionó con las otras magnitudes eléctricas hasta que George Simón Ohm formuló su ley fundamental, base de toda la electricidad, que ligaba esta oposición con la tensión o diferencia de potencial y la intensidad que circulaba por un circuito.

$$I = \frac{U}{R} \text{ o bien } R = \frac{U}{I} \quad (2,1)$$

La resistencia (R) de un alambre de sección recta uniforme, es directamente proporcional a su longitud (L), e inversamente proporcional al área transversal (A); también depende de la resistividad del material con que está hecho el alambre. La resistividad se define como la resistencia de un trozo de alambre que tenga la unidad de longitud y la unidad de área transversal. La resistividad establecida en unidades de ohms-centímetros (ohm-cm) se aplica a la resistencia de una determinada clase de alambre de 1,0 centímetro (cm) de longitud y 1,0 centímetro cuadrado (cm²) de sección transversal.

b) Resistividad.- Es el grado de dificultad que encuentran los electrones en su desplazamiento a través de un material.

La resistividad expresada en ohms por pie y por mil circular (abreviado, ohm-mil-pie), se refiere a la resistencia de un alambre conductor de 1,0 pie de longitud y 1,0 mil circular (1 CM) de sección transversal. Un mil circular es el área de un círculo de 0,001 pulgada de diámetro. Para determinar el área transversal de un alambre en mils circular (CM), se expresa el diámetro del alambre en mils (1,0 pulgada= 1000 mils), y se eleva al cuadrado este número. La resistencia (R) de

un alambre conductor de resistividad ρ conocida, y de longitud (L) y sección transversal (A) es:

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ Ohms} \quad (2,2)$$

p = Resistividad	Plata	0,0159 $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
L = Longitud	Cobre	0,0176 $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
A = Sección transversal	Oro	0,0220 $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
	Aluminio	0,0260 $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$
	Acero	0,0720 $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

c) Longitud.-

La longitud de un conductor es directamente proporcional a la resistencia del mismo, ya que los electrones que por él circulan deberán recorrer un trayecto mayor y por tanto necesitarán más energía.

En los sistemas de potencia, con grandes tensiones e intensidades, hacen falta conductores de tamaños considerables para ser capaces de transportar tales energías. Entre los materiales más empleados se halla el cobre, que como cualquier otro metal presenta unas características de maleabilidad. Pero esta adaptabilidad, con conductores de 20mm o 30mm de diámetro, es prácticamente inexistente comportándose los mismos no como conductores flexibles y adaptables, sino más bien, como auténticas varillas rígidas, inutilizables para los menesteres a los que están encomendados.

Así, cuando un conductor excede de un determinado radio o diámetro, ya no se construye macizo, sino con la unión de múltiples hilos formando un cable, que no es más que un conductor compuesto por hilos enrollados en haz para mantener su consistencia mecánica y al mismo tiempo permitir, aún con diámetros considerables, flexibilidades y torsiones adecuadas a su uso.

Si nos centramos en cables, su longitud no coincide con la longitud de los hilos que lo forman, ya que el cable, como conjunto, no tendrá en cuenta el efecto de trenzado al que sí se han visto sometidos cada uno de los hilos que lo componen. Esta es la razón por la que existen dos longitudes: una real (la de los hilos), y una teórica (la del cable), siendo la longitud real mayor que la longitud teórica.

Un cable con una longitud de 1,0 m ($L_{\text{teórica}}$) estará formado por hilos entrelazados o trenzados con una longitud de 1,02m (L_{real}). En consecuencia, el valor de la resistencia real tendría que estar influenciada por este aumento de valor. En

realidad, los fabricantes de cables al realizar sus tablas de valores ya tienen en cuenta esta variación, considerando para el cálculo de la resistencia los valores reales de la longitud.

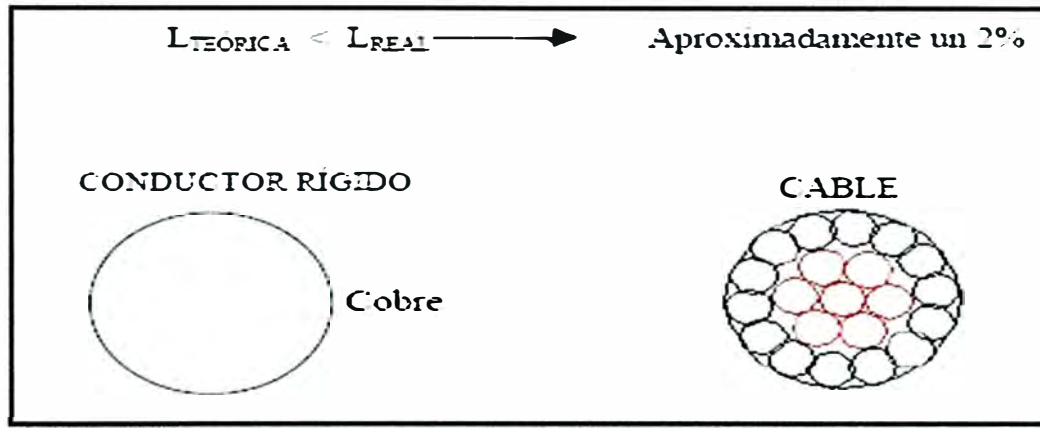


Figura N° 2.1. Conductor rígido y cableado

d) Sección.-

A mayor sección menor resistencia, ya que los electrones disponen de más espacio para circular por el conductor. Aparte, algo parecido a la longitud ocurre con la sección; así, si consideramos la sección del cable en su conjunto ($S_{teórica}$), estaremos añadiendo los espacios entre hilos (aire, pequeños residuos, aceites, etc.) que no están ocupados por cobre. Se tendría que considerar realmente sólo la superficie real (S_{real}), es decir, la verdaderamente ocupada por el material conductor, el cobre.

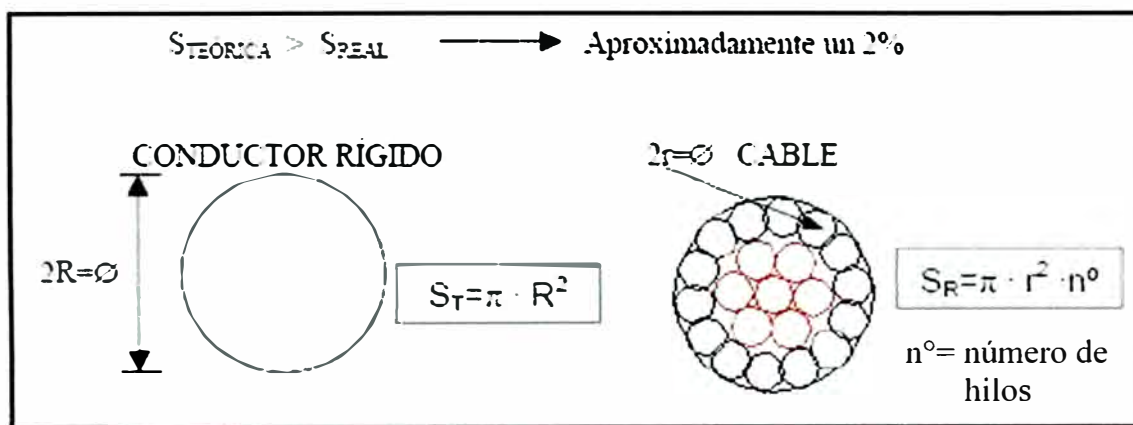


Figura N° 2.2. Área del conductor rígido y cableado.

2.1.1 Constitución de un cable eléctrico.

La sección real es por término medio un 1% o 2% menor que la teórica, lo que repercute en el valor final de la resistencia. También con este parámetro los

fabricantes de cables consideran para el cálculo de los valores que leemos en tablas la sección real. Es decir, las tablas para los distintos materiales ya tienen presente estos desajustes entre los valores reales y teóricos dados en conductores tipo cable.

2.1.2 Materiales empleados en la construcción de líneas aéreas

Cuando el hombre descubrió la electricidad, fue en forma empírica y trató por todos los medios de buscar una relación entre los parámetros eléctricos conocidos a través de una fórmula matemática. Así fue que el físico alemán George Simon Ohm formuló la ley fundamental que relaciona la oposición que ofrece el conductor al paso de la corriente eléctrica y la diferencia de potencial de dicho circuito, esta relación fue la primera fórmula para la ingeniería eléctrica llamada "ley de ohm". Porque después si vinieron formulando muchas más.

Ya con éstas fórmulas matemáticas el hombre podía hacer uso de la energía eléctrica confiadamente. Por esos tiempos ya se conocía al cobre como conductor de energía que era un material dúctil, muy buen conductor y bastante fácil de manejar.

El uso de energía eléctrica se inició de poco a poco de baja tensión y con mucha delicadeza debido a su novedad y por el peligro de electrocutarse.

Con el transcurso del tiempo la demanda fue creciendo ampliándose a las industrias por lo que las secciones de los conductores iban aumentando y aparecía el fenómeno de la caída de tensión. Como consecuencia de estos problemas se inventaron los transformadores elevadores de tensión para transportar la energía eléctrica en alta tensión.

De igual manera la demanda crecía y el conductor de cobre era muy pesado (recordaremos que en baja tensión como en alta tensión la línea de transmisión era aérea), de tal manera que para aumentar la sección de un conductor de cobre habría el riesgo de accidentes debido a que por el gran peso que tiene el conductor de cobre el poste debía soportar el esfuerzo del peso del conductor en la punta a través de las ménsulas o crucetas.

Ante este problema se buscó una solución en usar al aluminio como material conductor por que en orden a su valor de resistividad éste le seguía al cobre. El aluminio tenía todas las ventajas respecto al cobre: era de menor peso, es un buen conductor pero el problema u inconveniente es que es muy débil por que no soportaba el esfuerzo de su propio peso en líneas aéreas. Pero se le mejoró al conductor de aluminio a través de una aleación con silicio y magnesio en un 0,5% respectivamente, formándose un nuevo cable denominado *aleación de aluminio* (AAAC) para vanos normales. Pero para vanos mayores de 700 metros se construyó otro nuevo tipo de cable denominado aleación de aluminio con alma de acero (ACSR).

Queremos hacer notar que en la línea de transmisión de potencia (alta tensión) el conductor de cobre se reemplazó por el de aleación de aluminio en virtud de su menor peso que era aproximadamente la mitad.

Pero ahora, en estos tiempos hemos observado que desde años atrás el cobre como metal a nivel mundial tiene una gran demanda por lo que su costo se ha elevado demasiado y muy notoria, motivo por el cual se recurre al conductor de aluminio puro como alternativa para usar en redes subterráneas (enterrado) y en la industria por medio de tuberías pesadas de PVC o en bandejas adosadas en la pared.

El conductor a usar es el NAYY que es un conductor normalizado de aluminio puro con un aislamiento especial de PVC/A, que es el cloruro de polivinilo y una cubierta exterior de PVC con una temperatura máxima de operación de 70 °C y una temperatura de (corto circuito duración máxima de 5 segundos) 160 °C y para secciones mayores a 300 mm² será de 140 °C.

Con respecto de reemplazar los conductores de cobre por aluminio hacemos notar que:

A comienzos del siglo XIX en líneas de transmisión de potencia (alta tensión) el conductor de cobre fue reemplazado por el conductor de aleación de aluminio solamente por que es más liviano.

En cambio ahora en la actualidad en conductor de cobre es reemplazado por el conductor de aluminio puro por muchas razones y fundamentalmente por su bajo costo.

Veamos algunas de las características eléctricas y mecánicas de algunos materiales susceptibles de ser empleados en electricidad son las siguientes:

- **Cobre:** Resistividad $\rightarrow \rho = 0,0176\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
Densidad $\rightarrow \delta = 8,9 \text{ kg}/\text{dm}^3$
- **Aluminio:** Resistividad $\rightarrow \rho = 0,0260\Omega\text{mm}^2/\text{m}$
Densidad $\rightarrow \delta = 2,7 \text{ kg}/\text{dm}^3$

El primer material que se empleó como sustituto para el cobre fue el aluminio. Es un material con una resistividad mayor que la del cobre, pero sigue siendo buen conductor; es menos pesado y presenta un precio sustancialmente más bajo. Si los comparamos tendremos:

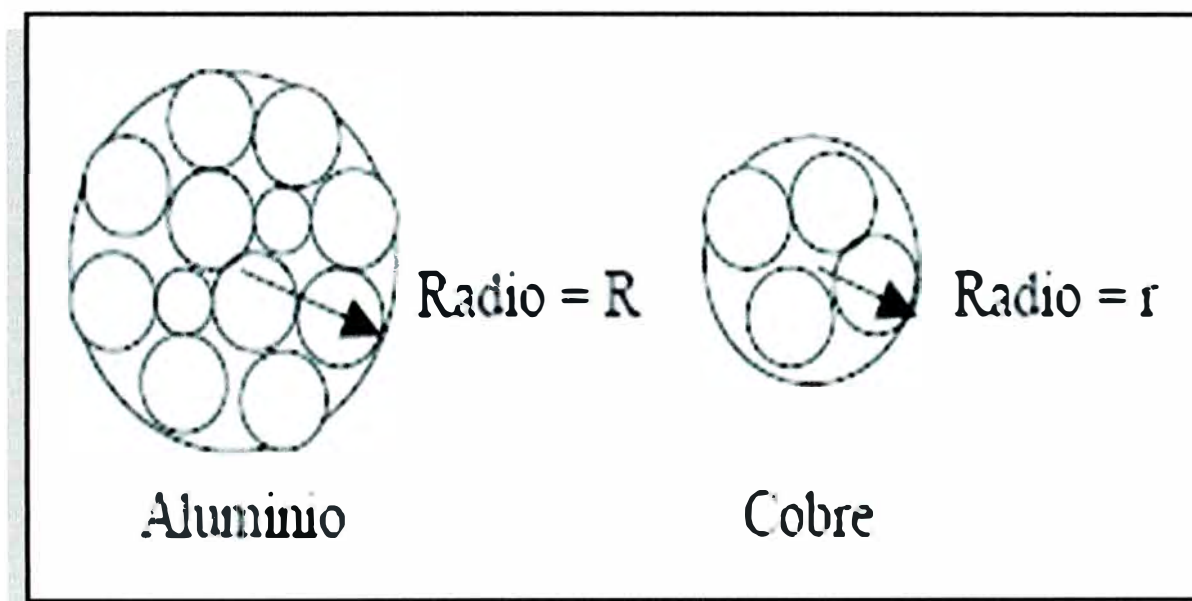


Figura N° 2.3. Radio del Aluminio y Cobre

- A igualdad de resistencia eléctrica, el cable de aluminio será de mayor volumen, debido a que es peor conductor.
- Aún con su mayor volumen, el cable de aluminio será a igualdad de resistencia eléctrica, la mitad de pesado.

Esto es una gran ventaja, tanto para el transporte como para su colocación en las altas torres metálicas.

- También a igualdad de resistencia, el cable de aluminio será más económico que el cable de cobre.
- Menor efecto corona por disponer de más diámetro el cable de aluminio.

2.2 Aspectos constructivos de los conductores eléctricos

2.2.1 Características constructivas del conductor NYY.-

- **Tensión nominal:**

E_0/E : 0,6/1 kV, siendo E_0 y E , respectivamente, la tensión nominal a frecuencia industrial entre el conductor - tierra y entre conductores, para la que ha sido diseñado el cable.

- **Conductor:**

El material es cobre suave, siendo de clase 1, cuando lleva un solo conductor sólido, y clase 2 cuando lleva un conjunto de conductores sólidos en forma de cableado.

- **Aislamiento:**

El material del aislamiento deberá ser un dieléctrico extruido del tipo Policloruro de vinilo (PVC/A), con grado de aislamiento de $E_0/E = 0.6/1$ kV.

La temperatura máxima de operación será de 70 °C y de cortocircuito (duración máxima 5 segundos) de 160 °C (para secciones mayores a 300 mm² será de 140 °C).

- **Cubierta exterior de protección:**

Constituida por una mezcla termoplástica a base de Polivinilo de Cloruro (PVC). En lo referente a otras características, tales como el número mínimo de alambres del conductor, diámetros mínimos y máximo de la cuerda, resistencia máxima a 20°C (W/km), espesores nominales del aislamiento y la cubierta, se ajustarán a los valores correspondientes.

Las características más esenciales de este tipo de cables se indican en la tabla siguiente.

**TABLA Nº 2.1. DATOS TECNICOS DE UN CONDUCTOR ELECTRICO
DE COBRE NYY**

CALIBRE Sección mm ²	Nº HILOS	ESPEORES		DIMENSIONES		PESO (kg/km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE
		Aisla- miento	Cubierta Exterior	Alto	Ancho		ENTERRADO
		mm	mm	mm	mm		A
3-1x6	1	1	1,4	7,8	23,2	324	72
3-1x10	1	1	1,4	8,6	25,7	455	95
3-1x16	7	1	1,4	9,8	29,1	672	127
3-1x25	7	1,2	1,4	11,4	33,9	992	163
3-1x35	7	1,2	1,4	12,4	37,1	1298	195
3-1x50	19	1,4	1,4	14,1	42	1707	230
3-1x70	19	1,4	1,5	15,7	46,8	2339	282
3-1x95	19	1,6	1,5	18,2	54,3	3209	336
3-1x120	37	1,6	1,5	19,9	59,5	3975	382
3-1x150	37	1,6	1,6	21,7	64,9	4836	428
3-1x185	37	2	1,7	24,1	72	6027	483
3-1x240	37	2,2	1,8	27	80,8	7825	561
3-1x300	37	2,4	1,9	29,8	89,3	9736	632
3-1x400	61	2,6	2	33,2	99,4	12336	730
3-1x500	61	2,8	2,1	36,9	110,4	15590	823

2.2.2 Normas de fabricación y pruebas

Los cables considerados, deberán cumplir con las siguientes normas:

Para el conductor:

- IEC 60228 : “Conductor of insulated cables”
- NTP 370.250 “Conductores eléctricos: Conductores para cables aislados”
- IEC 60287-1-1 “Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses – general”.
- IEC 60287-2-1 “Calculation of the current rating- Part 2-1: Thermal resistance- Calculation of thermal resistance”

Para la fabricación y Pruebas:

- NTP 370.255-1: “Conductores eléctricos: Cables de energía con aislamiento extraído y sus accesorios para tensiones nominales desde 1 kV (Um=1,2 kV) hasta 30 kV (Um=36 kV) Parte 1: Cables para tensiones nominales de 1 kV y 3 kV.

- IEC 6052021-1 ; Cables de tensión asignada de 1 kV.
- IEC 60811: “Common test methods for insulation and sheathing materials of electric cables”
- IEC 60332 -1 :” Test on electric cables under fire conditions. Part 1 : Test on a single vertical insulated wire o cable”

Condiciones de Servicio

Condiciones de Instalación.- Normalmente los cables serán enterrados a una profundidad de 0,60 metros y bajo las condiciones siguientes:

- Disposición : Horizontal
 - Temperatura promedio del terreno : 25 °C
 - Resistividad térmica del terreno : 150 °C – cm/W
- a) Sistema de distribución de baja tensión, trifásico con el neutro aislado y con las siguientes características de operación:
- Tensión nominal del sistema : 220 V
 - Frecuencia del sistema : 60 Hz
- b) Sistema de distribución de baja tensión, monofásico de tres conductores con uno de ellos conectado a tierra y con las siguientes características de operación:
- Tensión nominal entre fases y tierra : 220 V
 - Tensión nominal entre fases : 440 V
 - Frecuencia del sistema : 60 Hz

2.2.3 Características Técnicas

a) **Designación.-** El cable será unipolar de tipo NYY. La designación será realizada de acuerdo a la norma NTP 370.255-1:

N : Conductor de Cobre.

Y : Aislamiento ó cubierta de PVC

b) **Conformación.-** Es un cable triplex con cubierta externa individual con secciones del conductor del 6, 10, 16, 25, 70, 95, 120, 185, 300 y 500 mm², en disposición paralela sin trenzar, ubicados de tal forma que permitan un adecuado tendido de las tres fases del cable simultáneamente.

c) **Conductor.**- El material del conductor es cobre suave. Todos los conductores serán de sección transversal circular. Para la sección de 6 y 10 mm², el conductor deberá ser sólido de clase 1 según norma IEC 60228 ó NTP 370.250. Para las secciones de 16 a 500 mm², los conductores deberán ser cableados compactados de clase 2 según IEC 60228 ó NTP 370.250.

d) **Aislamiento.**- Es un dieléctrico extruido del tipo Policloruro de vinilo (PVC/A), con grado de aislamiento de $E_0/E = 0.6/1$ kV. La temperatura máxima de operación será de 70 °C y de cortocircuito (duración máxima 5 segundos) de 160 °C (para secciones mayores a 300 mm² será de 140 °C).

e) **Cubierta Externa**

Los conductores además de su aislamiento, llevarán una cubierta externa de polivinilo de cloruro (PVC), designándole los colores rojo, blanco y negro respectivamente.

f) **Rotulado**

Todos los cables deberán llevar impreso sobre la cubierta, los datos siguientes:

- Designación del cable y sección en mm².
- Tensión de diseño E_0 / E en kV
- Nombre del fabricante
- Año de fabricación
- Metrado correlativo.

2.2.4 Características del cable en la Red

Tensión nominal del cable

La elección de la misma se hará de acuerdo con la tensión más elevada de la red y las características de su sistema de puesta a tierra.

TABLA Nº 2.2. Características del cable en la Red

RED SISTEMA TRIFASICO			CABLE	
TENSION NOMINAL E (Kv)	TENSION MAS ELEVADA Em (kV)	CATEGORIA DE LA RED	TENSION NOMINAL E ₀ / E (kV)	NIVEL DE AISLAMIENTO A IMPULSOS (kV)
1	1,1	ABC	0,6/1	20

Elección de la sección nominal

La sección nominal adoptada será la mayor de las que resulte al tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- Intensidad máxima permanente admisible
- Intensidad máxima de cortocircuito admisible en los conductores en función de la duración del cortocircuito.
- Caída de tensión
- Otras consideraciones no desarrolladas en la presente Especificación Técnica por falta de generalidad tales como: régimen de carga variable, pérdidas eléctricas, alimentaciones alternativas, etc.

Intensidad máxima permanente admisible

Las intensidades máximas permanentes admisibles de las secciones utilizadas de conductores (240 y 150 mm² x Cu, 240, 150, 95 y 25 mm² x Al) para instalación enterrada directamente o instalación al aire se indican, en amperios.

Para condiciones reales de instalación distintas de las tipos reflejadas, los valores de intensidad admisible se afectarán por los coeficientes de corrección correspondientes.

Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor, en función de la duración del cortocircuito

Estas intensidades corresponden a una temperatura alcanzada por el conductor de 160°C, supuesto que todo el calor desprendido durante el proceso de cortocircuito sea absorbido por el propio conductor.

Los valores de dichos coeficientes, en W/km, se refieren a cables unipolares en contacto mutuo dispuestos en triángulo, instalados en ternas, correspondiendo la temperatura máxima de servicio permanente en el conductor a 70°C.

2.2.5 Ensayos, calibración y recepción

Los cables objeto de esta Especificación Técnica se someterán, para su homologación y posterior recepción, a los tipos de ensayos, realizándose los mismos en el laboratorio del fabricante.

2.2.6 Características Constructivas Del Conductor NAYY

- **Tensión nominal:**
E₀/E: 0,6/1 kV, siendo E₀ y E, respectivamente, la tensión nominal a frecuencia industrial entre el conductor y tierra y entre conductores, para la que ha sido diseñado el cable.
- **Conductor:**

El material es Aluminio suave, es de clase 2 porque lleva un conjunto de conductores sólidos en forma de cableado.

- **Aislamiento:**

El material del aislamiento deberá ser un dieléctrico extruído del tipo Policloruro de vinilo (PVC/A), con grado de aislamiento de $E_0/E= 0,6/1$ kV.

La temperatura máxima de operación será de 70 °C y de cortocircuito (duración máxima 5 segundos) de 160 °C (para secciones mayores a 300 mm² será de 140 °C).

- **Cubierta exterior de protección:**

Constituida por una mezcla termoplástica a base de Polivinilo de Cloruro (PVC). En lo referente a otras características, tales como el número mínimo de alambres del conductor, diámetros mínimos y máximo de la cuerda, resistencia máxima a 20°C (W/km), espesores nominales del aislamiento y la cubierta, se ajustarán a los valores correspondientes.

Las características más esenciales de este tipo de cables se indican en la siguiente tabla.

TABLA Nº 2.3. Datos técnicos de un conductor eléctrico de aluminio NAYY

CALIBRE Sección mm ²	Nº HILOS	ESPEORES		DIMENSIONES		PESO (kg/km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE
		Aisla- miento	Cubierta Exterior	Alto	Ancho		ENTERRADO
		mm	mm	mm	mm		A
3 - 1 x 10	1	1	1,4	8,6	25,6	274	54
3 - 1 x 16	7	1	1,4	9,8	29,0	371	70
3 - 1 x 25	7	1,2	1,4	11,4	33,8	517	90
3 - 1 x 70	19	1,4	1,5	15,9	47,5	1082	156
3 - 1 x 95	19	1,6	1,6	18,5	55,1	1466	187
3 - 1 x 120	37	1,6	1,7	20,1	59,9	1747	212
3 - 1 x 185	37	2	1,8	24,2	72,3	2580	269
3 - 1 x 300	61	2,4	2	30,0	89,6	4027	352
3 - 1 x 500	61	2,8	2,2	37,1	111,0	6330	458

Marcas sobre la cubierta

Los cables objeto de la presente Especificación Técnica llevarán una marca

indeleble que identifique claramente al fabricante, la designación completa del cable, y el año de fabricación. La marca podrá realizarse por grabado o relieve sobre la cubierta.

Forma de suministro

El cable se entregará en bobinas de madera de construcción sólida, cuyo radio del tambor sobre el que se arrolle el cable será superior al radio mínimo de curvatura de aquel. Las puntas de los cables estarán debidamente protegidas contra la entrada de agua.

En cada bobina figurará el nombre del fabricante, el tipo y la sección del cable, así como la longitud de la pieza en metros. Se aceptará una tolerancia del 5% sobre la longitud del cable solicitada para cada pieza.

2.2.7 Características del cable en la Red

Tensión nominal del cable

La elección de la misma se hará de acuerdo con la tensión más elevada de la red y las características de su sistema de puesta a tierra.

TABLA N ° 2.4. Características del cable en la Red

RED SISTEMA TRIFASICO			CABLE	
TENSION NOMINAL E (kV)	TENSION MAS ELEVADA Em (kV)	CATEGORIA DE LA RED	TENSION NOMINAL E _c / E (kV)	NIVEL DE AISLAMIENTO A IMPULSOS (kV)
1	1,1	ABC	0,6/1	20

Elección de la sección nominal

La sección nominal adoptada será la mayor de las que resulte al tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Intensidad máxima permanente admisible.
- Intensidad máxima de cortocircuito admisible en los conductores en función de la duración del cortocircuito.
- Caída de tensión.
- Otras consideraciones no desarrolladas en la presente Especificación Técnica por falta de generalidad tales como: régimen de carga variable, pérdidas eléctricas, alimentaciones alternativas, etc.

Intensidad máxima permanente admisible

Las intensidades máximas permanentes admisibles de las secciones utilizadas de conductores (240 y 150 mm² x Cu, 240, 150, 95 y 25 mm² x Al) para instalación enterrada directamente o instalación al aire se indican, en amperios. Para condiciones reales de instalación distintas de las tipos reflejadas, los valores de intensidad admisible se afectarán por los coeficientes de corrección correspondientes.

Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor, en función de la duración del cortocircuito

Estas intensidades corresponden a una temperatura alcanzada por el conductor de 160°C, supuesto que todo el calor desprendido durante el proceso de cortocircuito sea absorbido por el propio conductor.

Los valores de dichos coeficientes, en W/km, se refieren a cables unipolares en contacto mutuo dispuestos en triángulo, instalados en ternas, correspondiendo la temperatura máxima de servicio permanente en el conductor a 70°C.

2.2.8 Ensayos, calificación y recepción

Los cables objeto de esta Especificación Técnica se someterán, para su homologación y posterior recepción, a los tipos de ensayos, realizándose los mismos en el laboratorio del fabricante.

2.2.9 Normas de Fabricación y Pruebas

Los cables considerados, deberán cumplir con las siguientes normas:

Para el conductor:

- IEC 60228 : “Conductor of insulated cables”
- NTP 370.250 “Conductores eléctricos: Conductores para cables aislados”
- IEC 60287-1-1 “Calculation of the current rating – Part 1-1: Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses – general”.
- IEC 60287-2-1 “Calculation of the current rating- Part 2-1: Thermal resistance- Calculation of thermal resistance”.
- NTP 370.255-1: “Conductores eléctricos: Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones nominales desde 1 kV (Um=1,2 kV) hasta 30kV (Um=36kV) Parte 1: Cables para tensiones nominales de 1kV/3kV.
- IEC 6052021-1 ; Cables de tensión asignada de 1 kV.
- IEC 60811: “Common test methods for insulation and sheathing materials of electric cables”

- IEC 60332 -1 :” Test on electric cables under fire conditions. Part 1 : Test on a single vertical insulated wire o cable”

PRUEBAS

Pruebas de rutina:

Serán realizadas sobre toda la longitud del cable y lote fabricado.

Para, la recepción del cable en planta, el número de longitudes ensayadas podrá reducirse según procedimientos acordados por el control de calidad.

Resistencia eléctrica del conductor:

Antes de esta prueba la longitud completa del cable debe permanecer como mínimo 12 horas en un ambiente de temperatura razonablemente constante, de existir inconveniente alguno en cumplir con lo indicado, la resistencia del cable debe ser medido después de que haya permanecido 24 horas en el salón de prueba. El valor medido de la resistencia debe ser corregido a la temperatura de 20°C y a 1 Km. De longitud de acuerdo a la fórmula y factores en la IEC 60228 ó NTP 370.250.

Tensión Aplicada:

Se realizará a temperatura ambiente utilizando una tensión de ensayo a frecuencia industrial de 3,5 Kv, elevándose progresivamente hasta llegar al valor especificado. Previo al ensayo los cables deberán ser sumergidos en agua a temperatura ambiente por una hora para luego ser aplicada a tensión de ensayo por 5 minutos. Para el caso de cables tripolares la tensión será aplicada entre cada conductor aislado y los demás conductores. Alternativamente los cables tripolares pueden ser ensayados en una sola operación utilizando un transformador trifásico con una tensión de 6 KV, entre fases.

Pruebas Tipo:

Serán realizados sobre el cable por una sola vez por cada nuevo fabricante o por cada nuevo tipo de cable solicitado y antes de ser suministrado. Una vez realizados, no es necesario repetirlos a menos que se introduzcan modificaciones en los materiales o en la construcción del cable.

Se concluye que el aspecto constructivo en ambos cables, NYY y NAYY, es lo mismo, sólo que uno es el cobre y el otro aluminio.

2.2.10 Características técnicas

a) **Designación.-** El cable será unipolar de tipo NAYY. La designación será realizada de acuerdo a la norma NTP 370.255-1:

NA : Conductor de aluminio.

Y : Aislamiento ó cubierta de PVC

b) **Conformación.-** Es un cable tríplex con cubierta externa individual con secciones del conductor de 10, 16, 25, 70, 95, 120, 185, 300 y 500 mm², en disposición paralela sin trenzar, ubicados de tal forma que permitan un adecuado tendido del as tres fases del cable simultáneamente.

c) **Conductor.-** El material del conductor es aluminio puro. Todos los conductores serán de sección transversal circular. Para la sección de 10 mm², el conductor deberá ser sólido de clase 1 según norma IEC 60228 ó NTP 370.250. Para las secciones de 16 a 500 mm², los conductores deberán ser cableados compactados de clase 2 según IEC 60228 ó NTP 370.250.

d) **Aislamiento.-**

El material del aislamiento deberá ser un dieléctrico extruído del tipo

Policloruro de vinilo (PVC/A), con grado de aislamiento de $E_0/E = 0,6/1$ kV.

La temperatura máxima de operación será de 70 °C y de cortocircuito

(duración máxima 5 segundos) de 160 °C (para secciones mayores a 300 mm² será de 140 °C).

e) **Cubierta externa**

Los conductores además de su aislamiento, llevarán una cubierta externa de polivinilo de cloruro (PVC), designándole los colores rojo, blanco y negro respectivamente.

f) **Rotulado**

Todos los cables deberán llevar impreso sobre la cubierta, los datos siguientes:

- Designación del cable y sección en mm².
- Tensión de diseño E_0 / E en Kv
- Nombre del fabricante
- Año de fabricación
- Metrado correlativo.

CAPITULO III

ESTUDIO DE MERCADO

3.1 Importancia del precio del metal en la elección de conductores.

Los conductores eléctricos de cobre tienen como alternativa técnica el empleo de conductores de aluminio, la que se puede convertir en rentable si el precio del cobre crece con respecto al del aluminio.

No obstante esta gran variabilidad en el precio del cobre, desde el punto de vista económico, la sustitución del aluminio por el cobre será en función de la relación de precio entre aluminio y cobre.

3.2 Producción mundial de cobre y de aluminio.

Sin duda que otra de las variables relevantes en la variabilidad del precio del cobre es el incremento de la producción mundial de este metal en los últimos años. Sin embargo, se ha dicho, que el precio del aluminio, en los últimos tres años, ha tenido una variabilidad de precio similar. Por esta razón es relevante observar comparativamente la evolución de la producción de ambos metales: cobre y aluminio, en un horizonte de tiempo amplio.

3.3 Concentración de la oferta

El sector peruano de productos eléctricos experimenta una leve reactivación, después de la crisis económica que tuvo lugar entre los años 1998 y finales del 2001. Los participantes más importantes del mercado son las multinacionales y las importadoras que se dedican a la distribución y comercialización de productos eléctricos. Su fortaleza radica en el conocimiento del mercado, las características de los clientes y sus necesidades, factores que determinan el éxito en sus negociaciones al saber seleccionar aquellos clientes a los cuales otorgar crédito y facilidades de pago.

Las expectativas de las empresas frente al comportamiento del sector son positivas, sin embargo, consideran que aún existe mucha inestabilidad, pues la mejoría depende de la situación económica del país y de las políticas del

gobierno, sobre todo en relación con los procesos de privatización, concesiones y la inversión en obras públicas, que pueden convertirse en motor para el sector. Este interés por parte del gobierno permite prever oportunidades importantes en áreas como energía, construcción, minas y telecomunicaciones, que cobran gran importancia por la incidencia directa que tiene en los productos eléctricos.

3.4 Margen de expansión

La tendencia es un mayor consumo de productos importados de marcas alternativas, de buena calidad, los cuales están siendo demandados principalmente por los sectores de electricidad, construcción, minería e hidrocarburos, abriendo un amplio campo de acción para las empresas fabricantes, representantes, distribuidoras y comercializadoras de productos eléctricos. El mercado de este sector se encuentra directamente relacionado con los sectores anteriormente mencionados, y otros sectores económicos en mayor o menor grado, dependiendo de sus características técnicas, del costo, y de las preferencias del consumidor, entre otros factores.

En el caso del segmento de conductores, las empresas locales producen bajo determinadas normas de fabricación, existiendo normas técnicas obligatorias para estos productos, para los demás productos del sector no hay normas que impidan el ingreso.

3.5 Diversificación de las empresas productoras

Las empresas locales fabricantes se caracterizan por ofrecer productos de la misma gama, con similares características, pero con aplicación para diferentes sectores y con estándares internacionales y muy competitivos a nivel mundial.

3.6 Diversificación de productos

La estructura del consumo de productos de eléctricos en Perú ha presentado en los últimos años cambios significativos, reflejando un aumento del portafolio que se observa en cualquier país desarrollado y la necesidad de productos con relaciones calidad/precio superior.

Las empresas del sector, especialmente extranjeras con filiales en Perú se han visto en la necesidad de desarrollar una serie de modelos e innovaciones para poder servir en el mercado, debido a las diferentes marcas que ingresan al mercado especialmente asiáticas y norteamericanas.

Buenas perspectivas para 2011

La industria de productos eléctricos en general cuenta con adecuado nivel de tecnología, similar al de sus pares regionales, lo que le permite ser competitiva regionalmente, proceso liderado por las transnacionales. Asimismo, cuenta con altos niveles de eficiencia lo cual les ha permitido reducir costos para contrarrestar la competencia extranjera. Para el presente año, se estima que la industria de productos eléctricos crecerá, por la reactivación e inversiones que se viene presentando en el sector eléctrico, de construcción, minería e hidrocarburos.

La composición del sector de productos eléctricos esta segmentada y definida de la siguiente manera:

1. **Conductores.** Son productos de diferentes calibres y hechos principalmente de cobre y aluminio, que se utiliza para la conducción de la energía hasta su punto de aplicación con muy pocas pérdidas.
2. **Transformadores.** Son máquinas eléctricas que por el principio de inducción; elevan, reducen o transfieren el nivel de tensión de una señal eléctrica. Están constituidos por bobinados de cobre u otro material y por un núcleo de lámina magnética. El producto de estudio de este segmento es el transformador de dieléctrico líquido.
3. **Equipos de protección y control:** Son dispositivos que permiten la apertura y cierre de circuitos y la ejecución de maniobras de reparación o instalación. Actúan como elementos de seguridad protegiendo tanto equipos como personas, de sobretensiones.
4. **Aparatos de alumbrado:** Son todos aquellos accesorios que se utilizan para dar funcionamiento al alumbrado y a la señalización pública.
5. **Equipos de iluminación:** Son equipos que transforman la energía eléctrica en energía lumínica por medio de fenómenos de incandescencia y luminiscencia. Generalmente consiste en un filamento resistivo, una ampolla de vidrio y una carcasa de fundición.
6. **Aisladores Eléctricos:** Accesorios complementarios de las estructuras eléctricas y demás eslabones que permiten transportar y acumular la energía con una alta calidad.

Por otra parte, el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y la Propiedad Intelectual -INDECOPI-, ejerce influencia en el sector, principalmente en cuanto a

la normalización y registro de marcas.

3.7 Características del mercado

La demanda

La industria de productos eléctricos está articulada con los sectores de electricidad, construcción, minería e hidrocarburos, abasteciéndolos con transformadores, accesorios de alumbrado, conductores y aisladores eléctricos especialmente. Con productos como pararrayos, aparatos de alumbrado y equipos de iluminación (tubos y lámparas), balastos y conductores, se dirige a la industria de la construcción; y para el sector de energía abastece con fusibles, paneles de control, pararrayos, condensadores eléctricos, transformadores, motores y aisladores eléctricos principalmente.

Los clientes de los productos eléctricos, constituyen el sector público (Ministerios y electrificadoras, entre otras) y privado (industriales, comercializadores y distribuidores de productos eléctricos y autoconstructores).

3.8 Análisis de la demanda

Por la estrecha relación que existe entre la demanda de productos eléctricos y los sectores eléctrico, construcción, minas e hidrocarburos de la economía del país; se entra a analizar la demanda relacionada con cada uno de los segmentos que conforman el mercado de productos eléctricos, siendo preciso observar la evolución que ha tenido en los últimos años la demanda y la oferta en el mercado peruano a nivel global.

Sector eléctrico

Mencionado anteriormente, el negocio eléctrico en Perú está compuesto por dos sistemas integrados principales, el Sistema Interconectado Centro Norte-SICN y el Sistema Interconectado Sur-SIS, y una serie de sistemas aislados. Desde septiembre de 2000 los dos sistemas principales están integrados a través de la línea de transmisión Mantaro - Socabaya, dando origen al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional – SEIN.

En conjunto estos sistemas tienen una potencia instalada de 6.070 MW, generan 19.902 GW/h de energía, atienden a 3,3 millones de usuarios finales, reportan unos ingresos de S/5,5 miles de millones y generan utilidades por S/967 millones.

El SICN concentra aproximadamente el 80% de la producción de energía y el

65% de la potencia instalada en Perú, de la cual el 60% proviene de centrales hidráulicas y el 40% de centrales térmicas. Este sistema cuenta además con 5.800 kilómetros de líneas de transmisión principal y distribuye energía a aproximadamente 2,4 millones de clientes finales, de los cuales el 91% son residenciales y el 8% comerciales.

El SIS está compuesto por un mayor número de centrales térmicas, que concentran el 68% de la capacidad instalada y que podrían cubrir casi la totalidad de la máxima demanda. El 32% restante corresponde a centrales hidráulicas. Cuenta con 1.410 kilómetros de redes principales de transmisión en 6 departamentos: Arequipa, Cusco, Tacna, Moquegua, Apurímac y Puno. Distribuye energía a aproximadamente 500.000 clientes, 90% de los cuales son usuarios residenciales.

Por su parte, los sistemas aislados operan de manera independiente a los dos sistemas interconectados, debido a que están ubicados en zonas alejadas o de difícil acceso, por lo cual su integración no es viable económicamente. Estos sistemas tienen una potencia instalada de 1.142 MW, que corresponde a casi el 20% de la potencia instalada en Perú. El 85% de la cual corresponde a centrales térmicas en 1999 tuvieron una producción de 2.097 KW/h de energía, que representa el 11% de la producción total. El número de clientes atendidos por estos sistemas es de aproximadamente 200.000, que en un 95% son usuarios residenciales.

En la zona atendida por el Sistema Interconectado Centro Norte-SICN, la mayor participación de las ventas de energía la tienen los clientes industriales con el 52%, seguidos por el sector residencial con el 27%, el comercial con el 18% y el alumbrado con el 3%.

En la zona atendida por el Sistema Interconectado Sur, la mayor participación en las ventas de energía la tienen los clientes industriales con el 77%, seguido por el sector residencial con el 14%, el comercial con el 6% y el alumbrado con el 3%.

Como ya se mencionó, la Ley de Concesiones Eléctricas de 1992 dio un importante impulso a las inversiones en el sector. Es así como en 2002, el sector energético era el segundo en recibir inversión extranjera después del de comunicaciones, mostrando gran estabilidad en los últimos años a pesar del

descenso del 4% que mostró en 2001, viéndose luego compensando con un incremento del 8.7% en 2002.

3.9 Análisis de Competencia

La Oferta

Estados Unidos, es principal el proveedor de productos eléctricos del mercado peruano. Sin embargo, la composición de los mercados varía según el segmento; En el caso de los productos del segmento de conductores existe una mayor participación de empresas peruanas, pero la mayoría de los otros productos son de carácter importado como se muestra a continuación.

Oferta Local

En el caso de los productos que componen el segmento de conductores, la mayor competencia se encuentra ubicada en Lima, la cual cubre cerca del 90% de la demanda nacional especialmente con productos como cables para energía y telefónicos. Por su parte, la importación se concentró principalmente en cables coaxiales, conductores para tensiones mayores a 1000 voltios y cables de fibra óptica.

Las tres empresas más importantes que abastecen el mercado local de conductores en general, son:

- **INDECO**, fue creada en el año de 1952 por dos ingenieros peruanos: Jorge Cánepa y Alejandro Tabini, con el objeto de fabricar conductores eléctricos para la construcción. Poco tiempo después Cerro Corporation de New York USA suscribió capital incrementando su participación hasta alcanzar el 76% de las acciones de la empresa, transfiriendo posteriormente sus acciones a The Marmon Group, Inc, de Chicago Illinois – USA-. En 1989 la Compañía minera Milpo S.A, uno de los grupos en minería más grandes del Perú, adquirió la participación de The Marmon, y en agosto de 1994, Compañía minera Milpo S.A y Madeco S.A, líder en la fabricación de cables y otras manufacturas metálicas, parte del grupo Luksic de Chile, celebró un acuerdo de fusión con el cual reúnen la mayor capacidad tecnológica y de producción de cables en el Perú.

Los principales clientes de **INDECO S.A** son:

Energía.- Edelnor, Luz del Sur, Electro Nor Este, Egasa, Hidroandina, Electro Sur Medio y Electrocentro.

Minería.- Cía. de Minas Buenaventura, Cía. Minera Milpo, Doe Run Perú, Minera

Yanacocha, BNP Tintaya, Cypruss, Cerro Verde, Telefónica del Perú, ATT Perú,- Telerep Industrial, Famesa, Cementos Lima, Gloria S.A., Cementos Yura, Refinería "La Pampilla" ,Contratistas: GML S.A., Cosapi S.A.,Cobra S.A., Corp. Sagitario, Copesa S.A. y Técnicos Ejecutores.

Dentro de un mercado cada vez más globalizado, donde los acuerdos internacionales de comercio están reduciendo el efecto económico proteccionista de ambas fronteras en ambos sentidos, sumando a la necesidad de lograr mayores economías a escala, la política comercial de INDECO considera como rubro de mucha importancia a las exportaciones, siempre dentro de un marco de prioridad hacia el mercado local.

- **CABLES ELECTRICOS PERUANOS S.A .(CEPER)**

CEPER, fue fundada en 1968 con el nombre original de Pirelli Peruana, por iniciativa del grupo internacional de origen italiano PIRELLI, uno de los más grandes y renombrados fabricantes de cables eléctricos y de telecomunicaciones del mundo.

La fundación de CEPER trajo al Perú la más moderna tecnología para la producción de cables y los más altos estándares de calidad internacionales, así como un estilo de empresa que su personal, íntegramente peruano, ha sabido asimilar y adaptar a las condiciones locales. A lo largo de su existencia, CEPER no sólo ha brindado a sus clientes los cables de alta calidad, sino que además, permanentemente ha introducido al mercado peruano las innovaciones tecnológicas que han aparecido en el mundo; como por ejemplo, el aislamiento de polietileno reticulado químicamente, caso en el que CEPER, inclusive, fue pionero a nivel mundial.

La fabricación de sus productos está certificada por diversas instituciones de prestigio internacional como NACCB (National Accreditation council for certification bodies.), DNV y UL (Underwrites Laboratorios Inc.), entre otras.

La constante preocupación por la calidad de sus productos convirtió a CEPER en la primera empresa peruana y en el primer fabricante de cables en Hispanoamérica en obtener la Certificación Internacional de Calidad ISO 9001. Ante la necesidad de proteger el medio ambiente, CEPER también se convirtió en una de las primeras empresas a nivel mundial en poseer el certificado ISO 14001.

El nivel de calidad, así como la eficiencia y dedicación de su personal son reconocidos más allá de nuestras fronteras por el mercado internacional, ya que CEPER exporta a muchos países alrededor de la mitad de su producción, dando valor agregado al cobre peruano y generando mayor empleo en el país Importadores del sector.

- **CONDUCTORES ELECTRICOS S.A. (CELSA).-**

CELSA fue fundada en 1983. Trabajadores eficientes y una amplia visión empresarial han sido fundamentales en el crecimiento de la empresa. El constante desarrollo e implementación de nuevas tecnologías, han permitido la diversificación de nuestra línea de productos. Dirección: Av. Alexander Fleming 454, Urb. Santa Rosa –Ate, Lima- Perú. Telf.: (051) (01) 326-1372, Fax: (051) (01) 326-1374. Email: info@celsa.com.pe.

- Comercialización de productos para mando, control y protección de circuitos eléctricos.
- Fabricación de celdas y tableros eléctricos para baja y celdas de media tensión.
- Desarrollo e implementación de sistemas de automatización industrial, y fabricación de conductores eléctricos

CAPITULO IV

APLICACIÓN DEL CONDUCTOR DE ALUMINIO NAYY EN UN PROYECTO ELECTRICO DE BAJA TENSION

4.1 Generalidades

4.1.1 Ubicación geográfica

La habilitación urbana, se encuentra ubicado en el distrito de Carabaylo, provincia y departamento de Lima.

4.1.2 Calificación Eléctrica

De acuerdo al certificado de zonificación y vías otorgado por la Municipalidad de Lima, le corresponde el tipo R4 (Zona de Densidad Media).

Según la Norma DGE "Calificación Eléctrica para la elaboración de proyectos de Subsistemas de Distribución Secundaria en zonas semi urbanas, se consideró los parámetros de diseño siguientes:

- DM/ Lote de Vivienda : 900 W
- DM/ Lote de Comercio : 1500 W
- DM/ Lote de Educación : 1500 W

4.2 Alcances:

Comprende el Diseño de las Redes Eléctricas Subterráneas del Subsistema de Distribución Secundaria BT- 0,22 KV e Instalaciones de alumbrado público, con cable subterráneo de 10, 16, 70, 120, y 150 mm², tipo NAYY, para suministrar energía eléctrica en una zona habilitada.

Las Redes del Subsistema de Distribución Secundaria e Instalaciones de Alumbrado Público se han proyectado para instalación subterránea a tensión nominal de 220 V y 60 Hz, trifásico, Cable NAYY.

4.3 Demanda Máxima de Potencia.-

Se ha considerado la demanda máxima de potencia de la manera siguiente:

TABLA N° 4.1. Subsistema de Distribución Secundaria (S.D.S.)

USO	DESCRIPCION	N° DE LOTES	F.S.	DEM. MAX (KW)	TOTAL (KW)
RESIDENCIAL	VIVIENDA	418	0,5	0,9	188,1
ESPECIALES	EDUCACION;	2	1,0	3,0	6,0
	COMERCIAL;	26	1,0	0,9	23,4
	SERV.PUB.	1	1,0	3,0	3,0
	TOTAL	447			220,5

TABLA N° 4.2. Instalaciones de Alumbrado Público (I.A.P)

TIPO	POTENCIA (W)	PERDIDAS(W)	N° LAMPARAS	TOTAL (KW)
VAPOR DE Na	70	11,6	2	0,16
VAPOR DE Na	150	18,6	128	21,58
VAPOR DE Na	250	27,5	0	0
			TOTAL	21,74

4.4 Suministro de Energía Eléctrica.-

El suministro de energía eléctrica se realizará mediante tres subestaciones aéreas bipostes proyectadas:

Sub estación aérea biposte "1" , ubicada en la calle 15.

Sub estación aérea biposte "2" , ubicada en el Parque N° 4 (Calle 6)

Sub estación aérea biposte "3" , ubicada en el Parque N° 5 (Calle 2)

4.5 Calificación de Vías Públicas y tipos de Alumbrado.-

Para la Av. Perimétrica: Calle A, Calle 15 y Calle 10 se considera el tipo de alumbrado III.

Para las futuras Calles y/o pasajes se considera el tipo de alumbrado Público IV y V. En el anexo se adjunta el plano: Instalaciones de alumbrado público, donde se indica el cuadro de niveles de iluminación.

4.6 Bases de cálculo.-

El cálculo de Redes Eléctricas del Sub sistema de Distribución Secundaria y Alumbrado de Vías Públicas, cumple con las siguientes Normas:

- Código Nacional de Electricidad Suministro 2001.
- Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844

- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.
- Norma de Procedimientos para la Elaboración de Proyectos y Ejecución de Obras en Sistemas de Distribución y Sistemas de Utilización en Media Tensión en zonas de Concesión de Distribución R.D. N° 01 8-2002-EM/DGE.
- Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en zonas de Concesión de Distribución R.M. N° 013-2003-EM/DM.
- Norma DGE: Calificación Eléctrica para la elaboración de proyectos de Sub Sistemas de Distribución Secundaria.
- Norma DGE – 015 : Norma de Postes, Crucetas y Ménsulas.
- Norma DGE-019 –T: Norma de Conductores Eléctricos para Redes de Distribución Aérea.

4.7 Parámetros considerados.-

a) Cálculo de caída de tensión

Formula: $\Delta V = 0,001 \times K \times I \times L$

Donde:

ΔV : Caída de tensión en voltios.

K : Constante de cable.

I : Corriente en amperios.

L : Longitud en metros.

TABLA N° 4.3. Parámetros Considerados

SECCIONES (mm ²)	2-1x10 NA YY	3-1x16 NA YY	3-1x70 NAYY	3x120 NA YY
K	0,3309	0,3077	0,2624	0,2514

b) Caída de tensión permisible

La caída de tensión, entre la salida del tablero de distribución de baja tensión con el extremo terminal más alejado de la red no excede el 5% de la tensión nominal.

c) Factor de potencia (Cos ϕ)

c.1) Cargas de servicio particular : 0,95

c.2) Cargas Especiales : 0,95

c.3) Cargas alumbrado público : 0,9

d) Factor de Simultaneidad (Fs)

d.1) Cargas de servicio particular

d.1.1 Especiales : 1,0

d.1.2 Vivienda	:	0,5
d.1.3 Comercio	:	1,0
d.2) Cargas de alumbrado público	:	1,0

e) Capacidad de Corriente en Condiciones Normales de Operación.-

La capacidad de corriente en condiciones normales de operación son las siguientes:

TABLA N° 4.4. Capacidad de Corriente en condiciones normales de Operación

SECCION NOMINAL (mm²)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
2-1X10 NAYY	54
3-1X16NAYY	70
3-1X70 NAYY	156
3-1X120 NAYY	212
3-1X240 NAYY	352

4.8 Especificaciones Técnicas de Suministro SDS-IAP

Las siguientes especificaciones técnicas indican las características mínimas que deben cumplir los materiales y accesorios comprendidos en el presente proyecto.
SUB SISTEMA DE DISTRIBUCION SECUNDARIA E INSTALACION DE ALUMBRADO PÚBLICO.

4.8.1 Cables eléctricos:

- Material: Aluminio puro
- Clase: ST2
- Aislamiento: De Policloruro de vinilo PVC/A
- Cubierta: De polivinilo de cloruro PVC
- Tipo: NAYY (Colores blanco, negro y rojo)
- Tensión de Diseño: 0,6/1,0 KV
- Temperatura de operación: 70 °C, 160°C en cortocircuito.
- Sección (10 y 16 mm²): Tipo de aluminio sección circular cableado compacto.
- Sección (70 y 120 mm²): Tipo de aluminio sección circular cableado compacto.
- Norma Edelnor S.A.A. : E-BT-001 (CD-1-022)
- Secciones utilizadas: 2-1x10 mm², 3-1x16 mm², 3-1x70 mm², y 3-1x120 mm².

Derivación a postes:

La derivación a las unidades de servicio público con cable NYY de 2-1x 6 mm² empalmándose con cable concéntrico de 4 mm² hasta la luminaria. Las acometidas empalmadas de cable alimentador deberán equilibrar las cargas en las tres fases del cable.

4.8.2 Postes de concreto

Los Postes de concreto armado se fabricarán por el sistema de centrifugación o vibración. Deberán cumplir con las Normas siguientes:

ITINTEC 339.027 : Para diseño, fabricación y prueba.

DGE015 –T: Para diseño, fabricación y prueba.

TABLA N° 4.5. Postes de Concreto

Altura (metros)	Esfuerzo en la punta (Kg)	Diámetro en la punta (mm)	Diámetro en la base (mm)
7	200	150	255
8	200	150	270
9	200	150	285

4.8.3 Pastorales y Abrazaderas

a) Pastoral PS/1,50/1,90/1,5" D

Material : Tubo de acero SAE 1009

Acabado : Galvanizado en caliente

Carga de trabajo : 35 Kg.

Peso aproximado : 12 Kg.

Norma de referencia

Edelnor S.A.A. : AE – 1- 310

b) Pastoral PS/0,26/1,00/1,5" D

Material : Tubo de acero SAE 1009

Acabado : Galvanizado en caliente

Carga de trabajo : 14 Kg.

Peso aproximado : 7 Kg.

Norma de referencia

Edelnor S.A.A. : AE – 1- 310

c) Pastoral PS/3,20/3,40/1,5" D

Material : Tubo de acero estructural ASTM –A36

Acabado : Galvanizado en caliente

Carga de trabajo : 35 Kg.

Peso aproximado 26 Kg.

Norma de referencia

Edelnor S.A.A. : AE – 1- 310

d) Abrazadera simple 1,5" D

Material : Platina de acero SAE 1009

Acabado : Galvanizado en caliente

Tipo : 4

Peso aproximado 35 Kg.

Norma de referencia

Edelnor S.A.A. : AE – 1- 310

4.8.4 Luminarias

Las Luminarias aprobadas tienen las siguientes características:

Carcasa de aluminio o de poliéster reforzado con fibra de vidrio, pantalla reflectora cubierta de acrílico transparente, recinto porta accesorios, porta lámparas vibrante con rosca E-27 y E-40, pernería con cierre de acero inoxidable y cableado interior con conductores de aislamiento tipo silicona del N° 16 AWG.

La luminaria se conectará a la red de alumbrado público, mediante conductor 2x2.5 mm² de sección, tipo TWT y conectores de derivación tipo perforación.

Clasificación fotométrica:

Tipo II mediana haz semi recortado para lámparas de vapor de sodio de 250 W, 220 V, 60 Hz, de alta presión, con casquillo E-40, de fabricación JOSFEL S.A.

Tipo III mediana haz semi recortado para lámparas de vapor de sodio de 150 W, 220 V, 60 Hz, de alta presión, con casquillo E-40, de fabricación JOSFEL S.A.

Tipo II mediana haz semi recortado para lámparas de vapor de sodio de 70 W, 220 V, 60 Hz, de alta presión, con casquillo E-27, de fabricación JOSFEL S.A.

Las luminarias llevan incorporados porta fusibles de 10A con fusibles de plomo de 2A, y homologados de acuerdo a las nuevas Normas de Edelnor S.A.A. para todas las potencias de lámparas.

4.8.5 Equipo accesorio

Reactores.- Las lámparas de vapor de sodio operarán a una tensión nominal de 220 v, 60 Hz y cumplirán con las siguientes características:

TABLA N° 4.6. Potencia y consumo de la lámpara.

TIPO DE LAMPARA	SODIO		
	POTENCIA DE LA LAMPARA(w)	250	150
CONSUMO DE REACTOR (w)	26,5	18,5	11,5

Tendrán un acabado exterior totalmente hermético, blindado o cubierto por resina a prueba de humedad o contaminación ambiental.

Condensadores.- Operarán a una tensión nominal de 220 V y tendrán las características siguientes:

TABLA N° 4.7. Potencia y capacidad del condensador.

TIPO DE LAMPARA	SODIO		
	POTENCIA DE LA LAMPARA(w)	250	150
CAPACIDAD (F)	30	20	10

Características de las lámparas

Las luminarias deben estar previstos del sistema de fijación anti hurto. Es decir, Los equipos estarán fijados con soldadura (Norma de referencia Edelnor S.A.A. : AE-1-525).

TABLA N° 4.8. Potencia, flujo luminoso y vida útil de la lámpara.

TIPO DE LAMPARA	SODIO		
	POTENCIA DE LA LAMPARA(w)	250	150
FLUJO LUMINOSO (LUMENES)	32000	16500	6500
VIDA UTIL PROMEDIO (Horas)	12000	12000	12000

4.8.6 Cinta señalizadora

Estas cintas presentan las características siguientes:

Material : Cinta de polietileno de alta calidad y resistencia a los ácidos y álcalis.

Ancho : 5 pulgadas

Espesor : 1/10 mm

Color : Amarillo brillante, inscripción con letras negras que no pierdan su color con el tiempo y recubiertas con plástico.

Elongación : 250 %

4.8.7 Cruzadas

De concreto vibrado de dos vías de 90 mm de diámetro y 1 metro de longitud.

4.8.8 Empalmes y puntas muertas

Directamente enterrados en tierra cernida sin necesidad de ladrillos como protección mecánica. Los empalmes son conectores bimetálicos AMTAC con cinta mastic 210 de 3 M luego cinta 3 M N° 33, y Punta muerta con mastic 210 de 3M y cinta 3M N° 33 hasta proteger los extremos.

4.9 Especificaciones Técnicas de Montaje

Las siguientes especificaciones técnicas indican las consideraciones de montaje mínimas que se deben cumplir para la correcta ejecución de actividades en el presente proyecto.

4.9.1. Postes de Concreto

Los Postes serán izados desde su centro de gravedad sin exceder los esfuerzos de diseño. Estarán enterrados 1/10 de su longitud total y cimentados con mezcla de concreto 1:8 con piedras medianas.

4.9.2 Zanjas

Las dimensiones de las zanjas son:

Profundidad : 0,65 metros

Ancho : 0,60 metros.

Instalación de cable en zanja.

Primera capa : Tierra cernida de 0,05 metros.

Cable : Sobre primera capa

Segunda capa : Tierra cernida y compactada de 0,15 metros

Tercera capa : Tierra compactada sin pedrones de 0,15 metros

Cinta señalizadora : Color amarillo sobre tercera capa

Cuarta capa : Tierra compactada sin pedrones 0,30 metros.

La tierra cernida es obtenida con zaranda de cocada de 1/4", los cables en la misma zanja son instalados con una separación de 0,2 metros entre sistemas.

4.9.3. Cruzadas

De concreto vibrado de cuatro vías de diámetro y un metro de longitud.

Dimensión de la zanja:

Profundidad : 1,20 metros

Ancho : 0,60 metros

Instalación de cruzada

Primera capa	: Solado de concreto, mezcla 1:8 de 0,05 metros de espesor
Cruzadas	: Sobre primera capa
Segunda capa	: Tierra cernida 0,10 metros
Tercera capa	: Tierra cernida compactada sin pedrones
Uniones	: Selladas con anillos de concreto
Extremos	: Taponeadas con yute y brea.

4.10 Cálculos justificativos

4.10.1 Caída de tensión

Fórmula para el cálculo de caída de tensión

$$\Delta V = 0,001 \times K \times I \times L$$

Donde:

ΔV : Caída de tensión en voltios.

K : Constante de cable que depende de la sección del conductor y del sistema de alimentación trifásico.

I : Corriente en amperios

L : Longitud en metros.

TABLA N° 4.9. Tipos de Iluminación

UBICACIÓN	TIPO DE VIA	TIPO DE ILUMINACION RECOMENDADO
INTERURBANA	VIAS EXPRESAS	I
	ARTERIAS PRINC. PRIMARIAS	I,II
URBANA	ARTERIAS PRINC. SECUND.	II
	VIAS COLECTORAS PRIMARIAS	II
	VIAS COLECTORAS SECUND.	II
	CALLES LOCALES	II,III
	CALLES LOCALES RURALES	III,IV
	CALLES COMERCIALES	IV
	ALAMEDA,PASOS PEATONALES,PARQUES PUBLICOS,ETC.	V
CASOS ESPECIALES	CRUCES	
	CURVAS	
	CUESTAS	
	PLAZAS	

La iluminación de parques debe cumplir con las Normas de Alumbrado vigentes, lo cual exige que la iluminación en parque debe ser: Ratio $\geq 0,13$.

4.10.2 Instalaciones de alumbrado de vías Públicas

De acuerdo a la Norma vigente de EDELNOR S.A.A: , AD-1-100, AD-1-400,AD-1-500 de alumbrado público deben de tomarse en cuenta cuatro criterios:

A) Criterio Cuantitativo.- Nivel de luminancia requerido en función de una vía.

B) Criterio Cualitativo.- Uniformidad de luminancia (Calzada uniforme a la vista del conductor). El valor de esta uniformidad se obtiene de la relación: luminancia mínima/luminancia máxima.

- Excelente cuando $\geq 0,8$
- Aceptable entre 0,7 y 0,8
- Mala cuando es menor que 0,7

C) Criterio fisiológico. Es el factor de deslumbramiento el cual debe tenerse en cuenta el grado de control de la luminaria, es decir si es recortada, semi recortada y no recortada.

D) Criterio psicológico. Es el guía visual, es decir de la posición de la luminaria, el piloto puede conocer la dirección de la vía.

De acuerdo a la norma de Alumbrado Público se define los tipos de iluminación y cuáles deben ser usadas según las características de la vía.

TABLA N° 4.10. Iluminación de Parques

NOMBRE DEL PARQUE	POTENCIA INSTALADA (W)	AREA DEL PARQUE(m ²)	RATIO (W/m ²) $\geq 0,13$
PARQUE N°1	450	1127,60	0,39
PARQUE N°2	900	2811,38	0,32
PARQUE N°3	450	858,57	0,52
PARQUE N°4	450	1004,27	0,44
PARQUE N°5	450	960,24	0,46

CAPÍTULO V

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO COMPARATIVO ENTRE CONDUCTORES DE COBRE NYY y ALUMINIO NAYY

Ante las notables diferencias de precios surgidas durante los últimos tres años entre el cobre y el aluminio, se ha visto la importancia de reemplazar el conductor tradicional de cobre por su equivalente en aluminio.

La relación de resistividad eléctrica entre el conductor de aluminio (0,0260 ohm-mm²/m) y el conductor de cobre (0,0176 ohm-mm²/m) es de 1,477, razón por la cual el conductor de aluminio equivalente debe tener un área mayor en dicha proporción, lo que equivale a utilizar conductores de aluminio con calibres mayores a los correspondientes en cobre.

A continuación se presentan los siguientes valores:

5.1 Valor Comparativo de Resistividad entre los Conductores de Cobre NYY y Aluminio NAYY

TABLA N° 5.1. Resistividades.

Material	Resistividad ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)
Cobre suave	0,0176
Aluminio suave	0,0260

El aluminio es un material con una resistividad mayor que la del cobre, pero sigue siendo buen conductor; es menos pesado y presenta un precio sustancialmente más bajo.

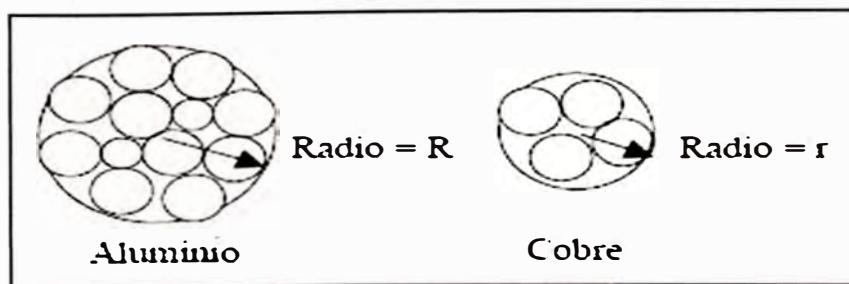


Figura N° 5.1. Comparación entre conductores de cobre y aluminio a igualdad de resistencia

Si los comparamos tendremos que:

- A igualdad de carga eléctrica, el cable de aluminio será de mayor tamaño.
- Aún con su mayor tamaño, el cable de aluminio será a igualdad de carga eléctrica, la mitad de pesado.
- Es una gran ventaja, tanto para el transporte como para su instalación.
- También a igualdad de longitud, el cable de aluminio será más económico que el cable de cobre.

5.2 Precios de los cables de energía en el mercado

Tabla N° 5.2. Precios de cables de energía de cobre NYY

DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNID	PRECIO(\$)
Cable de energía, bipolar tipo NYY 2-1x6 mm ² 0,6/1KV	M	1,50
Cable de energía, tripolar tipo NYY 3-1x6 mm ² 0,6/1KV	M	2,24
Cable de energía, tripolar tipo NYY 3-1x10 mm ² 0,6/1KV	M	3,50
Cable de energía, tripolar tipo NYY 3-1x16 mm ² 0,6/1KV	M	5,60
Cable de energía, tripolar tipo NYY 3-1x35 mm ² 0,6/1KV	M	11,52
Cable de energía, tripolar tipo NYY 3-1x70 mm ² 0,6/1KV	M	21,89
Cable de energía, tripolar tipo NYY 3-1x120 mm ² 0,6/1KV	M	36,27
Cable de energía, tripolar tipo NYY 3-1x185 mm ² 0,6/1KV	M	55,94
Cable de energía, tripolar tipo NYY 3-1x240 mm ² 0,6/1KV	M	86,03
Cable de energía, tripolar tipo NYY 3-1x300 mm ² 0,6/1KV	M	95,63

Tabla 5.3. Precios de cables de energía de aluminio NAYY

DESCRIPCION	UNID	PRECIO(\$)
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x 10 mm ² B.T.	M	1,03
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x 16 mm ² B.T.	M	1,37
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x 25 mm ² B.T.	M	1,98
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x 35 mm ² B.T.	M	2,81
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x 70 mm ² B.T.	M	4,96
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x 95 mm ² B.T.	M	7,60
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x120 mm ² B.T.	M	9,61
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x185 mm ² B.T.	M	11,59
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x 300 mm ² B.T.	M	17,19
Cable de energía tipo NAYY, 3 -1x 500 mm ² B.T.	M	28,57

5.3 Caso práctico de aplicación comparativa entre conductos NYY y NAYY

El caso es que se tiene que alimentar una bomba de 18 kw de potencia, que se encuentra a una distancia de 360 m del alimentador de energía.

Datos:

$$P = 18 \text{ kW} = 18,000\text{W}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$L = 360 \text{ m}$$

$$\text{Cos}\phi = 0,85$$

$$\rho_{\text{Cu suave}} = 0,0176 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$\rho_{\text{Al suave}} = 0,0260 \frac{\Omega\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Cálculos:

1. Cálculo de la corriente:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi} \quad (5,1)$$

$$I_{\text{nominal}} = I_n = \frac{18,000 \text{ w}}{\sqrt{3} \times 220 \text{ V} \times 0.85} \quad (5,2)$$

$$I_{\text{nominal}} = 55,64 \text{ A}$$

$$I_{\text{diseño}} = 1,25 I_n$$

$$I_{\text{diseño}} = \mathbf{69,55 \text{ A}}$$

2. Cálculo de la caída de tensión:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times \frac{\rho \times L}{S} \times I_{\text{diseño}} \times \text{Cos}\phi \quad (5,3)$$

Donde:

$$\Delta V < 11 \text{ V}$$

Según Norma $\Delta V < 5\% V_n$

$$V_n = 220 \text{ V}$$

Caso I: Conductor NYY (Cobre suave)

$$\Delta V_{\text{cu}} = \frac{\sqrt{3} \times 0,0176 \times 360 \times 69,5 \times 0,85}{70}$$

$$\Delta V = \mathbf{9,25 \text{ V}}$$

Caso II: Conductor NAYY (Aluminio suave)

$$\Delta V_{Al} = \frac{\sqrt{3} \times 0,0260 \times 360 \times 69,55 \times 0,85}{95}$$

$$\Delta V = 10,07 \text{ V}$$

3. Análisis Económico :

Caso I : Cable NYY (Cobre)

$$\text{Costo} = L \times P.$$

Donde:

L : Longitud del cable.

P : Es el precio unitario del cobre por metro lineal..

Luego :

$$\text{Costo} = 360 \text{ m} \times \text{US\$ } 21,89 / \text{ m}$$

$$\text{Costo} = \text{US \$ } 7\,880,40$$

Caso II : Cable NAYY (Aluminio)

$$\text{Costo} = L \times P.$$

Donde:

L : Longitud del cable.

P : Es el precio unitario del cobre por metro lineal..

Luego :

$$\text{Costo} = 360 \text{ m} \times \text{US\$ } 7,60 / \text{ m}$$

$$\text{Costo} = \text{US \$ } 2\,736,00$$

Analizando la caída de tensión , ambos conductores cumplen con la norma técnica, siendo estos menores que 11 V.

En cuanto a los costos vemos que el conductor de aluminio tipo NAYY representa el 34,7% del costo del cable de cobre tipo NYY, lo , cual es conveniente utilizarlo por el ahorro considerable (65 %).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Del caso práctico presentado en el presente informe de Competencia profesional se concluye en lo siguiente:

- 1) Al comparar los precios de listas de conductores de cobre y de aluminio, se observa que existe una diferencia apreciable en dicho precio expresado en dólares, siendo el conductor de aluminio el más económico.
- 2) Es necesario tomar en cuenta que el precio que nos importa para realizar cualquier análisis comparativo, es el obtenido por las empresas distribuidoras, cuyo valor difiere hasta en un 50% respecto del precio de lista.
- 3) Construir proyectos de electrificación subterránea con cables de aluminio implica ahorros que oscilan entre un 50% a 60%, dependiendo del calibre del conductor a instalar.
- 4) En el pasado, los sistemas eléctricos de distribución y de baja tensión sólo utilizaban conductores de cobre, ahora es más notorio la presencia de éstos conductores de aluminio en dichas instalaciones, en función básicamente de su menor peso y costo.

Recomendaciones

- 1) En la operación de tendido de cable NAYY hay que evitar que el cable sufra golpes de consideración, porque el cable es aluminio suave.
- 2) No permitir que el cable de aluminio tipo NAYY se doble en ángulo menor de 90°, porque los hilos de aluminio tienden a quebrarse, debido a su fragilidad.
- 3) Finalmente, recomendamos que al instalar el cable de comunicación (el que sale del transformador en baja tensión y va a las barras de cobre ubicados en el tablero de control), al llegar a la barra de cobre a través de un terminal bimetálico allí debe dejarse una reserva de dos metros para los futuros mantenimientos.

De igual manera en el mismo tablero a la salida de los interruptores de los circuitos de servicio particular y alumbrado público dejar dos metros de cables para cada circuito para los futuros mantenimientos.

Para que se entienda el por que de los futuros mantenimientos les voy explicar sobre el fenómeno **efecto galvánico**.

Efecto Galvánico

Es un proceso electroquímico en el que un metal se corroe cuando por ella circula una corriente eléctrica. Para nuestro caso los medios son cobre y aluminio en la presencia de la corriente eléctrica como electrolito como se forma una celda galvánica para que metales diferentes, tienen diferentes potenciales de electrodos o de reducción.

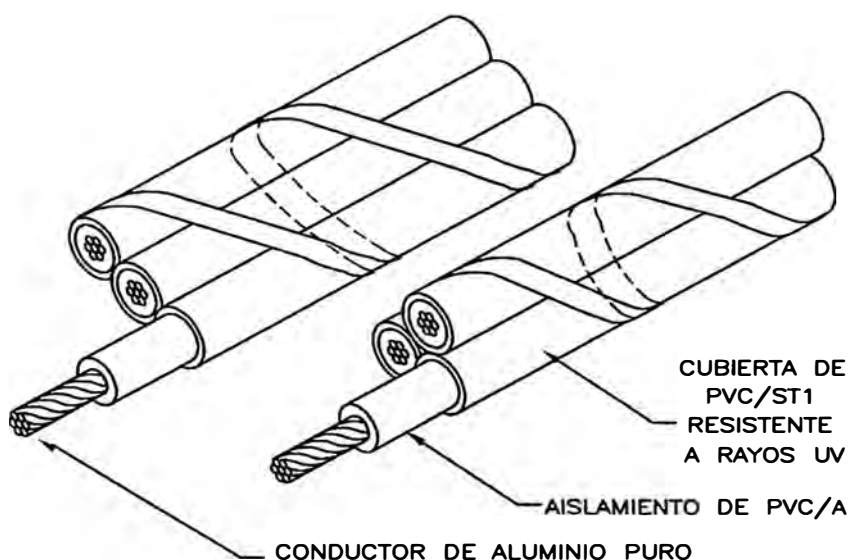
En este caso genérico la corrosión del metal del anódico (el que tiene menor potencial) es el conductor de aluminio por lo que éste va a donar electrones y al cabo de un tiempo va a perder masa y a esto la denominamos corrosión, y el cobre recibe electrones y se protege.

Para este caso al paso de la corriente eléctrica a través del conductor de aluminio al conductor de cobre (barra de cobre) se usarán terminales y/o conectores bimetálicos para retardar el efecto galvánico, en otras palabras para retardar la corrosión.

Se recomienda que cada cinco años aproximadamente se haga un mantenimiento en los terminales y/o conectores.

ANEXOS

Anexo A. Conductor de Aluminio



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- TRES CABLES UNIPOLARES EN DISPOSICIÓN PARALELA, SIENDO SUMINISTRADO DE CUALQUIERA DE LAS DOS FORMAS INDICADAS EN LA FIGURA.
- CONDUCTOR DE ALUMINIO PURO:
 - 10 mm² SOLIDO DE SECCIÓN CIRCULAR CLASE 1
 - 16, 25, 70, 95, 120, 185, 300 Y 500mm² , CABLEADO COMPACTADO DE SECCIÓN CIRCULAR CLASE 2.
- AISLAMIENTO DE PVC/A CON TENSIÓN DE DISEÑO $E_0/E = 0,6/1$ kv.
- CUBIERTA DE PVC/ST1, CON LOS SIGUIENTES COLORES POR CADA FASE: BLANCO, NEGRO Y ROJO, RESISTENTE A RAYOS ULTRAVIOLETAS.

APLICACIÓN

- EN TODA NUEVA INSTALACIÓN DE REDES SUBTERRANEAS, TANTO DE SERVICIO PARTICULAR COMO DE ALUMBRADO PÚBLICO.
- EN INSTALACIONES DE AMPLIACIÓN O RENOVACIÓN DONDE PUEDA SER REQUERIDO.
- COMO CABLES DE COMUNICACIÓN DE POTENCIA A PARTIR DE LA SECCIÓN DE 120mm².

REFERENCIA

- NORMA DE DISEÑO LUZ DEL SUR : CD-1-022
- ESPECIFICACIONES TECNICAS LUZ DEL SUR : DNC-ET-029

Anexo B. Normas Técnicas Peruanas

NTP 370.255-1:2003

-CABLES UNIPOLARES O MULTIPOLARES PARALELOS:

Después de sumergidos en agua por 1 hora, entre cada conductor y el agua.



NTP 370.255:2003

DENOMINACION:

- N** Conductor de cobre
- NA** Conductor de aluminio
- G** Aislamiento y cubierta de Goma (Termoestable)
- Y** Aislamiento y cubierta de PVC, PoliVinilCloruro, (Termoplástico)
- 2Y** Cubierta de PE(PoliEtilenotermoplástico)
- 2X** Aislamiento de XLPE (Cross=XLinkedPoliEtileno)Polietilenoreticulado (Termoestable)
- S** Pantalla de cobre
- SE** Pantalla de cobre sobre cada conductor (multipolares)
- SA** Pantalla de Aluminio
- SEA** Pantalla de Aluminio sobre cada conductor
- C** Conductor concéntrico
- B** Armadura de flejes de acero
- R** Armadura de alambres de acero
- RA** Armadura de alambres de Aluminio
- K** Cubierta de plomo

NTP 370.255-1:2003

CATEGORIAS DE LOS SISTEMAS:

CATEGORIA A: Cualquier fase del cable puesta a tierra se desconecta máximo en un minuto

CATEGORIA B: Aquellos sistemas que operan durante un corto tiempo con una fase puesta a tierra. Este período según IEC 60183 no debe ser mayor a una hora y el acumulado en un año no debe pasar de 125 h

CATEGORIA C: Sistemas que no están ni en la categoría A ni B.

En los sistemas donde una falla no es desconectada pronta y automáticamente el extra esfuerzo en el aislamiento de los cables reduce la vida de estos en grado proporcional a la duración de la falla. En sistemas donde se espera que con cierta frecuencia se operará con una permanente falla a tierra, es recomendable clasificar el sistema como de Categoría C.

NTP 370.255-1:2003

Los valores U_0 recomendados son los siguientes:

TENSION MAXIMA DEL SISTEMA (U_m) (Kv)	TENSION NOMINAL (U_0) (Kv)	
	Categorías A y B	Categoría C
1,2	0,6	0,6
3,6	1,8	3,6*

* Esta categorías está contemplada en la NTP 370.255-2

Los materiales de los conductores son:

- Cobre recocido puro con o sin recubrimiento metálico
- Aluminio puro sin recubrimiento.

De acuerdo a NTP 370.250

NTP 370.255-1:2004 (1a Edición)

CONDUCTORES ELECTRICOS. Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones nominales desde 1 kV ($U_m=1,2$ kV) hasta 30 kV ($U_m=36$ kV) . Parte 1: Cables para tensiones nominales de 1 kV ($U_m=1,2$ kV) y 3 kV ($U_m=3,6$ kV)

NTP 370.255-1:2004

TENSIONES NOMINALES:

Las tensiones nominales U_0/U (U_m) consideradas en esta norma son: 0,6/1 (1,2) kV y 1,8/3 (3,6) kV.

Donde:

U_0 = Tensión entre conductor y tierra o la pantalla metálica

U = Tensión entre fases

U_m = Tensión máxima del sistema en el cual se puede usar el cable.

Anexo C. Detalles del tendido de cables



**Anexo D. Plano Subsistema de Distribución Secundaria e
Instalaciones de Alumbrado Público**

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Patricio Traslaviña, "tecnología eléctrica". Editorial Salesiana, Chile 2009.
- [2] James Stoner, "Administración" Prentice Hall, México 1996.
- [3] Ministerio de Energía y Minas: www.men.gob.pe
- [4] OSINERG: organismo supervisor de la inversión en energía.
- [5] Normas de Fabricación y Pruebas
- [6] NTP 370.250 "Conductores Eléctricos".
- [7] NTP 370.255-1: "Conductores Eléctricos: cables de energía con aislamiento extruído y sus accesorios para tensiones nominales desde 1 kv (um=1,2 kv) hasta 30 kv (um=36 kv) parte 1: cables para tensiones nominales de 1 kv y 3 kv.