

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**“DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN ECONÓMICA ÓPTIMA  
DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60KV  
SEPI-SEPU, DEPARTAMENTO DE UCAYALI”**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. HONORES CASTILLO JEAN CARLOS**

**BACH. RIOS CERNA JOHN ANTHONY**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO EN ENERGÍA**

**Nuevo Chimbote - Perú**

**Noviembre 2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**

---

**HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

El presente proyecto de investigación de Tesis titulado “**DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN ECONÓMICA ÓPTIMA DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60KV SEPI-SEPU, DEPARTAMENTO DE UCAYALI**”. Elaborado por los bachilleres: **HONORES CASTILLO JEANCARLOS** y **RIOS CERNA JOHN ANTHONY** para optar el título profesional de Ingeniero en Energía. Ha contado con el asesoramiento de quien deja constancia de su aprobación. Por tal motivo, firma el presente trabajo en calidad de Asesor.

---

**Mg.. GILMER JUAN LUJAN GUEVARA**  
**ASESOR**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA

---

#### HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

El presente proyecto de investigación de Tesis titulado “**DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN ECONÓMICA ÓPTIMA DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60KV SEPI-SEPU, DEPARTAMENTO DE UCAYALI**”. Elaborado por los bachilleres: **HONORES CASTILLO JEANCARLOS** y **RIOS CERNA JOHN ANTHONY**, para optar el título profesional de Ingeniero en Energía. Revisado y Aprobado por el siguiente Jurado Evaluador.

---

**Mg. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES**  
**PRESIDENTE**

---

**Mg. GILMER JUAN LUJAN GUEVARA**

**INTEGRANTE**

---

**Mg. SEGUNDO NICOLAS DIESTRA**  
**SANCHEZ**

**INTEGRANTE**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
Dirección E.A.P. de Ingeniería en Energía

Teléfono: 310445 - Anexo 1035

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los dieciocho días del mes de enero del año dos mil dieciocho, siendo las doce horas del día, se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 446-2017-UNS-CFI, integrado por los siguientes docentes:

- Mg. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES : PRESIDENTE
- M.Sc. CESAR LUIS LOPEZ AGUILAR : INTEGRANTE
- Mg. GILMER JUAN LUJAN GUEVARA : INTEGRANTE
- Mg. SEGUNDO NICOLAS DIESTRA SANCHEZ : ACESITARIO

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: "DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN ECONÓMICA ÓPTIMA DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60KV SEPI - SEPU, DEPARTAMENTO DE UCAYALI", Elaborada por el Bachiller de Ingeniería en Energía: JOHN ANTHONY RIOS CERNA, teniendo como asesor al docente Mg. Gilmer Juan Lujan Guevara. Terminada la sustentación el estudiante, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con los artículos 39° y 40° del Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y Título Profesional de la Universidad Nacional del Santa, declara:

| BACHILLER               | PROMEDIO | PONDERACIÓN     |
|-------------------------|----------|-----------------|
| JOHN ANTHONY RIOS CERNA | BUENO    | DIECISIETE (17) |

Siendo las once horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

  
Mg. Amancio Rojas Flores  
PRESIDENTE

  
Mg. Segundo Diestra Sánchez  
SECRETARIO

  
Mg. Gilmer Lujan Guevara  
INTEGRANTE



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**Dirección E.A.P. de Ingeniería en Energía**

Teléfono: 310445 - Anexo 1035

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

A los dieciocho días del mes de enero del año dos mil dieciocho, siendo las doce horas del día, se instaló en el Auditorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Energía, el Jurado Evaluador designado mediante **Resolución N° 446-2017-UNS-CFI**, integrado por los siguientes docentes:

- **Mg. AMANCIO RAMIRO ROJAS FLORES** : **PRESIDENTE**
- **M.Sc. CESAR LUIS LOPEZ AGUILAR** : **INTEGRANTE**
- **Mg. GILMER JUAN LUJAN GUEVARA** : **INTEGRANTE**
- **Mg. SEGUNDO NICOLAS DIESTRA SANCHEZ** : **ACCESITARIO**

Para dar inicio a la sustentación y evaluación de la Tesis titulada: "**DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN ECONÓMICA ÓPTIMA DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60KV SEPI - SEPU, DEPARTAMENTO DE UCAYALI**", Elaborada por el Bachiller de Ingeniería en Energía: **JEAN CARLOS HONORES CASTILLO**, teniendo como asesor al docente **Mg. Gilmer Juan Lujan Guevara**. Terminada la sustentación el estudiante, respondió las preguntas formuladas por los miembros del jurado y el público presente.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, en concordancia con los artículos 39° y 40° del Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y Título Profesional de la Universidad Nacional del Santa, declara:

| BACHILLER                    | PROMEDIO  | PONDERACIÓN |
|------------------------------|-----------|-------------|
| JEAN CARLOS HONORES CASTILLO | DIECISEIS | BUENO       |

Siendo las once horas del mismo día, se da por terminado el acto de sustentación, firmando los integrantes del jurado en señal de conformidad.

  
Mg. Amancio Rojas Flores  
PRESIDENTE

  
Mg. Segundo Diestra Sánchez  
SECRETARIO

  
Mg. Gilmer Lujan Guevara  
INTEGRANTE

## DEDICATORIA

*A toda mi familia por su Apoyo Infinito.*

*A John, Mi Padre, mi mejor amigo, mi pata,  
quién me enseña todos los días  
a cómo amar a mi familia.*

*A María Elena, mi madre, mi rebelde Helen  
de quien heredé su irreverencia y alegría.*

*A Debora, mi hermanita,  
siempre tan alegre y bulliciosa.*

*A Karen,  
quien perdió sus llaves aquel día  
y me enseñó que las oportunidades  
se dan una sola vez en la vida.*

*A Mí, Mi Mayor Enemigo.*

*John Anthony Ríos Cerna*

## DEDICATORIA

*A la memoria de mi Padre  
Carlos Honores Paz,  
quién se convirtió  
en mi empuje para no desistir  
en mis metas  
y en dónde se encuentre me guía*

*A mi madre  
Mila Castillo Damián,  
por brindarme el apoyo que necesitaba  
en mi formación profesional*

*A mis hermanas Marleny y Milagros  
por su apoyo incondicional y convertirse  
en motivación para terminar mis estudios.*

*A Karla Chávez Armas,  
por su apoyo incondicional  
y motivación para cumplir  
mis metas propuestas*

*Jean Carlos Honores Castillo*

## **AGRADECIMIENTO**

*A todas las personas que, a lo largo de estos años me ayudaron en mi desarrollo personal y profesional.*

*A Papá, Mamá y Debora por su apoyo infinito, a Karen por estar siempre conmigo alentándome.*

*A todos mis Maestros y Docentes, A profesores Guevara, Escate, Benites, Chucuya, Paz, Neil, Calderón, Risco, Montañez y a todos que no mencioné a ellos, Gracias.*

*John Anthony Ríos Cerna*



## **AGRADECIMIENTO**

*A la Universidad Nacional del Santa quien me brindo el lugar y espacio para adquirir los conocimientos nesecarios en mi formacion profesional.*

*A mi familia por el apoyo afectivo y economico para poder desarrollar mi carrera universitaria y en el desarrollo del trabajo de investigacion*

*A cada uno de mis docentes quienes compartieron sus conocimientos y dirigieron mi formacion profesional.*

*Jeancarlos Honores Castillo*

# Índice

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| Dedicatoria.....                                | vi   |
| Agradecimiento.....                             | viii |
| Índice.....                                     | x    |
| Resumen.....                                    | xii  |
| Abstract.....                                   | xiii |
| <br>                                            |      |
| I. INTRODUCCIÓN                                 | 14   |
| 1.1. Antecedentes                               | 14   |
| 1.2. Formulación del Problema                   | 15   |
| 1.2.1. Situación Actual del Problema            | 15   |
| 1.2.2. Formulación del Problema                 | 18   |
| 1.3. Objetivos                                  | 18   |
| 1.3.1. Objetivo General                         | 18   |
| 1.3.2. Objetivos Específicos                    | 19   |
| 1.4. Formulación de la Hipótesis                | 19   |
| 1.5. Justificación del Trabajo de Investigación | 19   |
| 1.6. Limitaciones del Trabajo de Investigación  | 20   |
| <br>                                            |      |
| II. MARCO TEÓRICO                               | 21   |
| 2.1. Líneas de Transmisión Aéreas               | 21   |
| 2.1.1. Conductores                              | 21   |
| 2.1.2. Aisladores                               | 23   |
| 2.1.3. Soportes                                 | 24   |
| 2.2. Diseño de Conductores de Alta Tensión      | 31   |
| 2.2.1. Ampacitancia                             | 31   |
| 2.2.2. Regulación de Tensión                    | 32   |
| 2.2.3. Resistencia                              | 33   |
| 2.2.4. Inductancia                              | 33   |
| 2.2.5. Admitancia                               | 34   |
| 2.2.6. Capacidad                                | 34   |
| 2.2.7. Conductancia                             | 34   |
| 2.2.8. Efecto Corona                            | 35   |
| 2.3. Determinación de la Sección Económica      | 36   |
| <br>                                            |      |
| III. MATERIALES Y METODOS                       | 37   |
| 3.1 Método                                      | 37   |
| 3.2 Tipo de Investigación                       | 38   |
| 3.3 Variable                                    | 38   |
| IV. RESULTADOS                                  | 39   |
| 4.1 Resultados                                  | 39   |
| 4.2 Discusión                                   | 65   |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES               | 66   |
| 5.1 Conclusiones                                | 66   |
| 5.2 Recomendación                               | 66   |

|                  |    |
|------------------|----|
| VI. REFERENCIAS  | 67 |
| 6.1 Bibliografía | 67 |
| 6.2 Referencias  | 68 |
| VII. Anexos      | 69 |

## **RESUMEN**

En la presente tesis se Determinó la Sección Económica Óptima del Conductor de la Línea de Transmisión de 60 kV SEPI-SEPU, Departamento de Ucayali, haciendo un Evaluación del Sistema de Transmisión Actual, Proponiendo un trazo de ruta de 10.5 km. De longitud para la Nueva Línea de Transmisión Proyectada, Se Determinó Características Eléctricas de Diferentes Calibres de Conductores AAAC y se Evaluó cada uno de ellos si es Económicamente Óptimo el empleo de estos; Determinando como resultado el empleo del Conductor AAAC de 240 mm<sup>2</sup> de sección.

## **ABSTRACT**

In this thesis the Optimal Economic Section of the Director of the 60 kV Transmission Line SEPI-SEPU, Department of Ucayali was determined, making an Evaluation of the Current Transmission System, proposing a path of 10.5 km. Of length for the New Line of Projected Transmission, Electrical Characteristics of Different Gauges of AAAC Conductors were Determined and each of them was Economically Optimal the use of these; Determining as a result the use of the AAAC conductor of 240 mm<sup>2</sup> section.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1. ANTECEDENTES**

Rocha (2005) concluye que en las líneas de transmisión las pérdidas de energía representan el 1.5%; debido a la complejidad de la geometría de tendido del sistema eléctrico en las zonas urbanas a razón de que las reparaciones realizadas no contemplaron como objetivo el cumplimiento de las normas técnicas ya que se encontró parte de los tramos de las líneas dañadas por factores climáticos y fallas propias del sistema de transmisión por efecto corona.<sup>1</sup>

LLENQUE (2013) detalla el Procedimiento Constructivo y de Seguridad para la construcción y puesta en servicio de una línea de transmisión en 60 kV de 32,5 km de longitud que interconectará la Subestación Bayovar y la Subestación Descarga, teniendo en cuenta los criterios de diseño, la ingeniería de detalle, la evaluación de pérdidas que ocurren en las líneas de transmisión para posteriormente realizar toda una evaluación del proceso constructivo de la línea de transmisión en alta tensión en el marco normativo de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas.<sup>2</sup>

Mantilla & Vergaray (2011) Realiza una evaluación económica a las pérdidas de energía eléctrica que se producen en la Línea de Transmisión 138 kV Nepeña – San Jacinto LT-1114, concluyendo que estas se deben al efecto joule, efecto corona y a las fugas de aisladores.<sup>3</sup>

Rivadeneira (2013). Señala que en Diseño de Líneas de Transmisión Cortas (menores a 80 km) y de voltaje inferior a 80 kV, el efecto corona y la capacitancia

de la línea no representan cambios significativos; Aspecto a tomar en cuenta en la presente investigación.<sup>4</sup>

Romero (2010). Concluye en que la elección del conductor de alta tensión para líneas de transmisión de alta tensión obedece a la combinación de los costos iniciales de compra e instalación, con los costos de pérdida de energía que surgen durante la vida económica del conductor eléctrico, señalando la necesidad de expresarlos en valores económicos comparables que son valores que se refieren a un mismo punto del tiempo. De este modo el Costo Total para Instalar y Operar las Líneas de Transmisión en Alta Tensión, expresando en valores presentes es la Suma del Costo Inicial de Instalación en su Longitud Total más el Costo Operativo equivalente a la fecha, osea, el valor presente de las pérdidas durante la vida de N años de la Línea de Transmisión.<sup>5</sup>

## **2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA**

El Ministerio de Energía y Minas, a través de la empresa concesionaria de distribución eléctrica ELECTRO UCAYALI S.A. ejecutó la obra de la Línea de Transmisión 60 kV SET YARINACocha (SEYA) – SET PUCALLPA (SEPU), la misma que fue concluida entre los años 1989 y 1990.

El Ministerio de Energía y Minas, a través de la Resolución Suprema N° 085-95-EM del 30 de octubre de 1995, aprueba la transferencia a ELECTRO UCAYALI S.A. de la concesión definitiva de distribución de

energía eléctrica, señalando como área a los distritos de Callería y Yarinacocha de la provincia de Coronel Portillo, del departamento de Ucayali.

El Ministerio de Energía y Minas, a través de la Resolución Suprema N° 048-96-EM del 13 de junio de 1996, aprueba la transferencia de la concesión definitiva de transmisión de energía eléctrica de la Línea Transmisión 60 kV, SET Yarinacocha – SET Pucallpa (Pucallpa). Durante los procesos de fiscalización de los años 2002, 2003, 2004 y 2005, realizados por La Gerencia de Fiscalización eléctrica del OSINERGMIN, se encontraron deficiencias correspondientes a invasión de la franja de servidumbre y Distancias Mínimas de Seguridad en la Línea de Transmisión 60 KV SEYA-SEPU.

En el año 2003, ELECTRO UCAYALI S.A., realizó el reemplazo de la estructura N° 39 de la línea de transmisión 60 KV SEYA-SEPU, debido a que se encontraba inclinado a consecuencia de las fuertes lluvias que terminaron debilitando la base del poste.

En el año 2005, ELECTRO UCAYALI S.A., contrató los servicios de la empresa C&M Engineering S.A.C. para que reemplace las estructuras N° 43 y 44 de la línea SEYA-SEPU, las que estaban totalmente debilitadas debido a los años de operación y condiciones climatológicas propia de la zona.

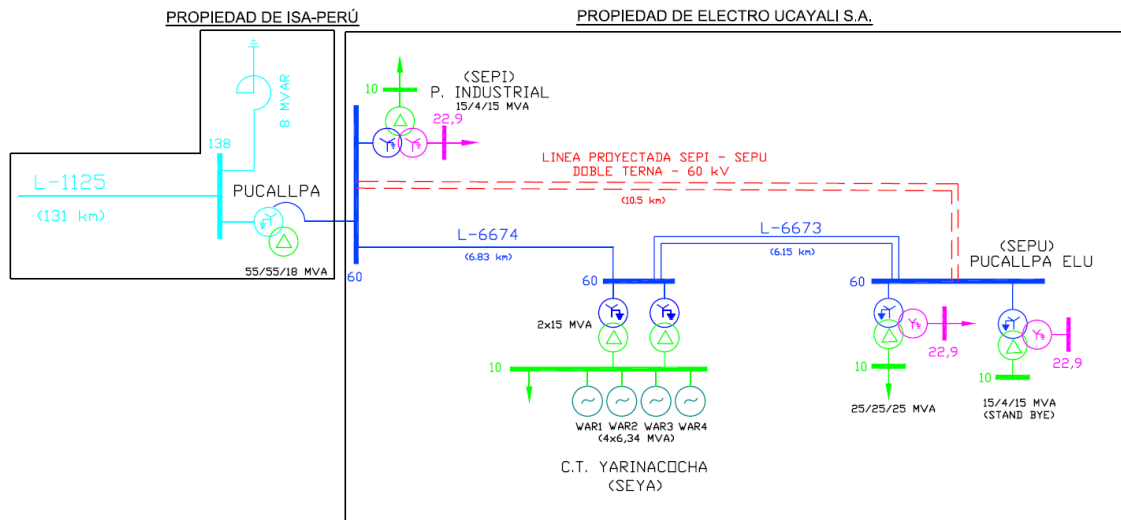
**La línea de transmisión L6673 60 KV SEYA – SEPU**, tiene más de 20 años de antigüedad, lo que significa que ha cumplido su tiempo de vida útil;



actualmente se encuentra observada por OSINERGMIN por presentar serias deficiencia en su infraestructura (deterioro por corrosión) y no cumplir con las distancias mínimas de seguridad exigidas por la norma; por lo que su confiabilidad y seguridad se encuentra con niveles muy bajos.

La Subestación de Potencia Pucallpa (SEPU), actualmente alimentada por la línea de transmisión en 60 KV SEYA-SEPU, abastece una demanda de 24.5MW, representando el 60.4% de la demanda total del sistema eléctrico Pucallpa; esta situación lo convierte en una subestación principal y estratégica para el abastecimiento de energía eléctrica a la ciudad de Pucallpa.

La subestación de potencia Pucallpa (SEPU), por ser una subestación principal, debido a la demanda de potencia que abastece (más del 60% de la demanda total de Pucallpa), no puede ser interrumpida por tiempos prolongados, **por lo que la posibilidad de ejecutar algún proyecto de “MEJORAMIENTO” de la Línea de Transmisión 60 kV SET Yarinacocha – SET Pucallpa, QUEDA DESCARTADO,** toda vez que **AL NO TENER OTRA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE RESPALDO,** se estaría interrumpiendo constantemente y por tiempos prolongados el servicio eléctrico a la ciudad de Pucallpa, para la ejecución de los trabajos de mejora. En consecuencia, es necesario contar con una línea de transmisión que garantice la confiabilidad del sistema eléctrico de Pucallpa.



**Figura 1 Diagrama Unifilar del Sistema Eléctrico Pucallpa. Elaboración Propia**

El presente proyecto comprende la Determinación de la Sección Económica Óptima del Conductor de la Línea de Transmisión de 60kV SEPI-SEPU, desde el pórtico de salida en la SE Parque Industrial (SEPI) al pórtico de llegada en la SE Pucallpa (SEPU).

## 2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

*¿Es óptimo técnico y económicamente el uso de Conductor AAAC en La Línea de Transmisión SEPI-SEPU 60kV, Departamento de Ucayali?*

## 3. OBJETIVOS

### 3.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar La Sección Económica Óptima del Conductor de La Línea de Transmisión 60kV SEPI-SEPU en el Departamento de Ucayali.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Detallar El Sistema de Transmisión Pucallpa.
- Proyectar un Trazo de Ruta para la Línea de Transmisión 60kV SEPI-SEPU.
- Seleccionar Conductores AAAC en función a sus Costos de Instalación, Operación, Mantenimiento; y Determinar la Sección Económica Óptima del Conductor de la Línea de Transmisión SEPI-SEPU.
- Determinar el Ahorro Energético obtenido con la Sección Económica Óptima de la Línea de Transmisión en 60 kV SEPI-SEPU.

### **4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Es Óptima Técnica y Económicamente el empleo de un conductor AAAC con sección mayor a 120 mm<sup>2</sup> en la Línea de Transmisión SEPI-SEPU 60kV, Departamento de Ucayali.

### **5. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

La Tesis se justifica ya que:

- Garantiza la seguridad de las instalaciones eléctricas que sirve para el abastecimiento de energía eléctrica a la Ciudad de Pucallpa.
- Mejora la confiabilidad del Sistema Eléctrico de Transmisión de Pucallpa.
- Subsanan las condiciones sub estándar de seguridad (procesos de fiscalización realizados por OSINERGMIN) de la línea de transmisión existente SEYA – SEPU, para evitar accidentes, procesos sancionadores y multas en contra de la empresa concesionaria de distribución eléctrica.
- Adecuar las instalaciones eléctricas de transmisión al “Procedimiento para la Supervisión de deficiencias en seguridad en líneas de transmisión y en zonas de

servidumbre” aprobado mediante Resolución del Consejo Directivo N° 264-2005-OS/CD del OSINERGMIN.

## **6. LIMITACIONES DEL TRABAJO**

- **AMBIENTALES.-** Debido a que la presente tesis se desarrolla en la región de la selva, se presentaron dificultades a la hora de recorrer la ruta por donde recorrerá la Línea de Transmisión

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 LINEAS DE TRANSMISIÓN AÉREAS.**

La línea de transmisión es el elemento del sistema de potencia que se encarga de transportar la energía eléctrica desde el sitio en donde se genera hasta el sitio donde se consume o se distribuye. (Hayt & Buck 2006)

Las líneas de transmisión como su nombre lo indican son aquellas complejas estructuras que transportan grandes bloques de energía eléctrica dentro de los diferentes puntos de la red que constituye el sistema eléctrico de potencia, son físicamente los elementos más simples pero los más extensos. La clasificación de los sistemas de transmisión puede ser realizada desde muy variados puntos de vista, según el medio: en aéreas y subterráneas.

Una línea de transmisión está constituida básicamente por tres (3) elementos:

- Conductores
- Aisladores
- Soportes

#### **2.1.1. CONDUCTORES.**

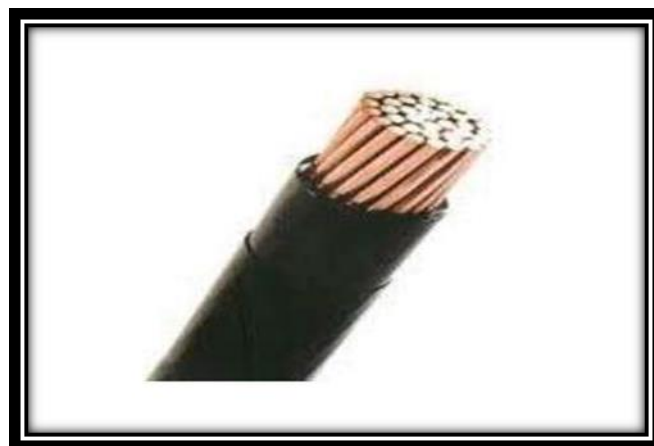
Consiste de un cuerpo o un medio adecuado, utilizado como portador de corriente eléctrica. El material que forma un conductor eléctrico es cualquier sustancia que puede conducir una corriente eléctrica cuando este conductor se ve sujeto a una diferencia de potencial entre sus extremos. Esta propiedad se llama conductividad, y las sustancias con mayor conductividad son los metales. Los materiales comúnmente utilizados para conducir corriente eléctrica son en orden de importancia: cobre, aluminio, aleaciones de cobre, hierro, acero. (Hayt & Buck 2006)



*Figura No. 2. Conductores Eléctricos.*

Factor Eléctrico (2014) Catálogo

La selección de un material conductor determinado **es, esencialmente, un problema económico**, el cual no solo considera las propiedades eléctricas del conductor, sino también otras como: propiedades mecánicas, facilidad de hacer conexiones, su mantenimiento, la cantidad de soportes necesarios, las limitaciones de espacio, resistencia a la corrosión del material y otros. Los metales más comúnmente utilizados como conductores eléctricos son Cobre y Aluminio



*Figura No. 3. Conductor de AAAC para Alta Tensión*

Factor Eléctrico (2014) Catálogo

### 2.1.2. AISLADORES.

Los aisladores en las líneas de transmisión de alta tensión sirven fundamentalmente para sujetar a los conductores, de manera que estos no se muevan en sentido longitudinal o transversal. Como su nombre lo indica, deben evitar la derivación de la corriente de la línea hacia tierra, ya que **un aislamiento defectuoso acarrea pérdidas de energía y en consecuencia un aumento del gasto de explotación comercial del sistema**. Los aislantes cumplen la función de sujetar mecánicamente los conductores a las estructuras que los soportan, asegurando el aislamiento eléctrico entre estos dos elementos. (Hayt & Buck 2006)

Así pues, por algunas décadas, las cualidades eléctricas y mecánicas de los aisladores no deberán ser destruidas, por ninguno de los esfuerzos de todo tipo que estarán sometidos. Además, deberán facilitar todo trabajo que pudiera efectuarse en la línea, aun mantenida en tensión eléctrica, sin perjudicar la recepción de las señales electromagnéticas, radio, televisión y otros, ni la estética si fuera posible. Los aisladores se pueden clasificar desde diferentes puntos de vista, según el material elegido para su manufactura: aisladores de vidrio, porcelana o de plástico.

#### **Aisladores Tipo Espiga, palillo o Pin (Pin Tipe )**

Este tipo de aislantes se caracteriza porque la fijación que hacen del conductor es rígida. Hay variedades en cuanto al tamaño y forma de sujetar al conductor; en su gran mayoría requieren de ligaduras, o sea de hilos del mismo material del conductor que amarren este del aislador, gracias a sus formas exteriores; también los hay que tiene una pinza o mordaza en el tope estos aisladores tiene una rosca interna que aloja la espiga y a ella se ajusta gracias a una caperuza de plomo que se deforma para

asentarse a la cruceta, y sobresale a partir de ella roscada, en una longitud que varía si se trata de cruceta de hierro o madera. No se recomienda ponerlos en ángulos verticales mayores de 4°, ni por supuesto como terminales, amarres o anclajes.



*Figura No. 4. Aisladores Eléctricos*

Inversiones Santeky (2015) Catálogo

### **2.1.3. SOPORTES.**

La función de los soportes es mantener los conductores alejados entre sí y con el suelo, para evitar arcos entre conductores o problemas debajo y al lado de los mismos. La naturaleza de los soportes es muy variada, en los sistemas de transmisión suelen ser metálicos, concreto o madera, y su selección depende de un análisis económico. La materia prima de las estructuras ha diferentes países y buscar costos menores. Los soportes deben ser resistentes a los agentes externos, tales como vientos, nieve, lluvia, etc., y además deben de brindar una facilidad de instalación. (Hayt & Buck 2006)





*Figura No.5. Torres de Alta Tensión*

Cammesa (2013) Archivo Digital

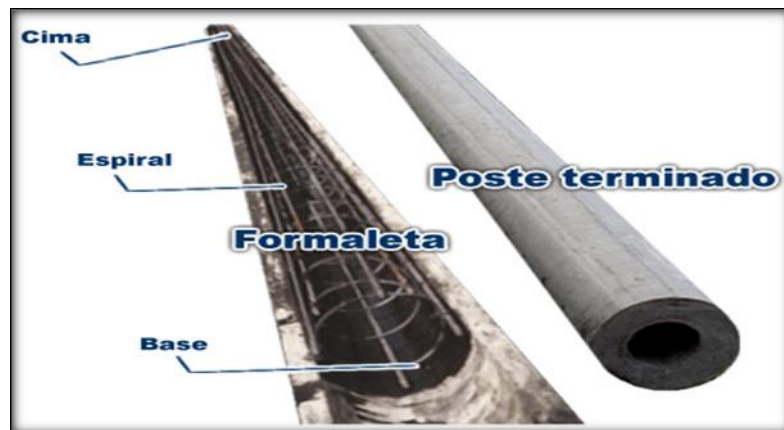
Los soportes son estructuras destinadas para mantener en las líneas de transmisión aéreas, los conductores separados entre sí y de tierra. Los soportes pueden ser básicamente de dos tipos:

### **Postes**

Se designan con este nombre los soportes de poca altura, de cuerpo vertical único; tales como los postes de madera, metal o concreto.

Los postes metálicos se usan en redes y líneas de sub-transmisión, principalmente porque su fabricación está ubicada económicamente con limitaciones de altura. Un poste que excede de 45 pies ya resulta muy pesado además de elástico. Además, estos postes no son auto-soportantes, o sea que siempre van a requerir el complemento de cientos. Eventualmente se usan estructuras las cuales permiten mayores esfuerzos, pero las mismas complicaciones los hace poco competitivos con otras soluciones que permiten vanos mayores; por otra parte es importante el hecho de que al no ser galvanizados sino pintados su mantenimiento es costoso, y deben ser pintados con frecuencia, esto oscila entre 6 meses y dos años, siendo la parte más afectada la

sección de empotramiento y la zona de un metro arriba y debajo de la misma, por lo cual se ha adoptado por recubrir dicha parte con una chaqueta de hierro que va soldada al poste. También en este caso hay un exceso de material, porque la sección que se dan muchas veces es original para evitar aplastamiento y no por los requerimientos del momento flector. El hecho de requerir vientos somete a los postes de hierro a compresiones que no siempre son verticales causando curvaturas.



*Figura No.6.* Postes de Concreto Centrifugado

Jdelectricos Colombia (2014) Catálogo



*Figura No.7.* Postes de Metal de Alta Tensión Concreto Centrifugado

Sigma S.A (2016) Archibo Digital

## **Torres**

Con el nombre de torres, se denominan a los soportes metálicos de elementos ensamblados, destinados a la mayoría de las líneas de transmisión de energía en alta tensión. Quizá el más difundido de los materiales usados para líneas de transmisión es el acero especialmente en forma de perfiles o ángulos. Existen en países industrializados empresas destinadas exclusivamente a producir una gama muy amplia de perfiles inclusive a producir con resistencias mayores de las normales, con lo cual se logra bajar el peso final de las estructuras. Esto unido a un mercado mundial pone en situación ventajosa a dichas fábricas en los que a costos refiere. En Perú a se importaron torres, hasta hace pocos años, y se inició la construcción de ellas en el país utilizando perfiles nacionales, aunque en los primeros pasos era necesario la importación de materia prima por la poca diversidad de productos de la siderúrgica nacional; esto es un aspecto bastante importante aún hoy en día; y que incide en los costos; porque si bien es cierto que la gama de perfiles es amplia, no puede lograrse que ella sea tan fina como para ajustarse exactamente a los requerimientos de cálculos y deben colocarse perfiles más pesados donde los requerimientos mecánicos permitirían menores secciones de acero. El resultado es una estructura más pesada. (Hayt & Buck 2006)

El acero debe galvanizarse para evitar su deterioro, y este es un proceso que se lleva a cabo en baños en caliente. La capa de zinc que se adhiere íntimamente al acero, lo protege casi indefinidamente. Los diferentes miembros se unen con tornillos también galvanizados, y en los puntos de concurrencia de varios perfiles se utilizan piezas planas o que forman ángulos llamadas cartelas. Los perfiles van perforados al baño galvanizado, para que su protección sea total, y debe evitarse cortes o limaduras a los perfiles terminados pues eso introduce puntos débiles en la estructura.

## Clasificación de los Soportes

Los soportes pueden ser clasificados según:

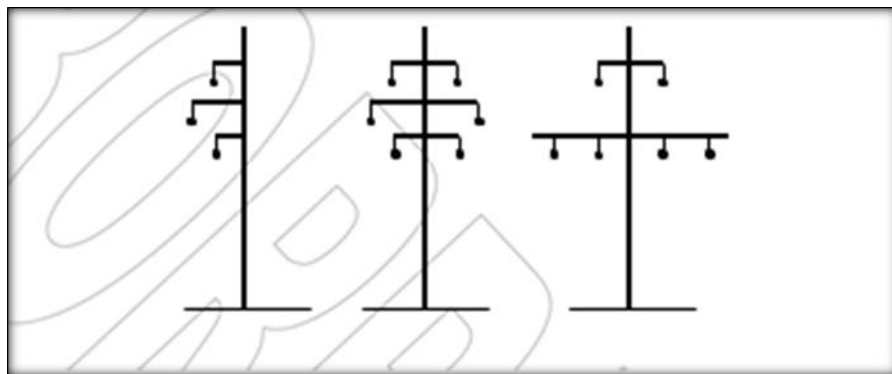
- Su habilitación.
- El tipo de fundación utilizada.
- Su amplitud para resistir los esfuerzo longitudinales.

En los soportes según la habilitación utilizada se distinguen dos grandes clases:

- Sistema de fases Escalonadas.
- Sistema de fases Horizontales.

### Sistema de Fases Escalonadas

En este tipo de torres los conductores se disponen a niveles de altura diferentes. Distinguiéndose las torres de triángulo, de bandera, de doble bandera y de doble triángulo; siendo estas las torres de mayor uso.



*Figura No.8.* Sistema de Fases Escalonadas

Elaboración Propia

El sistema de fases escalonadas comprende esencialmente las torres de cuerpo único vertical, que permiten la utilización de un solo cable de guarda, dispuesto en la parte

superior de la estructura. El cable de guarda cuando existe, permite una buena protección de las fases de la torre contra descargas atmosféricas (rayos).

Este tipo de soportes presenta la ventaja de facilitar el empleo de estructuras isostáticas, o asimiladas (torres de celosía simples o múltiples) permitiendo obtener generalmente cargas iguales, es el tipo de estructura más económica. Este tipo de torre posee el inconveniente, que, al ser utilizadas en grandes tramos, se deben ejecutar estructuras de gran altura, más sensibles a las descargas atmosféricas (rayos) que aquellas con conductores dispuestos de manera horizontal, necesariamente mucho menos elevados; además la estrechez de la estructura en la parte superior no proporciona buena resistencia mecánica a las sollicitaciones de torsión. La segunda clase de soportes es aquella en que los conductores se disponen a un mismo nivel de altura, o en niveles poco diferentes. Entre este tipo de soporte se incluyen: las torres o pórticos de capa horizontal, postes con habilitación de capa abovedada y torres de tipo gato. Estas torres de cuerpo único, están provistas de una viga, en la parte superior, que reposa directamente o por intermedio de patines en los extremos de una horquilla; las dos ramas de esta horquilla están ensambladas en su base, en el cuerpo al mismo nivel, formando lo que se conoce como corsé. Este tipo de torre se dice que es un sistema hiperestático. (Hayt & Buck 2006)

## Sistema de Fases Horizontales

La disposición de las fases en capa horizontal, implica la utilización de dos cables de guarda, los cuales se disponen a ambos lados del eje de la viga, y generalmente desviados hacia las fases exteriores. (Hayt & Buck 2006)

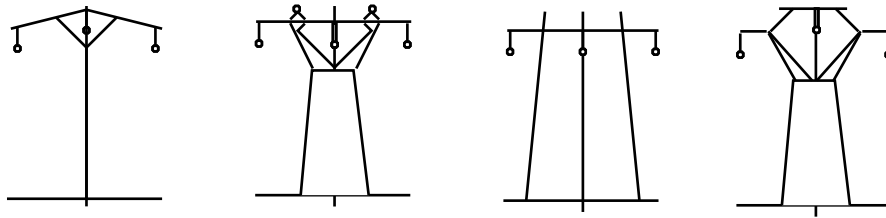


Figura No.9. Sistema de Fases Horizontales

Elaboración Propia

Este tipo de soporte conduce a estructura de menor altura, que la disposición de las fases en varios niveles, reduciendo el riesgo de excitación por descarga atmosférica (rayo). Los riesgos de acercamiento de las fases por efecto del viento son menores en la disposición horizontal.

Por la forma de diseño, las estructuras de este modo, deben resistir una fuerte concentración de esfuerzos horizontales al nivel de la viga. La construcción, fabricación y levantamiento de las *torres de capa horizontal* es menos fácil que las de las torres de fases escalonadas y requiere la utilización de mano de obra más especializada., peso a estos inconvenientes, este tipo de estructura se prefiere frecuentemente para las líneas de 225 y 400 KV, con la posibilidad de cambiar de habilitación en la proximidad de los centros urbanos.

En Perú la utilización de torres de capa horizontal es ampliamente difundida, casi con exclusividad por las líneas de transmisión aéreas de 500kV durante el recorrido de la línea se hacen necesarios cruces muy especiales en que la dimensión de las torres varía.

## 2.2. DISEÑO DE CONDUCTORES DE ALTA TENSIÓN

### 2.2.1 AMPACITANCIA

Para determinar la capacidad de corriente del conductor y las temperaturas de operación para diferentes potencias de transmisión se utiliza el concepto del balance térmico según la norma IEEE 738-1986 “Standard for Calculation of Bare Overhead Conductor Temperature and Ampacity Under Steady-State Conditions”, que es la siguiente:

$$W_c + W_r = W_j + W_i$$

donde:

$W_c$  : Energía disipada por convección

$W_r$  : Energía disipada por radiación

$W_j$  : Energía absorbida por efecto joule

$W_i$  : Energía absorbida por insolación

A efectos de determinar la temperatura máxima en los conductores se deben determinar las siguientes premisas:

Velocidad de viento

Intensidad de radiación solar

Coefficiente de absorción solar

Emisividad del conductor

Temperatura ambiente

Los cálculos de la corriente necesaria para que, el conductor bajo diversas condiciones de temperatura ambiente alcance los siguientes valores de carga y temperatura:

Temperatura ambiente máxima promedio

Temperatura en el conductor

Carga que transportar

Temperatura ambiente máxima

### **2.2.2 REGULACIÓN DE TENSIÓN**

La regulación de la tensión está determinada por el funcionamiento del Sistema Eléctrico es decir cómo se controla los niveles de tensión a la salida de la subestación.

**Los parámetros de la línea de transmisión están determinados por la Inductancia, la capacidad, la resistencia y la resistencia de pérdidas. La resistencia de la línea y su inductancia son los parámetros longitudinales y conforman la impedancia de la línea.**

La capacidad, la resistencia de pérdidas o perditancia son los parámetros transversales de la línea y conforman la Admitancia de la línea. (Norma IEEE 738-1986)

$$z = r + jx_l$$

Donde:

$z$  es la impedancia por km de línea

$r$  es la resistencia del conductor a la corriente alterna y temperatura promedio por km de línea.

$x_l$  es la reactancia por km de línea



**2.2.3 RESISTENCIA (R):** Determinada en principio por la resistencia a la corriente continua del conductor, se incrementa por el efecto pelicular y varía debido a la temperatura del medio en que se instala. (Norma IEEE 738-1986)

Las variaciones de la resistencia pueden modificarse por la siguiente expresión:

$$r_f = r_o * (1 + \alpha * (t - t_o))$$

donde:

$r_f$  = es la Resistencia a la temperatura  $t$  ohmio/m

$r_o$  = es la resistencia a la temperatura  $t_o$  ohmio/m

$t$  = 15 Temperatura final de diseño C°

$t_o$  = 20 Temperatura inicial o de datos del fabricante C°

$\alpha$  = 0.00228 Coeficiente de variación de la resistencia del material.

**2.2.4 INDUCTANCIA (XL):** Su valor depende de las características físicas que ligan a las distancias entre los hilos del conductor y entre conductores (fases), viene expresado en ohmio/km. (Norma IEEE 738-1986)

Esta dada por:

$$x_l = 2 * \text{PI} * f * L; \text{ ohmio/km}$$

donde:

PI = 3.1415927

$f$  = 60 frecuencia hz

$L = [1/(2.n) + 4.6 \log(D/r')] \text{ Coeficiente de autoinducción en Henrio/km}$

n = número de subconductores por fase

D = Distancia media geométrica

r' = Radio ficticio del conductor  $r' = ((n \cdot r \cdot (R)^{n-1})^{1/n}$

r = radio del conductor

R = Distancia entre centros de los subconductores.

**2.2.5. LA ADMITANCIA (Y)** está dada por la capacidad y la perditancia o **conductancia**

y esta expresada por la siguiente fórmula (Norma IEEE 738-1986):

$$y = xc + jg$$

**2.2.6. CAPACIDAD (XC)** la diferencia de potencial entre los conductores de una línea

hace que estos se carguen como placas de un condensador, sin embargo, para *líneas cortas de menos de 80 km su efecto es pequeño y se desprecia normalmente.* (Norma IEEE 738-1986) La ecuación que da la capacidad de la línea está dada por la siguiente expresión:

$$xc = 2 * \text{PI} * f * ck.$$

Donde: PI = 3.1415927

f = 60 frecuencia hz

ck =  $24.15 / (\log(D/r')) * 10^{-9}$  en Henrios/km

**2.2.7. CONDUCTANCIA O PERDITANCIA (GK)** debido que el aislamiento de la línea

no es totalmente perfecto se producen pequeñas corrientes que circulan a tierra a través de los aisladores, la determinación de este efecto se calcula por la siguiente expresión:

$$gk = P/V^2 * 10^{-3} \text{ en siemens/km}$$

### 2.2.8. EFECTO CORONA

La fórmula general para el cálculo de la tensión crítica disruptiva para la cual se presentan los efluvios o pérdidas corona de acuerdo a lo señalado por Peek está dado por la siguiente expresión (Norma IEEE 738-1986):

$$U_c = 84.017 \cdot m_c \cdot \alpha \cdot m_t \cdot r \cdot n \cdot \log (D/r')$$

donde:

$U_c$  = Tensión crítica efectiva en kV.

$m_c$  = Coeficiente de rugosidad del conductor

1 para superficies nuevas y lisas

0.83 at 0.98 para conductores nuevos y cableados

0.83 at 0.87 para conductores usados)

$\alpha = 1$ (Factor de corrección de la densidad relativa del aire para zonas mayores de 1000 msnm)

$m_t = 0.8$ ( Coeficiente para la calidad del ambiente en la zona 1 con buen tiempo o 0.8 con mal tiempo)

$r$  = radio del conductor

$n$  = número de subconductores de cada fase

$D$  = distancia media geométrica de las fases

$r'$  = es el radio ficticio de acuerdo a lo expresado en el cálculo de los parámetros de la línea.

### 2.3. DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN ECONÓMICA

En el diseño de la Línea es necesario seleccionar la sección más adecuada para las condiciones de demanda en el periodo de vida de la línea. Dicha sección permitirá que la capacidad normal de la línea esté por encima de su demanda actual.

En la selección económica de los conductores de una línea intervienen muchos aspectos a tener en cuenta, el costo de la línea se incrementa cuando la sección aumenta, debido a los mayores costos de propio conductor y a los costos de las estructuras, aisladores y fundaciones para soportar las mayores cargas debidas al incremento de la sección; por otra parte, los costos de perdidas disminuyen con la sección y en la determinación de las perdidas es necesario determinar las perdidas.

Los costos de los elementos involucrados son los correspondientes a costos para la construcción de líneas similares en aleación de aluminio en el Perú, a los cuales se les ha adicionado los costos por instalación, operación y mantenimiento.

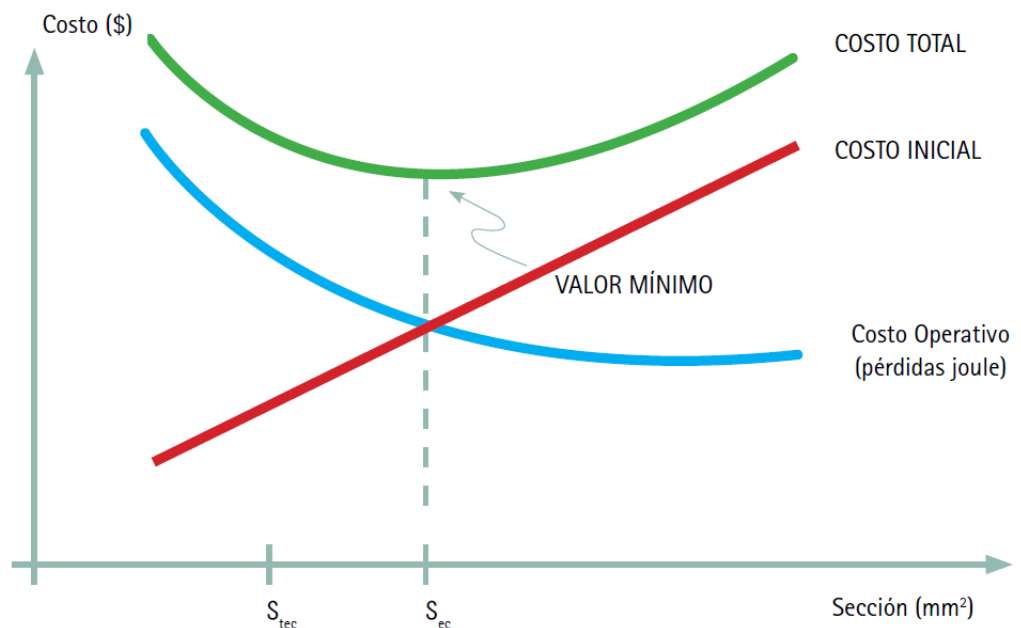


Gráfico No.10. Costo Inicial y costo operativo del conductor de alta tensión en función de la sección nominal. Elaboración Propia

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 MÉTODO**

En la presente Tesis es usada la Técnica Descriptiva, Como paso Inicial se realiza una Evaluación del Actual Sistema de Transmisión en el Departamento de Pucallpa. Luego se procede a Seleccionar diferentes Calibres de Conductores, Determinar la Sección Económica Óptima del Conductor para la Línea de Transmisión 60 kV SEPI-SEPU, y posteriormente evaluar los Efectos Económicos.

#### **FUENTES DE INFORMACIÓN**

Los datos de Potencia y Energía que se transmiten (Actual y Proyectada) en las Líneas de Transmisión SEPI-SEYA, SEYA-SEPU son proporcionados por la Empresa Concesionaria del Servicio Eléctrico ELECTROUCAYALI S.A, así como los Costos de Inversión, Operación, Mantenimiento, Costo de Potencia y Energía son proporcionados por el Organismo Fiscalizador en el Sector Eléctrico OSINERMINING.

#### **TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Los datos obtenidos mediante la aplicación de las técnicas e instrumentos indicados anteriormente, habiendo recurrido a las fuentes correspondientes, se han incorporado al programa de computación Microsoft Excel, para realizar los gráficos y esquemas requeridos para el posterior análisis de los mismos.

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Los resultados son procesados haciendo uso de los Programas de Computación Microsoft Word, Microsoft Excel y Autocad.

### **3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **a) Tipo de investigación**

**Aplicada**, porque se emplearon las teorías establecidas según los antecedentes de estudio; con esta investigación se trató un problema práctico y descriptivo, y los datos obtenidos fueron confiables y la formulación técnica-científica aplicada por observación directa.

**Cuantitativa y Descriptiva** por que se describir el Sistema Eléctrico, así como a cuantificar la carga, manipularon las variables de estudio y se cuantifica la carga a utilizar.

### **3.3 VARIABLE**

Sección Económica Óptima del conductor de la línea de transmisión 60kv  
SEPI-SEPU, Departamento de Ucayali.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 RESULTADOS

#### EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN PUCALLPA

La Subestación de Potencia Pucallpa (SEPU), actualmente abastece una demanda de 24.5 MW, representando más del 60% de la demanda total del sistema eléctrico Pucallpa, convirtiéndose de esta manera en una subestación estratégica e importante para garantizar el suministro eléctrico de la localidad de Pucallpa.

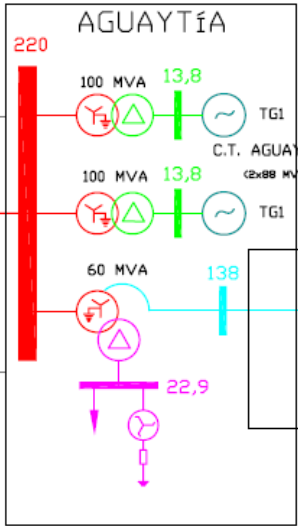
La alimentación de la subestación de potencia Pucallpa (SEPU), es a través de la línea de transmisión 60 KV L6673 (SEYA-SEPU); dicha línea de transmisión actualmente se encuentra observada por OSINERGMIN por presentar deficiencias de índole normativo y técnico; obligando de esta manera a la concesionaria a sacarla fuera de servicio para ser remodelada en su integridad. La línea de transmisión L6673 SEYA-SEPU, tiene una antigüedad de 20 años de operación (tiempo de vida útil cumplido) y la mayoría de las estructuras tienen la base deteriorada por la corrosión severa terminal; este hecho implica el colapso inminente de las estructuras por cualquier fuerza externa a la que sean sometidos, tales como, vientos fuertes o choque leves por agentes externos; por lo que es necesario el refuerzo inmediato de algunas estructuras y el reemplazo de otros. En el Anexo 01 – Máxima Demanda se detalla la Potencia y Energía entregadas por el Concesionario ElectroUcayali SA.

Resumen Demanda Actual y Proyectada

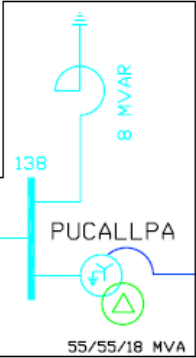
|       | DEMANDA MAXIMA (MW) |                     |                      |                      |
|-------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
|       | ACTUAL<br>(2017)    | Distribución<br>(%) | PROYECTADA<br>(2026) | PROYECTADA<br>(2036) |
| SEPU  | 24.5                | 60%                 | 37.64                | 68.91                |
| SEPI  | 10.02               | 24%                 |                      |                      |
| SEYA  | 6.46                | 16%                 |                      |                      |
| TOTAL | 38.33               | 100%                |                      |                      |

El Sistema de Transmisión en el Departamento de Ucayali Consta de 2 Líneas de Transmisión en 60 kV SEPI-SEYA de 6.83 km. Y SEYA-SEPU DE 6.15 km.

PROPIEDAD DE TERMOSELVA S.R.L.



PROPIEDAD DE ISA-PERÚ



PROPIEDAD DE ELECTRO UCAYALI S.A.

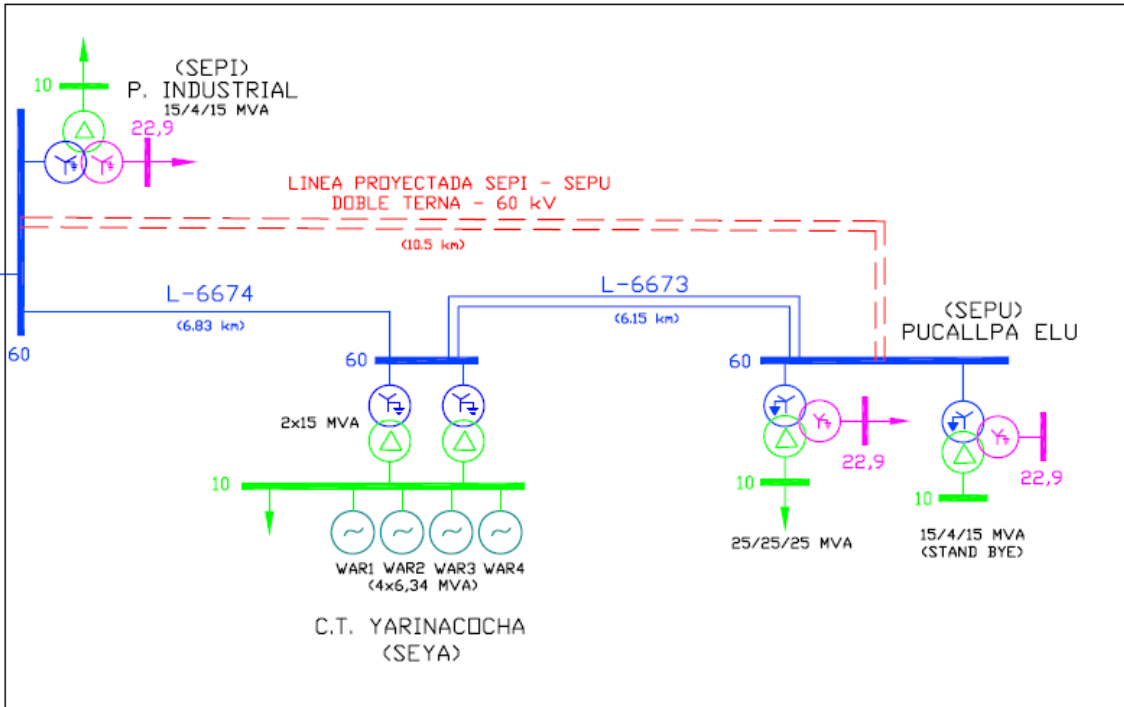


Gráfico No.11. Diagrama Unifilar Sistema de Transmisión Pucallpa. Elaboración Propia.



A Continuación se procede a Evaluar la línea de transmisión SEPI-SEYA.

**CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV ACAR 240 MM2 ( SIMPLE TERNA ) SEPI-SEYA**

Rac=          ohms/km

|    | AÑO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energia (%) | Fc    | T iempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh)   | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|------------------------|------|---------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                      |      | -             | -                            | -                    | 121,623.04            |                      | 121,623.04                  |                         |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 114,947,229.99 | 32.31      | 6.38             | 206.11                   | 1.00%                   | 0.73%                  | 0.627 | 8760                   | 0.46 | 836,547.99    | 72,085.71                    | 64,362.24            | 3,928.42              | 3,928.42             | 3,507.52                    |                         |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 124,258,064.07 | 36.46      | 6.38             | 232.60                   | 1.06%                   | 0.78%                  | 0.638 | 8760                   | 0.48 | 970,701.80    | 83,645.80                    | 66,681.92            | 3,928.42              | 3,928.42             | 3,131.72                    |                         |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 134,323,084.49 | 41.14      | 6.38             | 262.50                   | 1.13%                   | 0.84%                  | 0.649 | 8760                   | 0.49 | 1,126,451.55  | 97,066.83                    | 69,090.25            | 3,928.42              | 3,928.42             | 2,796.17                    |                         |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 145,203,381.06 | 46.43      | 6.38             | 296.24                   | 1.20%                   | 0.90%                  | 0.661 | 8760                   | 0.50 | 1,307,286.56  | 112,649.46                   | 71,590.77            | 3,928.42              | 3,928.42             | 2,496.58                    |                         |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 156,964,991.91 | 52.40      | 6.38             | 334.32                   | 1.28%                   | 0.97%                  | 0.672 | 8760                   | 0.52 | 1,517,261.92  | 130,743.13                   | 74,187.16            | 3,928.42              | 3,928.42             | 2,229.09                    |                         |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 169,679,304.35 | 59.14      | 6.38             | 377.29                   | 1.36%                   | 1.04%                  | 0.684 | 8760                   | 0.53 | 1,761,090.53  | 151,753.95                   | 76,883.27            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,990.26                    |                         |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 183,423,488.08 | 66.74      | 6.38             | 425.78                   | 1.44%                   | 1.11%                  | 0.696 | 8760                   | 0.55 | 2,044,250.19  | 176,153.94                   | 79,683.10            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,777.02                    |                         |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 198,280,963.67 | 75.31      | 6.38             | 480.51                   | 1.53%                   | 1.20%                  | 0.708 | 8760                   | 0.56 | 2,373,108.12  | 204,491.78                   | 82,590.80            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,586.62                    |                         |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 250,472,032.48 | 108.25     | 6.38             | 690.62                   | 1.83%                   | 1.48%                  | 0.746 | 8760                   | 0.61 | 3,714,097.56  | 320,045.43                   | 92,005.41            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,129.33                    |                         |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 270,760,503.42 | 122.16     | 6.38             | 779.39                   | 1.95%                   | 1.59%                  | 0.760 | 8760                   | 0.63 | 4,312,805.66  | 371,636.37                   | 95,389.80            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,008.33                    |                         |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 292,692,359.64 | 137.86     | 6.38             | 879.56                   | 2.07%                   | 1.71%                  | 0.773 | 8760                   | 0.65 | 5,008,375.61  | 431,573.94                   | 98,905.61            | 3,928.42              | 3,928.42             | 900.29                      |                         |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 316,400,716.91 | 155.58     | 6.38             | 992.62                   | 2.20%                   | 1.84%                  | 0.786 | 8760                   | 0.67 | 5,816,532.58  | 501,213.19                   | 102,558.15           | 3,928.42              | 3,928.42             | 803.83                      |                         |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 342,029,473.49 | 175.58     | 6.38             | 1,120.20                 | 2.34%                   | 1.98%                  | 0.800 | 8760                   | 0.69 | 6,755,563.13  | 582,129.87                   | 106,352.95           | 3,928.42              | 3,928.42             | 717.71                      |                         |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 369,734,183.53 | 198.15     | 6.38             | 1,264.18                 | 2.48%                   | 2.12%                  | 0.814 | 8760                   | 0.71 | 7,846,733.64  | 676,156.51                   | 110,295.77           | 3,928.42              | 3,928.42             | 640.81                      |                         |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 399,683,001.22 | 223.62     | 6.38             | 1,426.67                 | 2.64%                   | 2.28%                  | 0.829 | 8760                   | 0.73 | 9,114,777.39  | 785,424.40                   | 114,392.62           | 3,928.42              | 3,928.42             | 572.15                      |                         |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 432,057,701.40 | 252.36     | 6.38             | 1,610.04                 | 2.80%                   | 2.45%                  | 0.843 | 8760                   | 0.75 | 10,588,461.49 | 912,412.41                   | 118,649.74           | 3,928.42              | 3,928.42             | 510.85                      |                         |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 467,054,782.83 | 284.79     | 6.38             | 1,816.98                 | 2.98%                   | 2.63%                  | 0.858 | 8760                   | 0.77 | 12,301,246.76 | 1,060,003.88                 | 123,073.63           | 3,928.42              | 3,928.42             | 456.12                      |                         |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 504,886,660.88 | 321.40     | 6.38             | 2,050.52                 | 3.16%                   | 2.83%                  | 0.873 | 8760                   | 0.80 | 14,292,055.82 | 1,231,552.78                 | 127,671.09           | 3,928.42              | 3,928.42             | 407.25                      |                         |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | -              | 362.71     | 6.38             | 2,314.08                 | 3.36%                   | 3.03%                  | 0.889 | 8760                   | 0.82 | 16,606,167.32 | 1,430,960.79                 | 132,449.18           | 3,928.42              | 3,928.42             | 363.61                      |                         |
|    |      |           |                |            |                  |                          |                         |                        |       |                        |      |               | 1,981,171.53                 |                      |                       |                      | 150,966.18                  | 2,132,137.72            |

Tabla N° 01 Cálculo de Costos y Pérdidas de la Línea de Transmisión SEPI-SEYA. Elaboración Propia.

Y se procede a Evaluar la línea de transmisión SEYA-SEPU.

**CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV ACAR 175 MM2 - SEYA - SEPU**

Rac=            ohms/km

|    | AÑO  | P (kW)    | E (KWh)        | Pp (Kw) | Longitud (Km) | Perdida Potencia (KW) | Perdida Potencia (%) | Perdida Energia (%) | Fc    | T tiempo (horas/año) | Fp   | Ep (Kwh)      | Costo Perdidas (US\$/año) | C. Perd VP (US\$) | Costo LT (US\$/km) | Mant LT (US\$/km) | Cost+Mant a VP (US\$/km) | Total a VP (US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|---------|---------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------|----------------------|------|---------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0       |               |                       |                      |                     |       | 0                    |      | -             | -                         | -                 | 125,414.72         |                   | 125,414.72               |                      |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 40.38   | 6.14          | 247.95                | 1.21%                | 0.95%               | 0.627 | 8760                 | 0.46 | 1,006,348.87  | 86,717.53                 | 77,426.36         |                    | 4,050.90          | 3,616.87                 |                      |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 45.57   | 6.14          | 279.82                | 1.28%                | 1.02%               | 0.638 | 8760                 | 0.48 | 1,167,732.96  | 100,624.07                | 80,216.89         |                    | 4,050.90          | 3,229.35                 |                      |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 51.43   | 6.14          | 315.78                | 1.36%                | 1.09%               | 0.649 | 8760                 | 0.49 | 1,355,096.50  | 116,769.27                | 83,114.06         |                    | 4,050.90          | 2,883.35                 |                      |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 58.04   | 6.14          | 356.37                | 1.45%                | 1.17%               | 0.661 | 8760                 | 0.50 | 1,572,637.05  | 135,514.83                | 86,122.12         |                    | 4,050.90          | 2,574.42                 |                      |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 65.50   | 6.14          | 402.17                | 1.54%                | 1.26%               | 0.672 | 8760                 | 0.52 | 1,825,232.80  | 157,281.12                | 89,245.53         |                    | 4,050.90          | 2,298.59                 |                      |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 73.92   | 6.14          | 453.87                | 1.63%                | 1.35%               | 0.684 | 8760                 | 0.53 | 2,118,553.27  | 182,556.67                | 92,488.89         |                    | 4,050.90          | 2,052.31                 |                      |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 83.42   | 6.14          | 512.20                | 1.73%                | 1.45%               | 0.696 | 8760                 | 0.55 | 2,459,188.12  | 211,909.33                | 95,857.02         |                    | 4,050.90          | 1,832.42                 |                      |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 94.14   | 6.14          | 578.04                | 1.84%                | 1.56%               | 0.708 | 8760                 | 0.56 | 2,854,796.99  | 245,999.12                | 99,354.92         |                    | 4,050.90          | 1,636.09                 |                      |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 135.31  | 6.14          | 830.80                | 2.21%                | 1.93%               | 0.746 | 8760                 | 0.61 | 4,467,977.86  | 385,007.63                | 110,680.49        |                    | 4,050.90          | 1,164.54                 |                      |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 152.70  | 6.14          | 937.59                | 2.34%                | 2.07%               | 0.760 | 8760                 | 0.63 | 5,188,210.58  | 447,070.40                | 114,751.84        |                    | 4,050.90          | 1,039.76                 |                      |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 172.33  | 6.14          | 1,058.10              | 2.49%                | 2.23%               | 0.773 | 8760                 | 0.65 | 6,024,965.95  | 519,173.98                | 118,981.28        |                    | 4,050.90          | 928.36                   |                      |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 194.48  | 6.14          | 1,194.10              | 2.65%                | 2.39%               | 0.786 | 8760                 | 0.67 | 6,997,161.06  | 602,948.47                | 123,375.20        |                    | 4,050.90          | 828.89                   |                      |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 219.47  | 6.14          | 1,347.58              | 2.81%                | 2.57%               | 0.800 | 8760                 | 0.69 | 8,126,794.21  | 700,289.45                | 127,940.27        |                    | 4,050.90          | 740.08                   |                      |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 247.68  | 6.14          | 1,520.78              | 2.99%                | 2.76%               | 0.814 | 8760                 | 0.71 | 9,439,448.38  | 813,401.45                | 132,683.40        |                    | 4,050.90          | 660.79                   |                      |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 279.52  | 6.14          | 1,716.25              | 3.17%                | 2.97%               | 0.829 | 8760                 | 0.73 | 10,964,877.19 | 944,848.32                | 137,611.81        |                    | 4,050.90          | 589.99                   |                      |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 315.45  | 6.14          | 1,936.84              | 3.37%                | 3.19%               | 0.843 | 8760                 | 0.75 | 12,737,686.83 | 1,097,612.11              | 142,733.03        |                    | 4,050.90          | 526.78                   |                      |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 355.99  | 6.14          | 2,185.79              | 3.58%                | 3.43%               | 0.858 | 8760                 | 0.77 | 14,798,129.92 | 1,275,161.41              | 148,054.88        |                    | 4,050.90          | 470.34                   |                      |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 401.75  | 6.14          | 2,466.73              | 3.80%                | 3.68%               | 0.873 | 8760                 | 0.80 | 17,193,029.53 | 1,481,530.97              | 153,585.52        |                    | 4,050.90          | 419.94                   |                      |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 453.39  | 6.14          | 2,783.79              | 4.04%                | 3.96%               | 0.889 | 8760                 | 0.82 | 19,976,854.89 | 1,721,414.43              | 159,333.45        |                    | 4,050.90          | 374.95                   |                      |
|    |      |           |                |         |               |                       |                      |                     |       |                      |      |               | 2,383,305.88              |                   |                    |                   | 155,672.65               | 2,538,978.53         |

Tabla N° 02 Cálculo de Costos y Pérdidas de la Línea de Transmisión SEYA-SEPU. Elaboración Propia.

## **TRAZO DE RUTA DE LA LÍNEA PROYECTADA**

Se Propone que La línea de transmisión proyectada en 60 kV, se instale dentro de la zona urbana de la ciudad de Pucallpa, es decir, estará ubicada dentro de terrenos público por utilizar como ruta las principales calles de la ciudad. En el Plano 01 Trazo de ruta se detalla en la sección Anexos, se muestra el recorrido de la línea desde SEPI (salida) hasta SEPU (llegada).

### **Tramo 01: Vértices V1-V2**

Tramo de 117 m. de longitud.

Este tramo se inicia en la SET Parque Industrial (SEPI) y sale hacia la carretera Federico Basadre.

### **Tramo 02: Vértices V2-V3**

Tramo de aproximadamente 2,169 mts.

Este tramo se inicia a la altura de SEPI y recorre parte de la carretera Federico Basadre.

### **Tramo 03: Vértices V3-V4**

Tramo de aproximadamente 1,265 mts.

Este tramo se inicia en la intercepción entre la carretera Federico Basadre y la Av. Fernando Belaunde, y recorre parte de la Av. Fernando Belaunde.

### **Tramo 04: Vértices V4-V5**

Tramo de aproximadamente 3,519 mts.

Este tramo se inicia en la intercepción entre la Av. Fernando Belaunde y la Av. Túpac Amaru, y recorre parte de la Av. Túpac Amaru.

**Tramo 05: Vértices V5-V6**

Tramo de aproximadamente 1,162 mts.

Este tramo se inicia en la intercepción de la Av. Túpac Amaru y la Av. Aviación, y recorre parte de la Av. Aviación.

**Tramo 06: Vértices V6-V7**

Tramo de aproximadamente 1,888 mts.

Este tramo se inicia en la intercepción entre la Av. Aviación y la Av. Centenario, y recorre parte de la Av. Centenario.

**Tramo 07: Vértices V7-V8**

Tramo de aproximadamente 55 mts.

Este tramo se inicia en la intercepción entre la Av. Centenario y la Av. Colonización, y recorre parte de la Av. Colonización culminando con el ingresando a la SET Pucallpa (SEPU).

**BREVE DESCRIPCIÓN GEOLOGICA DE LA SUPERFICIE**

Geológicamente, la zona de estudio forma parte de una cuenca de sedimentación continental, denominada “Oriente”, conformada por la deposición de sedimentos arcillosos y arenosos

Geomorfológicamente, se observa que la configuración del relieve y el modelo actual resultante es una consecuencia de los procesos morfodinámicos desarrollados, los que se caracterizan en general por presentar una topografía relativamente homogénea y casi plana o micro ondulada.

## **FACILIDAD DE ACCESO**

Para el montaje y suministro de materiales no se tendrá ningún problema porque la obra se ejecutara en la ciudad de Pucallpa y la ruta de la línea está en las calles principales de la misma ciudad.

## **LONGUITUD**

La longitud de la línea es de 10,5 Km.

## **DETERMINACIÓN DEL CALIBRE ECONÓMICO ÓPTIMO PARA LA LINEA DE TRANSMISIÓN 60kV**

La línea en estudio tendrá su inicio en la S.E. Parque industrial y S.E. Pucallpa. La capacidad de la línea proyectada será de 70 MW (35 MW por terna), con 0.85 de factor de potencia, con pérdidas de potencia menor a 3%.

El Sistema Eléctrico tiene las siguientes características:

- Tensión Nominal: 60 kV rms.
- Frecuencia Nominal: 60 Hz
- Máxima tensión de operación: 72.5 kV rms.
- Neutro: Efectivamente conectado a tierra.

Base la ecuación de balance térmico

$$W_c + W_r = W_j + W_i$$

$$W_c = 13.8.T_i.(V . d)^{0.448}/10000$$

$$W_r = \pi.E.S.d.((T_i + T_a)^4 - T_a^4)$$

$$W_i = \alpha_s.S1.d$$

$$W_j = I^2 . R_{tc}$$

**CALCULO DE LA AMPACITANCIA 120 mm2**

|     |                                     |        | CONDICIONES DIVERSAS |               |                     |                 |
|-----|-------------------------------------|--------|----------------------|---------------|---------------------|-----------------|
| POS | DESCRIPCION                         | UNIDAD | 1                    | 2             | 3                   | 4               |
| 1   | Material                            |        | AAAC                 | AAAC          | AAAC                | AAAC            |
| 2   | Calibre                             |        | 120                  | 120           | 120                 | 120             |
| 3   | Sección                             |        | 126.7                | 117.8         | 117.8               | 117.8           |
| 4   | Diámetro                            | cm     | 1.455                | 1.405         | 1.405               | 1.405           |
| 5   | Resistencia eléctrica               | ohm/km | 0.2572               | 0.284         | 0.284               | 0.284           |
| 6   | Temperatura                         | C°     | 20                   | 20            | 20                  | 20              |
| 7   | Coeficiente de resistividad termica |        | 0.0036               | 0.0036        | 0.0036              | 0.0036          |
| 8   | Coeficiente de absorción solar      |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 9   | Radiación solar                     | w/cm2  | 0.105                | 0.105         | 0.105               | 0.105           |
| 10  | Emisividad                          |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 11  | Constante Stefan                    | w/cm2  | 5.70E-12             | 5.7E-12       | 5.7E-12             | 5.7E-12         |
| 12  | Elevación de la temperatura         | C°     | 25                   | 15            | 40                  | 35              |
|     | <b>CONDICIONES DE TEMPERATURA</b>   |        | <b>MIN PROMEDIO</b>  | <b>MAXIMA</b> | <b>MAX PROMEDIO</b> | <b>PROMEDIO</b> |
| 13  | Temperatura ambiente                | C°     | 33                   | 35            | 10                  | 26.5            |
| 14  | Velocidad de viento                 | cm/seg | 55.55                | 55.55         | 55.55               | 55.55           |
| 15  | Resistencia a tc                    | ohm/cm | 2.85E-06             | 3.14672E-06   | 3.14672E-06         | 3.14672E-06     |
| 16  | Energía disipada por convección     |        | 0.2468               | 0.1458        | 0.3888              | 0.3402          |
| 17  | Energía disipada por radiación      |        | 0.0703               | 0.0388        | 0.1170              | 0.0999          |
| 18  | Energía absorbida por insolación    |        | 0.1375               | 0.1328        | 0.1328              | 0.1328          |
| 19  | Corriente en el conductor           | A      | 251.07               | 128.28        | 344.28              | 312.49          |
| 20  | Temperatura final en el conductor   | C°     | 50                   | 50            | 50                  | 50              |
| 21  | Potencia a transmitir               | mW     | 22.2                 | 11.3          | 30.4                | 27.6            |
| 22  | Tensión                             | kV     | 60                   | 60            | 60                  | 60              |
| 23  | Factor de Potencia                  |        | 0.85                 | 0.85          | 0.85                | 0.85            |

Tabla N° 03 Cálculo de la Ampacitancia 120 mm. Elaboración Propia.

CALCULO DE LA AMPACITANCIA 150 mm2

| POS | DESCRIPCION                          | UNIDAD | CONDICIONES DIVERSAS |               |                     |                 |
|-----|--------------------------------------|--------|----------------------|---------------|---------------------|-----------------|
|     |                                      |        | 1                    | 2             | 3                   | 4               |
| 1   | Material                             |        | AAAC                 | AAAC          | AAAC                | AAAC            |
| 2   | Calibre                              |        | 150                  | 150           | 150                 | 150             |
| 3   | Sección                              |        | 148.07               | 148.07        | 148.07              | 148.07          |
| 4   | Diámetro                             | cm     | 1.575                | 1.575         | 1.575               | 1.575           |
| 5   | Resistencia eléctrica                | ohm/km | 0.232                | 0.232         | 0.232               | 0.232           |
| 6   | Temperatura                          | C°     | 20                   | 20            | 20                  | 20              |
| 7   | Coefficiente de resistividad termica |        | 0.0036               | 0.0036        | 0.0036              | 0.0036          |
| 8   | Coefficiente de absorción solar      |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 9   | Radiación solar                      | w/cm2  | 0.105                | 0.105         | 0.105               | 0.105           |
| 10  | Emisividad                           |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 11  | Constante Stefan                     | w/cm2  | 5.70E-12             | 5.7E-12       | 5.7E-12             | 5.7E-12         |
| 12  | Elevación de la temperatura          | C°     | 25                   | 15            | 40                  | 35              |
|     | <b>CONDICIONES DE TEMPERATURA</b>    |        | <b>MIN PROMEDIO</b>  | <b>MAXIMA</b> | <b>MAX PROMEDIO</b> | <b>PROMEDIO</b> |
| 13  | Temperatura ambiente                 | C°     | 33                   | 35            | 10                  | 26.5            |
| 14  | Velocidad de viento                  | cm/seg | 55.55                | 55.55         | 55.55               | 55.55           |
| 15  | Resistencia a tc                     | ohm/cm | 2.57E-06             | 2.57056E-06   | 2.57056E-06         | 2.57056E-06     |
| 16  | Energía disipada por convección      |        | 0.2558               | 0.1535        | 0.4092              | 0.3581          |
| 17  | Energía disipada por radiación       |        | 0.0761               | 0.0435        | 0.1311              | 0.1119          |
| 18  | Energía absorbida por insolación     |        | 0.1488               | 0.1488        | 0.1488              | 0.1488          |
| 19  | Corriente en el conductor            | A      | 266.83               | 136.74        | 390.25              | 353.47          |
| 20  | Temperatura final en el conductor    | C°     | 50                   | 50            | 50                  | 50              |
| 21  | Potencia a transmitir                | mW     | 23.6                 | 12.1          | 34.5                | 31.2            |
| 22  | Tensión                              | kV     | 60                   | 60            | 60                  | 60              |
| 23  | Factor de Potencia                   |        | 0.85                 | 0.85          | 0.85                | 0.85            |

Tabla N° 04 Cálculo de la Ampacitancia 150mm. Elaboración Propia.

CALCULO DE LA AMPACITANCIA 185 mm2

| POS | DESCRIPCION                          | UNIDAD | CONDICIONES DIVERSAS |               |                     |                 |
|-----|--------------------------------------|--------|----------------------|---------------|---------------------|-----------------|
|     |                                      |        | 1                    | 2             | 3                   | 4               |
| 1   | Material                             |        | AAAC                 | AAAC          | AAAC                | AAAC            |
| 2   | Calibre                              |        | 185                  | 185           | 185                 | 185             |
| 3   | Sección                              |        | 181.62               | 181.62        | 181.62              | 181.62          |
| 4   | Diámetro                             | cm     | 1.75                 | 1.75          | 1.75                | 1.75            |
| 5   | Resistencia eléctrica                | ohm/km | 0.1842               | 0.1842        | 0.1842              | 0.1842          |
| 6   | Temperatura                          | C°     | 20                   | 20            | 20                  | 20              |
| 7   | Coefficiente de resistividad termica |        | 0.0036               | 0.0036        | 0.0036              | 0.0036          |
| 8   | Coefficiente de absorción solar      |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 9   | Radiación solar                      | w/cm2  | 0.105                | 0.105         | 0.105               | 0.105           |
| 10  | Emisividad                           |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 11  | Constante Stefan                     | w/cm2  | 5.70E-12             | 5.7E-12       | 5.7E-12             | 5.7E-12         |
| 12  | Elevación de la temperatura          | C°     | 25                   | 15            | 40                  | 35              |
|     | <b>CONDICIONES DE TEMPERATURA</b>    |        | <b>MIN PROMEDIO</b>  | <b>MAXIMA</b> | <b>MAX PROMEDIO</b> | <b>PROMEDIO</b> |
| 13  | Temperatura ambiente                 | C°     | 33                   | 35            | 10                  | 26.5            |
| 14  | Velocidad de viento                  | cm/seg | 55.55                | 55.55         | 55.55               | 55.55           |
| 15  | Resistencia a tc                     | ohm/cm | 2.04E-06             | 2.04094E-06   | 2.04094E-06         | 2.04094E-06     |
| 16  | Energía disipada por convección      |        | 0.2681               | 0.1609        | 0.4290              | 0.3754          |
| 17  | Energía disipada por radiación       |        | 0.0846               | 0.0483        | 0.1457              | 0.1244          |
| 18  | Energía absorbida por insolación     |        | 0.1654               | 0.1654        | 0.1654              | 0.1654          |
| 19  | Corriente en el conductor            | A      | 302.94               | 146.45        | 447.82              | 404.76          |
| 20  | Temperatura final en el conductor    | C°     | 50                   | 50            | 50                  | 50              |
| 21  | Potencia a transmitir                | mW     | 26.8                 | 12.9          | 39.6                | 35.8            |
| 22  | Tensión                              | kV     | 60                   | 60            | 60                  | 60              |
| 23  | Factor de Potencia                   |        | 0.85                 | 0.85          | 0.85                | 0.85            |

Tabla N° 05 Cálculo de la Ampacitancia 185mm. Elaboración Propia.



CALCULO DE LA AMPACITANCIA 240 mm2

|     |                                      |        | CONDICIONES DIVERSAS |               |                     |                 |
|-----|--------------------------------------|--------|----------------------|---------------|---------------------|-----------------|
| POS | DESCRIPCION                          | UNIDAD | 1                    | 2             | 3                   | 4               |
| 1   | Material                             |        | AAAC                 | AAAC          | AAAC                | AAAC            |
| 2   | Calibre                              |        | 240                  | 240           | 240                 | 240             |
| 3   | Sección                              |        | 235.8                | 235.8         | 235.8               | 235.8           |
| 4   | Diámetro                             | mm     | 19.95                | 19.95         | 19.95               | 19.95           |
| 5   | Resistencia eléctrica                | ohm/km | 0.14                 | 0.14          | 0.14                | 0.14            |
| 6   | Temperatura ambiente máxima promedio | C°     | 26.5                 | 26.5          | 26.5                | 26.5            |
| 7   | Coefficiente de resistividad termica |        | 0.0036               | 0.0036        | 0.0036              | 0.0036          |
| 8   | Coefficiente de absorción solar      |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 9   | Radiación solar                      | w/cm2  | 0.105                | 0.105         | 0.105               | 0.105           |
| 10  | Emisividad                           |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 11  | Constante Stefan                     | w/cm2  | 5.70E-12             | 5.7E-12       | 5.7E-12             | 5.7E-12         |
| 12  | Elevación de la temperatura          | C°     | 25                   | 15            | 40                  | 35              |
|     | <b>CONDICIONES DE TEMPERATURA</b>    |        | <b>MIN PROMEDIO</b>  | <b>MAXIMA</b> | <b>MAX PROMEDIO</b> | <b>PROMEDIO</b> |
| 13  | Temperatura ambiente                 | C°     | 25                   | 35            | 10                  | 15              |
| 14  | Velocidad de viento                  | cm/seg | 55.55                | 55.55         | 55.55               | 55.55           |
| 15  | Resistencia a tc                     | ohm/cm | 1.55E-06             | 1.5512E-06    | 1.5512E-06          | 1.5512E-06      |
| 16  | Energía disipada por convección      |        | 0.2837               | 0.1702        | 0.4539              | 0.3972          |
| 17  | Energía disipada por radiación       |        | 0.0959               | 0.0548        | 0.1653              | 0.1411          |
| 18  | Energía absorbida por insolación     |        | 0.1876               | 0.1876        | 0.1876              | 0.1876          |
| 19  | Corriente en el conductor            | A      | 451.84               | 255.25        | 545.00              | 495.46          |
| 20  | Temperatura final en el conductor    | C°     | 50                   | 50            | 50                  | 50              |
| 21  | Potencia a transmitir                | MVA    | 46.9                 | 26.5          | 56.6                | 51.4            |
| 22  | Tensión                              | kV     | 60                   | 60            | 60                  | 60              |
| 23  | Factor de Potencia                   |        | 0.85                 | 0.85          | 0.85                | 0.85            |

Tabla N° 06 Cálculo de la Ampacitancia 150mm. Elaboración Propia.

**CALCULO DE LA AMPACITANCIA 300 mm2**

| POS | DESCRIPCION                          | UNIDAD | CONDICIONES DIVERSAS |               |                     |                 |
|-----|--------------------------------------|--------|----------------------|---------------|---------------------|-----------------|
|     |                                      |        | 1                    | 2             | 3                   | 4               |
| 1   | Material                             |        | AAAC                 | AAAC          | AAAC                | AAAC            |
| 2   | Calibre                              |        | 240                  | 240           | 240                 | 240             |
| 3   | Sección                              |        | 235.8                | 235.8         | 235.8               | 235.8           |
| 4   | Diámetro                             | mm     | 19.95                | 19.95         | 19.95               | 19.95           |
| 5   | Resistencia eléctrica                | ohm/km | 0.14                 | 0.14          | 0.14                | 0.14            |
| 6   | Temperatura ambiente máxima promedio | C°     | 26.5                 | 26.5          | 26.5                | 26.5            |
| 7   | Coefficiente de resistividad termica |        | 0.0036               | 0.0036        | 0.0036              | 0.0036          |
| 8   | Coefficiente de absorción solar      |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 9   | Radiación solar                      | w/cm2  | 0.105                | 0.105         | 0.105               | 0.105           |
| 10  | Emisividad                           |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 11  | Constante Stefan                     | w/cm2  | 5.70E-12             | 5.7E-12       | 5.7E-12             | 5.7E-12         |
| 12  | Elevación de la temperatura          | C°     | 25                   | 15            | 40                  | 35              |
|     | <b>CONDICIONES DE TEMPERATURA</b>    |        | <b>MIN PROMEDIO</b>  | <b>MAXIMA</b> | <b>MAX PROMEDIO</b> | <b>PROMEDIO</b> |
| 13  | Temperatura ambiente                 | C°     | 25                   | 35            | 10                  | 15              |
| 14  | Velocidad de viento                  | cm/seg | 55.55                | 55.55         | 55.55               | 55.55           |
| 15  | Resistencia a tc                     | ohm/cm | 1.55E-06             | 1.5512E-06    | 1.5512E-06          | 1.5512E-06      |
| 16  | Energía disipada por convección      |        | 0.3688               | 0.2213        | 0.5901              | 0.5163          |
| 17  | Energía disipada por radiación       |        | 0.1247               | 0.0712        | 0.2148              | 0.1834          |
| 18  | Energía absorbida por insolación     |        | 0.2439               | 0.2439        | 0.2439              | 0.2439          |
| 19  | Corriente en el conductor            | A      | 587.39               | 331.83        | 750.58              | 644.09          |
| 20  | Temperatura final en el conductor    | C°     | 65                   | 65            | 65                  | 65              |
| 21  | Potencia a transmitir                | MVA    | 61.0                 | 34.4          | 73.5                | 66.9            |
| 22  | Tensión                              | kV     | 60                   | 60            | 60                  | 60              |
| 23  | Factor de Potencia                   |        | 0.85                 | 0.85          | 0.85                | 0.85            |

Tabla N° 07 Cálculo de la Ampacitancia 300mm. Elaboración Propia.

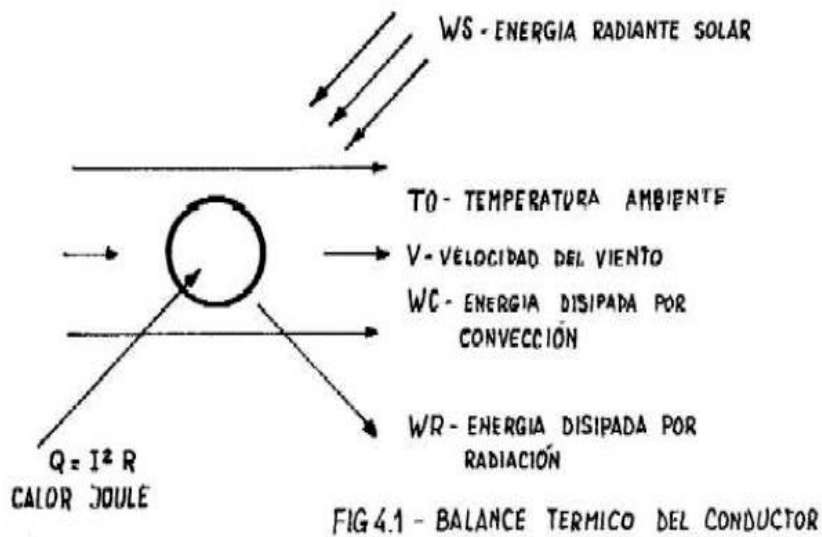
**RESUMEN CALCULO DE LA AMPACITANCIA**

|     |                                                           |        | CONDICIONES DIVERSAS      |                     |                           |                       |
|-----|-----------------------------------------------------------|--------|---------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|
| POS | DESCRIPCION                                               | UNIDAD | 1                         | 2                   | 3                         | 4                     |
|     | <b>CONDICIONES DE TEMPERATURA</b><br>Temperatura ambiente | C°     | <b>MAX PROMEDIO</b><br>25 | <b>MAXIMA</b><br>35 | <b>MIN PROMEDIO</b><br>10 | <b>PROMEDIO</b><br>15 |
|     |                                                           |        | <b>120 mm2</b>            |                     |                           |                       |
| 1   | Corriente en el conductor                                 | A      | 251.07                    | 128.28              | 344.28                    | 312.49                |
| 2   | Potencia a transmitir                                     | mW     | 22.2                      | 11.3                | 30.4                      | 27.6                  |
|     |                                                           |        | <b>150 mm2</b>            |                     |                           |                       |
| 3   | Corriente en el conductor                                 | A      | 266.83                    | 136.74              | 390.25                    | 353.47                |
| 4   | Potencia a transmitir                                     | mW     | 23.6                      | 12.1                | 34.5                      | 31.2                  |
|     |                                                           |        | <b>185 mm2</b>            |                     |                           |                       |
| 5   | Corriente en el conductor                                 | A      | 302.94                    | 146.45              | 447.82                    | 404.76                |
| 6   | Potencia a transmitir                                     | mW     | 26.76                     | 12.94               | 39.56                     | 35.75                 |
|     |                                                           |        | <b>240 mm2</b>            |                     |                           |                       |
| 7   | Corriente en el conductor                                 | A      | 351.84                    | 155.25              | 527.46                    | 475.46                |
| 8   | Potencia a transmitir                                     | mW     | 31.1                      | 13.7                | 46.6                      | 42.0                  |
|     |                                                           |        | <b>300</b>                |                     |                           |                       |
| 9   | Corriente en el conductor                                 | A      | 587.39                    | 331.83              | 750.58                    | 644.09                |
| 10  | Potencia a transmitir                                     | mW     | 61.0                      | 34.4                | 73.5                      | 66.9                  |

Tabla N° 08 Resumen Cálculo de la Ampacitancia. Elaboración Propia.

**Para la corriente de 351.84 A (potencia de MVA y calibre 240 mm), a temperatura en el conductor de 50° C.**

## CALCULO DEL BALANCE TERMICO DEL CONDUCTOR



Al circular una corriente en el conductor produce una cierta cantidad de calor por efecto joule .

Cuando el sistema se encuentra en regimen, todo el calor producido es disipado parte por conveccion, parte por radiacion.

Utilizaremos la Formula de SHURIG Y FRICK.

$$W_c = \frac{95.5 * \sqrt{PV} * \Delta T}{\left(T_a + \frac{\Delta T}{2}\right)^{0.125} * \sqrt{D}}$$

$$W_r = 5700 * Em * \left( \left( \frac{T_a + \Delta T}{1000} \right)^4 - \left( \frac{T_a}{1000} \right)^4 \right)$$

Donde:

$W_c$ =Calor disipado por conveccion en (W/m2)

P= Presion en ( atm)

V= Velocidad del aire en (km/h)

$\Delta T$ = Sobre temperatura del conductor respecto al ambiente en ( °K)

$T_a$ = Temperatura absoluta del ambiente en ( °K)

D= Diametro del conductor en (mm)

$W_r$ = Calor disipado por radiacion en (W/m2)

Em= Emisividad del conductor

**Datos**

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| A=Area del conductor (mm <sup>2</sup> )                       | 240        |
| V= Velocidad del aire en (km/h)                               | 75         |
| P= Presion en ( kg/m <sup>2</sup> )                           | 23.625     |
| P= Presion en ( atm)                                          | 0.00228731 |
| T <sub>a</sub> = Temperatura absoluta del ambiente en ( °C)   | 30         |
| T <sub>a</sub> = Temperatura absoluta del ambiente en ( °K)   | 303        |
| D= Diametro del conductor en (mm)                             | 19.95      |
| Em= Emisividad del conductor                                  | 0.38       |
| ΔT= Sobre temperatura del conductor respecto al ambiente (°C) | 20         |
| ΔT= Sobre temperatura del conductor respecto al ambiente (°K) | 293        |
| I <sub>t</sub> =Corriente a transportar (A)                   | 545        |

**1. Calor por conveccion Según la formula de SHURIG**

W<sub>c</sub>=Calor disipado por conveccion en (W/m<sup>2</sup>) **1209.21**

**2. Calor por radiacion Según la formula de FRICK**

W<sub>r</sub>= Calor disipado por radiacion en (W/m<sup>2</sup>) **255.05**

**3 .Resistencia del conductor**

$$R = R_0 * (1 + \alpha * (T_a + \Delta T - T_0))$$

Donde:

|                                                                      |        |
|----------------------------------------------------------------------|--------|
| R <sub>0</sub> = Resistencia a la temperatura de referencia (Ohm/km) | 0.139  |
| T <sub>0</sub> =Temperatura de referencia del conductor (°C)         | 20     |
| α=Coeficiente de aumento de la resistividad (1/°C)                   | 0.0036 |

R<sub>0</sub>= Resistencia a la temperatura de referencia (Ohm/km) **0.154012**

**4.Corriente admisible en las condiciones establecidas**

$$I = \sqrt{\pi * D * \left(\frac{W_c + W_r}{R}\right)}$$

I =  **771.93 A**

**NOTA:**

La corriente a transportar debe ser menor o igual a esta corriente admisible del conductor elegido.

**OK****Conclusion :**

Por lo tanto se utilizara del conductor AAAC de 240mm<sup>2</sup>

## CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LA LINEA

### Datos

|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| Seccion del conductor de AAAC (mm2) | 240         |
| Temperatura de operación( °C )      | 35          |
| R <sub>20°C</sub> (ohm/km)          | 0.139       |
| Disposicion                         | Dos terna   |
| DMG (m)                             | 2.897818415 |
| re(m)                               | 0.008740387 |
| CosØ                                | 0.85        |
| Ø ( ° )                             | 31.78833062 |
| Frecuencia (Hz)                     | 60          |
| Longitud de la linea (km)           | 10.5        |
| Tension (kV)                        | 60          |

### 1.Resistencia a la temperatura de operación ( R<sub>1</sub>)

$$R_1 = R_{20^\circ C} * (1 + 0.0036 * (T - 20))$$

$$R_1 \text{ (ohm/km)} = 0.146506$$

### 2.Reactancia inductiva ( X<sub>L</sub>)

$$X_L = 377 * (0.5 + 4.6 * \text{Log}(\frac{DMG}{r_e})) * 10^{-4}$$

$$X_L \text{ (ohm/km)} = 0.455962131$$



### 3.Impedancia de la linea ( Z<sub>L</sub>)

$$Z_L = R_1 + jX_L$$

$$Z_L \text{ (ohm/km)} = 0.146506 + j0.455962130630682i$$

$$Z_L \text{ (ohm/km)} = 0.478921155 / 72.19$$

$$Z_L = \sqrt{R_1^2 + X_L^2}$$

$$Z_L \text{ (ohm)} = 5.028672126 / 72.19$$

### 4.Conductancia

$$G = \frac{1}{R_1}$$

$$G_L \text{ (uS/km)} = 0.000006826$$

$$G_L \text{ (uS/km)} = 0$$

### 5.Capacidad

$$C = \frac{24.2}{\text{Log}(\frac{DMG}{r_e})}$$

$$C_L \text{ (nF/km)} = 9.60111538$$

## 6. Susceptancia

$$B = \frac{24.2}{\text{Log}\left(\frac{DMG}{r_e}\right)} * 10^{-9} * 2 * \pi * f$$

$$B \text{ (S/km)} = 3.6195\text{E-06}$$

## 7. Admitancia

$$Y = G + jB$$

$$Y \text{ (S/km)} = 3.61953522513145\text{E-06i}$$

$$Y \text{ (S/km)} = 3.61954\text{E-06} \angle 90.00$$



$$Y \text{ (S)} = 3.80051\text{E-05} \angle 90.00$$

## 8. Impedancia Caracteristica o natural de la linea

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$



$$Z_c \text{ (Ohm)} = 363.75$$

## CALCULO DEL MOMENTO ELECTRICO

$$M_{Elect} = P * L = \frac{u}{100} * \left( \frac{U^2}{R_1 + X_L * Tg\phi} \right)$$

**Datos:**


|                           |            |
|---------------------------|------------|
| R1 (ohm/km)=              | 0.146506   |
| XL (ohm/km)=              | 0.45596213 |
| CosØ                      | 0.9        |
| Ø ( ° )                   | 31.7883306 |
| u ( % )                   | 5          |
| Longitud de la linea (km) | 10.5       |

U ( kV) 60

**1. Momento Electrico**

 **M. ELECTRIC = 419.50 MW-km**


**2. Potencia de transporte**

 **P = 39.95 MW**

**3. Perdida de potencia**

$$p\% = \frac{100 * R_1 * P}{U^2 * Cos^2\phi}$$
 **p%= 0.225037022**

**En linea de 10.5 km** **p%= 2.36**

 **p = 0.944022148 MW**  
**p = 944.02 kW**



## CALCULO DE COSTO Y PÉRDIDAS PARA LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 kV SEPI-SEPU

CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV AAAC 120 MM2 - DOBLE TERNA

Rac=            ohms/km

|    | AÑO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energía (%) | Fc    | T iempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh)  | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|------------------------|------|--------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                      |      | -            | -                            | -                    | 100,331.77            |                      | 100,331.77                  |                         |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 30.65      | 1.00             | 30.65                    | 0.15%                   | 0.12%                  | 0.627 | 8760                   | 0.46 | 124,415.36   | 10,720.93                    | 9,572.26             |                       | 3,240.72             | 2,893.50                    |                         |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 34.59      | 1.00             | 34.59                    | 0.16%                   | 0.13%                  | 0.638 | 8760                   | 0.48 | 144,367.34   | 12,440.20                    | 9,917.25             |                       | 3,240.72             | 2,583.48                    |                         |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 39.04      | 1.00             | 39.04                    | 0.17%                   | 0.13%                  | 0.649 | 8760                   | 0.49 | 167,531.18   | 14,436.24                    | 10,275.43            |                       | 3,240.72             | 2,306.68                    |                         |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 44.06      | 1.00             | 44.06                    | 0.18%                   | 0.14%                  | 0.661 | 8760                   | 0.50 | 194,425.81   | 16,753.76                    | 10,647.32            |                       | 3,240.72             | 2,059.53                    |                         |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 49.72      | 1.00             | 49.72                    | 0.19%                   | 0.16%                  | 0.672 | 8760                   | 0.52 | 225,654.34   | 19,444.73                    | 11,033.46            |                       | 3,240.72             | 1,838.87                    |                         |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 56.11      | 1.00             | 56.11                    | 0.20%                   | 0.17%                  | 0.684 | 8760                   | 0.53 | 261,917.68   | 22,569.56                    | 11,434.44            |                       | 3,240.72             | 1,641.85                    |                         |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 63.32      | 1.00             | 63.32                    | 0.21%                   | 0.18%                  | 0.696 | 8760                   | 0.55 | 304,030.51   | 26,198.44                    | 11,850.85            |                       | 3,240.72             | 1,465.94                    |                         |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 71.46      | 1.00             | 71.46                    | 0.23%                   | 0.19%                  | 0.708 | 8760                   | 0.56 | 352,939.81   | 30,412.98                    | 12,283.29            |                       | 3,240.72             | 1,308.87                    |                         |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 102.71     | 1.00             | 102.71                   | 0.27%                   | 0.24%                  | 0.746 | 8760                   | 0.61 | 552,378.07   | 47,598.66                    | 13,683.48            |                       | 3,240.72             | 931.63                      |                         |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 115.91     | 1.00             | 115.91                   | 0.29%                   | 0.26%                  | 0.760 | 8760                   | 0.63 | 641,420.76   | 55,271.51                    | 14,186.82            |                       | 3,240.72             | 831.81                      |                         |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 130.81     | 1.00             | 130.81                   | 0.31%                   | 0.28%                  | 0.773 | 8760                   | 0.65 | 744,869.20   | 64,185.71                    | 14,709.71            |                       | 3,240.72             | 742.69                      |                         |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 147.63     | 1.00             | 147.63                   | 0.33%                   | 0.30%                  | 0.786 | 8760                   | 0.67 | 865,062.11   | 74,542.78                    | 15,252.93            |                       | 3,240.72             | 663.11                      |                         |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 166.60     | 1.00             | 166.60                   | 0.35%                   | 0.32%                  | 0.800 | 8760                   | 0.69 | 1,004,719.15 | 86,577.09                    | 15,817.31            |                       | 3,240.72             | 592.07                      |                         |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 188.02     | 1.00             | 188.02                   | 0.37%                   | 0.34%                  | 0.814 | 8760                   | 0.71 | 1,167,003.17 | 100,561.18                   | 16,403.71            |                       | 3,240.72             | 528.63                      |                         |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 212.18     | 1.00             | 212.18                   | 0.39%                   | 0.37%                  | 0.829 | 8760                   | 0.73 | 1,355,592.60 | 116,812.01                   | 17,013.01            |                       | 3,240.72             | 471.99                      |                         |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 239.45     | 1.00             | 239.45                   | 0.42%                   | 0.39%                  | 0.843 | 8760                   | 0.75 | 1,574,765.84 | 135,698.27                   | 17,646.15            |                       | 3,240.72             | 421.42                      |                         |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 270.23     | 1.00             | 270.23                   | 0.44%                   | 0.42%                  | 0.858 | 8760                   | 0.77 | 1,829,499.33 | 157,648.77                   | 18,304.09            |                       | 3,240.72             | 376.27                      |                         |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 304.96     | 1.00             | 304.96                   | 0.47%                   | 0.46%                  | 0.873 | 8760                   | 0.80 | 2,125,581.83 | 183,162.33                   | 18,987.85            |                       | 3,240.72             | 335.95                      |                         |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 344.16     | 1.00             | 344.16                   | 0.50%                   | 0.49%                  | 0.889 | 8760                   | 0.82 | 2,469,747.38 | 212,819.23                   | 19,698.46            |                       | 3,240.72             | 299.96                      |                         |
|    |      |           |                |            |                  |                          |                         |                        |       |                        |      |              |                              | 294,649.16           |                       |                      | 124,538.12                  | 419,187.28              |

Tabla N° 09 Cálculo de Costos y Pérdidas de la Línea de Transmisión SEPI – SEPU conductor 120 mm2. Elaboración Propia.

CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV AAAC 240 MM2 - DOBLE TERNA

Rac=            ohms/km

|    | AÑO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energía (%) | Fc    | T tiempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh)  | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------------------------|------|--------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                       |      | -            | -                            | -                    | 121,623.04            |                      | 121,623.04                  |                         |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 13.03      | 1.00             | 13.03                    | 0.06%                   | 0.05%                  | 0.627 | 8760                    | 0.46 | 52,895.15    | 4,558.00                     | 4,069.64             |                       | 3,928.42             | 3,507.52                    |                         |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 14.71      | 1.00             | 14.71                    | 0.07%                   | 0.05%                  | 0.638 | 8760                    | 0.48 | 61,377.73    | 5,288.95                     | 4,216.32             |                       | 3,928.42             | 3,131.72                    |                         |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 16.60      | 1.00             | 16.60                    | 0.07%                   | 0.06%                  | 0.649 | 8760                    | 0.49 | 71,225.83    | 6,137.56                     | 4,368.59             |                       | 3,928.42             | 2,796.17                    |                         |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 18.73      | 1.00             | 18.73                    | 0.08%                   | 0.06%                  | 0.661 | 8760                    | 0.50 | 82,660.08    | 7,122.86                     | 4,526.70             |                       | 3,928.42             | 2,496.58                    |                         |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 21.14      | 1.00             | 21.14                    | 0.08%                   | 0.07%                  | 0.672 | 8760                    | 0.52 | 95,936.87    | 8,266.92                     | 4,690.87             |                       | 3,928.42             | 2,229.09                    |                         |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 23.86      | 1.00             | 23.86                    | 0.09%                   | 0.07%                  | 0.684 | 8760                    | 0.53 | 111,354.22   | 9,595.44                     | 4,861.35             |                       | 3,928.42             | 1,990.26                    |                         |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 26.92      | 1.00             | 26.92                    | 0.09%                   | 0.08%                  | 0.696 | 8760                    | 0.55 | 129,258.48   | 11,138.26                    | 5,038.38             |                       | 3,928.42             | 1,777.02                    |                         |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 30.38      | 1.00             | 30.38                    | 0.10%                   | 0.08%                  | 0.708 | 8760                    | 0.56 | 150,052.26   | 12,930.07                    | 5,222.24             |                       | 3,928.42             | 1,586.62                    |                         |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 43.67      | 1.00             | 43.67                    | 0.12%                   | 0.10%                  | 0.746 | 8760                    | 0.61 | 234,843.37   | 20,236.56                    | 5,817.53             |                       | 3,928.42             | 1,129.33                    |                         |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 49.28      | 1.00             | 49.28                    | 0.12%                   | 0.11%                  | 0.760 | 8760                    | 0.63 | 272,699.85   | 23,498.67                    | 6,031.52             |                       | 3,928.42             | 1,008.33                    |                         |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 55.62      | 1.00             | 55.62                    | 0.13%                   | 0.12%                  | 0.773 | 8760                    | 0.65 | 316,680.92   | 27,288.53                    | 6,253.83             |                       | 3,928.42             | 900.29                      |                         |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 62.76      | 1.00             | 62.76                    | 0.14%                   | 0.13%                  | 0.786 | 8760                    | 0.67 | 367,780.90   | 31,691.84                    | 6,484.78             |                       | 3,928.42             | 803.83                      |                         |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 70.83      | 1.00             | 70.83                    | 0.15%                   | 0.14%                  | 0.800 | 8760                    | 0.69 | 427,156.05   | 36,808.23                    | 6,724.73             |                       | 3,928.42             | 717.71                      |                         |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 79.93      | 1.00             | 79.93                    | 0.16%                   | 0.15%                  | 0.814 | 8760                    | 0.71 | 496,151.05   | 42,753.56                    | 6,974.03             |                       | 3,928.42             | 640.81                      |                         |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 90.21      | 1.00             | 90.21                    | 0.17%                   | 0.16%                  | 0.829 | 8760                    | 0.73 | 576,329.79   | 49,662.59                    | 7,233.08             |                       | 3,928.42             | 572.15                      |                         |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 101.80     | 1.00             | 101.80                   | 0.18%                   | 0.17%                  | 0.843 | 8760                    | 0.75 | 669,511.23   | 57,692.08                    | 7,502.25             |                       | 3,928.42             | 510.85                      |                         |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 114.89     | 1.00             | 114.89                   | 0.19%                   | 0.18%                  | 0.858 | 8760                    | 0.77 | 777,811.09   | 67,024.33                    | 7,781.98             |                       | 3,928.42             | 456.12                      |                         |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 129.66     | 1.00             | 129.66                   | 0.20%                   | 0.19%                  | 0.873 | 8760                    | 0.80 | 903,690.48   | 77,871.41                    | 8,072.68             |                       | 3,928.42             | 407.25                      |                         |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 146.32     | 1.00             | 146.32                   | 0.21%                   | 0.21%                  | 0.889 | 8760                    | 0.82 | 1,050,012.36 | 90,480.03                    | 8,374.80             |                       | 3,928.42             | 363.61                      |                         |
|    |      |           |                |            |                  |                          |                         |                        |       |                         |      |              |                              | 125,270.00           |                       |                      | 150,966.18                  | 276,236.18              |

Tabla N° 10 Cálculo de Costos y Pérdidas de la Línea de Transmisión SEPI – SEPU conductor 240 mm2. Elaboración Propia.

CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV AAAC 300 MM2 - DOBLE TERNA

Rac=          ohms/km

|    | AÑO  | P (kW)    | E (KWh)        | Pp (Kw) | Longitud (Km) | Perdida Potencia (KW) | Perdida Potencia (%) | Perdida Energia (%) | Fc    | T tiempo (horas/año) | Fp   | Ep (Kwh)     | Costo Perdidas (US\$/año) | C. Perd VP (US\$) | Costo LT (US\$/km) | Mant LT (US\$/km) | Cost+Mant a VP (US\$/km) | Total a VP (US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|---------|---------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------|----------------------|------|--------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0       |               |                       |                      |                     |       | 0                    |      | -            | -                         | -                 | 169,014.77         |                   | 169,014.77               |                      |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 12.67   | 1.00          | 12.67                 | 0.06%                | 0.05%               | 0.627 | 8760                 | 0.46 | 51,405.15    | 4,429.60                  | 3,955.00          |                    | 5,459.18          | 4,874.27                 |                      |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 14.29   | 1.00          | 14.29                 | 0.07%                | 0.05%               | 0.638 | 8760                 | 0.48 | 59,648.78    | 5,139.96                  | 4,097.55          |                    | 5,459.18          | 4,352.02                 |                      |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 16.13   | 1.00          | 16.13                 | 0.07%                | 0.06%               | 0.649 | 8760                 | 0.49 | 69,219.47    | 5,964.67                  | 4,245.54          |                    | 5,459.18          | 3,885.73                 |                      |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 18.20   | 1.00          | 18.20                 | 0.07%                | 0.06%               | 0.661 | 8760                 | 0.50 | 80,331.62    | 6,922.21                  | 4,399.19          |                    | 5,459.18          | 3,469.41                 |                      |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 20.54   | 1.00          | 20.54                 | 0.08%                | 0.06%               | 0.672 | 8760                 | 0.52 | 93,234.43    | 8,034.05                  | 4,558.74          |                    | 5,459.18          | 3,097.68                 |                      |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 23.18   | 1.00          | 23.18                 | 0.08%                | 0.07%               | 0.684 | 8760                 | 0.53 | 108,217.48   | 9,325.15                  | 4,724.41          |                    | 5,459.18          | 2,765.79                 |                      |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 26.16   | 1.00          | 26.16                 | 0.09%                | 0.07%               | 0.696 | 8760                 | 0.55 | 125,617.40   | 10,824.51                 | 4,896.46          |                    | 5,459.18          | 2,469.45                 |                      |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 29.53   | 1.00          | 29.53                 | 0.09%                | 0.08%               | 0.708 | 8760                 | 0.56 | 145,825.43   | 12,565.84                 | 5,075.13          |                    | 5,459.18          | 2,204.87                 |                      |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 42.44   | 1.00          | 42.44                 | 0.11%                | 0.10%               | 0.746 | 8760                 | 0.61 | 228,228.07   | 19,666.51                 | 5,653.65          |                    | 5,459.18          | 1,569.38                 |                      |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 47.89   | 1.00          | 47.89                 | 0.12%                | 0.11%               | 0.760 | 8760                 | 0.63 | 265,018.16   | 22,836.73                 | 5,861.62          |                    | 5,459.18          | 1,401.23                 |                      |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 54.05   | 1.00          | 54.05                 | 0.13%                | 0.11%               | 0.773 | 8760                 | 0.65 | 307,760.33   | 26,519.84                 | 6,077.66          |                    | 5,459.18          | 1,251.10                 |                      |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 61.00   | 1.00          | 61.00                 | 0.14%                | 0.12%               | 0.786 | 8760                 | 0.67 | 357,420.87   | 30,799.11                 | 6,302.11          |                    | 5,459.18          | 1,117.06                 |                      |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 68.84   | 1.00          | 68.84                 | 0.14%                | 0.13%               | 0.800 | 8760                 | 0.69 | 415,123.48   | 35,771.37                 | 6,535.30          |                    | 5,459.18          | 997.37                   |                      |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 77.68   | 1.00          | 77.68                 | 0.15%                | 0.14%               | 0.814 | 8760                 | 0.71 | 482,174.96   | 41,549.23                 | 6,777.58          |                    | 5,459.18          | 890.51                   |                      |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 87.67   | 1.00          | 87.67                 | 0.16%                | 0.15%               | 0.829 | 8760                 | 0.73 | 560,095.15   | 48,263.65                 | 7,029.33          |                    | 5,459.18          | 795.10                   |                      |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 98.94   | 1.00          | 98.94                 | 0.17%                | 0.16%               | 0.843 | 8760                 | 0.75 | 650,651.76   | 56,066.95                 | 7,290.92          |                    | 5,459.18          | 709.91                   |                      |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 111.65  | 1.00          | 111.65                | 0.18%                | 0.17%               | 0.858 | 8760                 | 0.77 | 755,900.92   | 65,136.32                 | 7,562.77          |                    | 5,459.18          | 633.85                   |                      |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 126.00  | 1.00          | 126.00                | 0.19%                | 0.19%               | 0.873 | 8760                 | 0.80 | 878,234.41   | 75,677.85                 | 7,845.28          |                    | 5,459.18          | 565.94                   |                      |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 142.20  | 1.00          | 142.20                | 0.21%                | 0.20%               | 0.889 | 8760                 | 0.82 | 1,020,434.55 | 87,931.30                 | 8,138.89          |                    | 5,459.18          | 505.30                   |                      |
|    |      |           |                |         |               |                       |                      |                     |       |                      |      |              |                           | 121,741.27        |                    |                   | 209,791.79               | 331,533.06           |

Tabla N° 11 Cálculo de Costos y Pérdidas de la Línea de Transmisión SEPI – SEPU conductor 300 mm2. Elaboración Propia.

CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV AAAC 400 MM2 - DOBLE TERNA

Rac= ohms/km

|    | AÑO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energía (%) | Fc    | T tiempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh) | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------------------------|------|-------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                       |      | -           | -                            | -                    | 188,428.00            |                      | 188,428.00                  |                         |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 10.00      | 1.00             | 10.00                    | 0.05%                   | 0.04%                  | 0.627 | 8760                    | 0.46 | 40,602.62   | 3,498.75                     | 3,123.88             |                       | 6,086.22             | 5,434.13                    |                         |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 11.29      | 1.00             | 11.29                    | 0.05%                   | 0.04%                  | 0.638 | 8760                    | 0.48 | 47,113.89   | 4,059.83                     | 3,236.47             |                       | 6,086.22             | 4,851.90                    |                         |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 12.74      | 1.00             | 12.74                    | 0.05%                   | 0.04%                  | 0.649 | 8760                    | 0.49 | 54,673.35   | 4,711.23                     | 3,353.36             |                       | 6,086.22             | 4,332.05                    |                         |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 14.38      | 1.00             | 14.38                    | 0.06%                   | 0.05%                  | 0.661 | 8760                    | 0.50 | 63,450.34   | 5,467.54                     | 3,474.72             |                       | 6,086.22             | 3,867.91                    |                         |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 16.23      | 1.00             | 16.23                    | 0.06%                   | 0.05%                  | 0.672 | 8760                    | 0.52 | 73,641.68   | 6,345.74                     | 3,600.74             |                       | 6,086.22             | 3,453.49                    |                         |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 18.31      | 1.00             | 18.31                    | 0.07%                   | 0.05%                  | 0.684 | 8760                    | 0.53 | 85,476.13   | 7,365.52                     | 3,731.60             |                       | 6,086.22             | 3,083.47                    |                         |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 20.67      | 1.00             | 20.67                    | 0.07%                   | 0.06%                  | 0.696 | 8760                    | 0.55 | 99,219.54   | 8,549.79                     | 3,867.49             |                       | 6,086.22             | 2,753.10                    |                         |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 23.32      | 1.00             | 23.32                    | 0.07%                   | 0.06%                  | 0.708 | 8760                    | 0.56 | 115,180.96  | 9,925.19                     | 4,008.62             |                       | 6,086.22             | 2,458.12                    |                         |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 33.52      | 1.00             | 33.52                    | 0.09%                   | 0.08%                  | 0.746 | 8760                    | 0.61 | 180,267.10  | 15,533.70                    | 4,465.57             |                       | 6,086.22             | 1,749.64                    |                         |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 37.83      | 1.00             | 37.83                    | 0.09%                   | 0.08%                  | 0.760 | 8760                    | 0.63 | 209,325.94  | 18,037.71                    | 4,629.83             |                       | 6,086.22             | 1,562.18                    |                         |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 42.69      | 1.00             | 42.69                    | 0.10%                   | 0.09%                  | 0.773 | 8760                    | 0.65 | 243,086.06  | 20,946.83                    | 4,800.47             |                       | 6,086.22             | 1,394.81                    |                         |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 48.18      | 1.00             | 48.18                    | 0.11%                   | 0.10%                  | 0.786 | 8760                    | 0.67 | 282,310.69  | 24,326.84                    | 4,977.75             |                       | 6,086.22             | 1,245.36                    |                         |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 54.37      | 1.00             | 54.37                    | 0.11%                   | 0.10%                  | 0.800 | 8760                    | 0.69 | 327,887.39  | 28,254.20                    | 5,161.94             |                       | 6,086.22             | 1,111.93                    |                         |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 61.36      | 1.00             | 61.36                    | 0.12%                   | 0.11%                  | 0.814 | 8760                    | 0.71 | 380,848.34  | 32,817.87                    | 5,353.31             |                       | 6,086.22             | 992.80                      |                         |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 69.24      | 1.00             | 69.24                    | 0.13%                   | 0.12%                  | 0.829 | 8760                    | 0.73 | 442,393.99  | 38,121.29                    | 5,552.15             |                       | 6,086.22             | 886.42                      |                         |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 78.14      | 1.00             | 78.14                    | 0.14%                   | 0.13%                  | 0.843 | 8760                    | 0.75 | 513,920.59  | 44,284.76                    | 5,758.77             |                       | 6,086.22             | 791.45                      |                         |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 88.19      | 1.00             | 88.19                    | 0.14%                   | 0.14%                  | 0.858 | 8760                    | 0.77 | 597,052.18  | 51,448.25                    | 5,973.49             |                       | 6,086.22             | 706.65                      |                         |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 99.52      | 1.00             | 99.52                    | 0.15%                   | 0.15%                  | 0.873 | 8760                    | 0.80 | 693,677.90  | 59,774.53                    | 6,196.63             |                       | 6,086.22             | 630.94                      |                         |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 112.32     | 1.00             | 112.32                   | 0.16%                   | 0.16%                  | 0.889 | 8760                    | 0.82 | 805,995.40  | 69,452.98                    | 6,428.54             |                       | 6,086.22             | 563.34                      |                         |
|    |      |           |                |            |                  |                          |                         |                        |       |                         |      |             |                              | 96,157.96            |                       |                      | 233,888.71                  | 330,046.67              |

Tabla N° 12 Cálculo de Costos y Pérdidas de la Línea de Transmisión SEPI – SEPU conductor 400 mm2. Elaboración Propia.

CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV AAAC 240 MM2 - DOBLE TERNA

Rac= ohms/km

|    | AÑO  | P (kW)    | E (KWh)        | Pp (Kw) | Longitud (Km) | Perdida Potencia (KW) | Perdida Potencia (%) | Perdida Energia (%) | Fc    | T tiempo (horas/año) | Fp   | Ep (Kwh)      | Costo Perdidas (US\$/año) | C. Perd VP (US\$) | Costo LT (US\$/km) | Mant LT (US\$/km) | Cost+Mant a VP (US\$/km) | Total a VP (US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|---------|---------------|-----------------------|----------------------|---------------------|-------|----------------------|------|---------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0       |               |                       |                      |                     |       | 0                    |      | -             | -                         | -                 | 121,623.04         |                   | 121,623.04               |                      |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 13.03   | 10.50         | 136.84                | 0.67%                | 0.52%               | 0.627 | 8760                 | 0.46 | 555,399.09    | 47,858.99                 | 42,731.24         |                    | 3,928.42          | 3,507.52                 |                      |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 14.71   | 10.50         | 154.43                | 0.71%                | 0.56%               | 0.638 | 8760                 | 0.48 | 644,466.19    | 55,533.94                 | 44,271.31         |                    | 3,928.42          | 3,131.72                 |                      |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 16.60   | 10.50         | 174.28                | 0.75%                | 0.60%               | 0.649 | 8760                 | 0.49 | 747,871.22    | 64,444.39                 | 45,870.25         |                    | 3,928.42          | 2,796.17                 |                      |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 18.73   | 10.50         | 196.68                | 0.80%                | 0.65%               | 0.661 | 8760                 | 0.50 | 867,930.80    | 74,789.98                 | 47,530.38         |                    | 3,928.42          | 2,496.58                 |                      |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 21.14   | 10.50         | 221.96                | 0.85%                | 0.69%               | 0.672 | 8760                 | 0.52 | 1,007,337.17  | 86,802.69                 | 49,254.18         |                    | 3,928.42          | 2,229.09                 |                      |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 23.86   | 10.50         | 250.49                | 0.90%                | 0.74%               | 0.684 | 8760                 | 0.53 | 1,169,219.32  | 100,752.15                | 51,044.17         |                    | 3,928.42          | 1,990.26                 |                      |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 26.92   | 10.50         | 282.68                | 0.96%                | 0.80%               | 0.696 | 8760                 | 0.55 | 1,357,214.06  | 116,951.74                | 52,903.03         |                    | 3,928.42          | 1,777.02                 |                      |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 30.38   | 10.50         | 319.02                | 1.02%                | 0.86%               | 0.708 | 8760                 | 0.56 | 1,575,548.68  | 135,765.73                | 54,833.50         |                    | 3,928.42          | 1,586.62                 |                      |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 43.67   | 10.50         | 458.52                | 1.22%                | 1.06%               | 0.746 | 8760                 | 0.61 | 2,465,855.42  | 212,483.85                | 61,084.03         |                    | 3,928.42          | 1,129.33                 |                      |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 49.28   | 10.50         | 517.45                | 1.29%                | 1.14%               | 0.760 | 8760                 | 0.63 | 2,863,348.37  | 246,736.00                | 63,330.98         |                    | 3,928.42          | 1,008.33                 |                      |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 55.62   | 10.50         | 583.96                | 1.37%                | 1.23%               | 0.773 | 8760                 | 0.65 | 3,325,149.63  | 286,529.62                | 65,665.19         |                    | 3,928.42          | 900.29                   |                      |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 62.76   | 10.50         | 659.02                | 1.46%                | 1.32%               | 0.786 | 8760                 | 0.67 | 3,861,699.42  | 332,764.35                | 68,090.18         |                    | 3,928.42          | 803.83                   |                      |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 70.83   | 10.50         | 743.72                | 1.55%                | 1.42%               | 0.800 | 8760                 | 0.69 | 4,485,138.50  | 386,486.37                | 70,609.61         |                    | 3,928.42          | 717.71                   |                      |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 79.93   | 10.50         | 839.31                | 1.65%                | 1.52%               | 0.814 | 8760                 | 0.71 | 5,209,586.00  | 448,912.33                | 73,227.33         |                    | 3,928.42          | 640.81                   |                      |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 90.21   | 10.50         | 947.19                | 1.75%                | 1.64%               | 0.829 | 8760                 | 0.73 | 6,051,462.80  | 521,457.23                | 75,947.29         |                    | 3,928.42          | 572.15                   |                      |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 101.80  | 10.50         | 1,068.94              | 1.86%                | 1.76%               | 0.843 | 8760                 | 0.75 | 7,029,867.88  | 605,766.83                | 78,773.67         |                    | 3,928.42          | 510.85                   |                      |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 114.89  | 10.50         | 1,206.33              | 1.98%                | 1.89%               | 0.858 | 8760                 | 0.77 | 8,167,016.47  | 703,755.43                | 81,710.77         |                    | 3,928.42          | 456.12                   |                      |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 129.66  | 10.50         | 1,361.38              | 2.10%                | 2.03%               | 0.873 | 8760                 | 0.80 | 9,488,750.01  | 817,649.79                | 84,763.11         |                    | 3,928.42          | 407.25                   |                      |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 545,782,956.75 | 146.32  | 10.50         | 1,536.36              | 2.23%                | 2.02%               | 0.889 | 8760                 | 0.82 | 11,025,129.79 | 950,040.32                | 87,935.36         | 1,315,335.01       | 3,928.42          | 150,966.18               | 1,466,301.20         |

Tabla N° 12 Cálculo de Costos y Pérdidas de la Línea de Transmisión SEPI – SEPU conductor 240 Y 10.5 km. Elaboración Propia.

**ANEXO 14**  
**SELECCIÓN DEL CONDUCTOR OPTIMO**

| Resumen  |          |                     |                         |                        |                  |                                 |                                  |                      |                               |
|----------|----------|---------------------|-------------------------|------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Sección  | P.U (\$) | Costo Linea (\$/Km) | VP (Costo Linea + COyM) | VP (Costo de Pérdidas) | VP (total Costo) | Tasa de Incremento Precio Cond. | Tasa de Incremento Monto Invers. | Factor de Correccion | Costo Linea corregido (\$/Km) |
| 120 mm2  | 1.65     | 86,533.92           | 124,538.12              | 294,649.16             | 419,187.28       |                                 |                                  | 15.9%                | 100,331.77                    |
| 240 mm2  | 3.27     | 118,444.76          | 150,966.18              | 125,270.00             | 276,236.18       | 98.2%                           | 36.9%                            | 2.7%                 | 121,623.04                    |
| 300 mm2  | 4.36     | 131,429.19          | 209,791.79              | 121,741.27             | 331,533.06       | 33.3%                           | 11.0%                            | 28.6%                | 169,014.77                    |
| 400 mm2  | 5.89     | 161,665.65          | 233,888.71              | 96,157.96              | 330,046.67       | 35.0%                           | 23.0%                            | 16.6%                | 188,428.00                    |
| Promedio |          |                     |                         |                        |                  | 55.5%                           | 23.6%                            | 15.9%                |                               |
| Promedio |          |                     |                         |                        |                  | 40%                             |                                  |                      |                               |

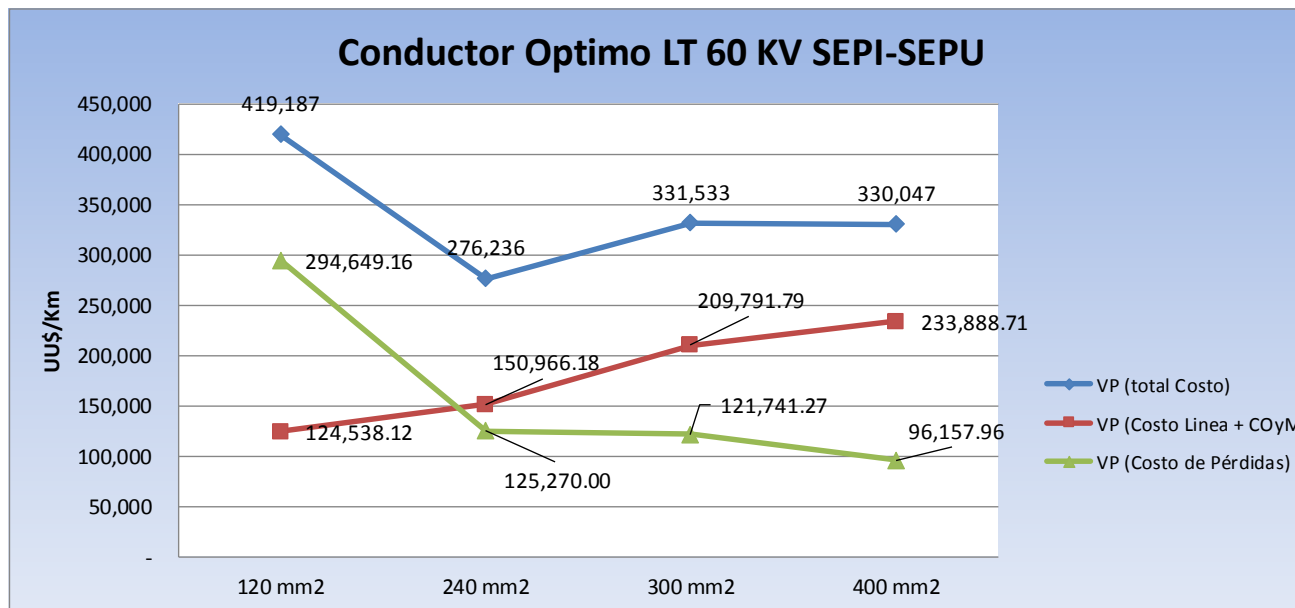


Tabla N° 12 Selección del Conductor Óptimo. Elaboración Propia.

**EVALUACION ECONOMICA DE LAS PERDIDAS DE ENERGIA CON Y SIN PROYECTO**

| AÑO | COSTO DE PERDIDAS (POTENCIA Y ENERGIA) EN US\$ |                     |                     |                      |                      |                      | AÑO | PERDIDA DE ENERGIA EN KWh |                      |                      |                       |                                |                       |
|-----|------------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----|---------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
|     | SEPI-SEPU                                      | SEPI-SEYA           | SEYA-SEPU           | SEPI-SEYA-SEPU       | AHORRO EN US\$       | AHORRO EN S/.        |     | SEPI-SEPU                 | SEPI-SEYA            | SEYA-SEPU            | SEPI-SEYA-SEPU        | ENERGIA DEJADA DE PERDER (KWh) |                       |
| 0   | 2017                                           | -                   | -                   | -                    | -                    | -                    | 0   | 2017                      | -                    | -                    | -                     | -                              | -                     |
| 1   | 2018                                           | 47,858.99           | 72,085.71           | 86,717.53            | 158,803.24           | 110,944.25           | 1   | 2018                      | 555,399.09           | 836,547.99           | 1,006,348.87          | 1,842,896.86                   | 1,287,497.78          |
| 2   | 2019                                           | 55,533.94           | 83,645.80           | 100,624.07           | 184,269.87           | 128,735.93           | 2   | 2019                      | 644,466.19           | 970,701.80           | 1,167,732.96          | 2,138,434.76                   | 1,493,968.58          |
| 3   | 2020                                           | 64,444.39           | 97,066.83           | 116,769.27           | 213,836.09           | 149,391.70           | 3   | 2020                      | 747,871.22           | 1,126,451.55         | 1,355,096.50          | 2,481,548.05                   | 1,733,676.83          |
| 4   | 2021                                           | 74,789.98           | 112,649.46          | 135,514.83           | 248,164.29           | 173,374.31           | 4   | 2021                      | 867,930.80           | 1,307,286.56         | 1,572,637.05          | 2,879,923.61                   | 2,011,992.81          |
| 5   | 2022                                           | 86,802.69           | 130,743.13          | 157,281.12           | 288,024.25           | 201,221.56           | 5   | 2022                      | 1,007,337.17         | 1,517,261.92         | 1,825,232.80          | 3,342,494.72                   | 2,335,157.55          |
| 6   | 2023                                           | 100,752.15          | 151,753.95          | 182,556.67           | 334,310.62           | 233,558.48           | 6   | 2023                      | 1,169,219.32         | 1,761,090.53         | 2,118,553.27          | 3,879,643.80                   | 2,710,424.48          |
| 7   | 2024                                           | 116,951.74          | 176,153.94          | 211,909.33           | 388,063.27           | 271,111.54           | 7   | 2024                      | 1,357,214.06         | 2,044,250.19         | 2,459,188.12          | 4,503,438.32                   | 3,146,224.26          |
| 8   | 2025                                           | 135,765.73          | 204,491.78          | 245,999.12           | 450,490.90           | 314,725.17           | 8   | 2025                      | 1,575,548.68         | 2,373,108.12         | 2,854,796.99          | 5,227,905.11                   | 3,652,356.43          |
| 9   | 2026                                           | 157,617.56          | 237,405.24          | 285,593.30           | 522,998.54           | 365,380.98           | 9   | 2026                      | 1,829,137.22         | 2,755,065.86         | 3,314,283.77          | 6,069,349.63                   | 4,240,212.41          |
| 10  | 2027                                           | 182,999.51          | 275,635.79          | 331,583.81           | 607,219.61           | 424,220.10           | 10  | 2027                      | 2,123,692.30         | 3,198,727.85         | 3,847,999.41          | 7,046,727.26                   | 4,923,034.96          |
| 11  | 2028                                           | 212,483.85          | 320,045.43          | 385,007.63           | 705,053.06           | 492,569.21           | 11  | 2028                      | 2,465,855.42         | 3,714,097.56         | 4,467,977.86          | 8,182,075.42                   | 5,716,220.00          |
| 12  | 2029                                           | 246,736.00          | 371,636.37          | 447,070.40           | 818,706.78           | 571,970.78           | 12  | 2029                      | 2,863,348.37         | 4,312,805.66         | 5,188,210.58          | 9,501,016.24                   | 6,637,667.86          |
| 13  | 2030                                           | 286,529.62          | 431,573.94          | 519,173.98           | 950,747.93           | 664,218.31           | 13  | 2030                      | 3,325,149.63         | 5,008,375.61         | 6,024,965.95          | 11,033,341.56                  | 7,708,191.93          |
| 14  | 2031                                           | 332,764.35          | 501,213.19          | 602,948.47           | 1,104,161.65         | 771,397.31           | 14  | 2031                      | 3,861,699.42         | 5,816,532.58         | 6,997,161.06          | 12,813,693.64                  | 8,951,994.23          |
| 15  | 2032                                           | 386,486.37          | 582,129.87          | 700,289.45           | 1,282,419.32         | 895,932.95           | 15  | 2032                      | 4,485,138.50         | 6,755,563.13         | 8,126,794.21          | 14,882,357.34                  | 10,397,218.84         |
| 16  | 2033                                           | 448,912.33          | 676,156.51          | 813,401.45           | 1,489,557.96         | 1,040,645.63         | 16  | 2033                      | 5,209,586.00         | 7,846,733.64         | 9,439,448.38          | 17,286,182.02                  | 12,076,596.02         |
| 17  | 2034                                           | 521,457.23          | 785,424.40          | 944,848.32           | 1,730,272.72         | 1,208,815.50         | 17  | 2034                      | 6,051,462.80         | 9,114,777.39         | 10,964,877.19         | 20,079,654.58                  | 14,028,191.78         |
| 18  | 2035                                           | 605,766.83          | 912,412.41          | 1,097,612.11         | 2,010,024.53         | 1,404,257.70         | 18  | 2035                      | 7,029,867.88         | 10,588,461.49        | 12,737,686.83         | 23,326,148.32                  | 16,296,280.44         |
| 19  | 2036                                           | 703,755.43          | 1,060,003.88        | 1,275,161.41         | 2,335,165.29         | 1,631,409.86         | 19  | 2036                      | 8,167,016.47         | 12,301,246.76        | 14,798,129.92         | 27,099,376.68                  | 18,932,360.20         |
| 20  | 2037                                           | 817,649.79          | 1,231,552.78        | 1,481,530.97         | 2,713,083.74         | 1,895,433.95         | 20  | 2037                      | 9,488,750.01         | 14,292,055.82        | 17,193,029.53         | 31,485,085.35                  | 21,996,335.34         |
|     |                                                | <b>5,586,058.45</b> | <b>8,413,780.44</b> | <b>10,121,593.24</b> | <b>18,535,373.67</b> | <b>12,949,315.22</b> |     |                           | <b>64,825,690.52</b> | <b>97,641,142.01</b> | <b>117,460,151.25</b> | <b>215,101,293.26</b>          | <b>150,275,602.74</b> |

Tabla N° 13 Evaluación Económica de las Perdidas de Energía con o Sin Proyecto. Elaboración Propia.

**ANÁLISIS DE PERDIDA DE ENERGIA CON Y SIN LA EJECUCION DEL PROYECTO**

|                                                         | 0    | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13         | 14         | 15         | 16         | 17         | 18         | 19         | 20         |
|---------------------------------------------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                                         | 2017 | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      | 2022      | 2023      | 2024      | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      | 2030       | 2031       | 2032       | 2033       | 2034       | 2035       | 2036       | 2037       |
| Pérdida Energía (SEPI-SEPU)                             |      | 0.52%     | 0.56%     | 0.60%     | 0.65%     | 0.69%     | 0.74%     | 0.80%     | 0.86%     | 0.92%     | 0.99%     | 1.06%     | 1.14%     | 1.23%      | 1.32%      | 1.42%      | 1.52%      | 1.64%      | 1.76%      | 1.89%      | 2.03%      |
| Pérdida Potencia (SEPI-SEPU)                            |      | 0.67%     | 0.71%     | 0.75%     | 0.80%     | 0.85%     | 0.90%     | 0.96%     | 1.02%     | 1.08%     | 1.15%     | 1.22%     | 1.29%     | 1.37%      | 1.46%      | 1.55%      | 1.65%      | 1.75%      | 1.86%      | 1.98%      | 2.10%      |
| Pérdida Energía sin Proyecto (SEPI-SEYA-SEPU)           |      | 1,842,897 | 2,138,435 | 2,481,548 | 2,879,924 | 3,342,495 | 3,879,644 | 4,503,438 | 5,227,905 | 6,069,350 | 7,046,727 | 8,182,075 | 9,501,016 | 11,033,342 | 12,813,694 | 14,882,357 | 17,286,182 | 20,079,655 | 23,326,148 | 27,099,377 | 31,485,085 |
| Pérdida Energía con Proyecto (SEPI-SEPU)                |      | 555,399   | 644,466   | 747,871   | 867,931   | 1,007,337 | 1,169,219 | 1,357,214 | 1,575,549 | 1,829,137 | 2,123,692 | 2,465,855 | 2,863,348 | 3,325,150  | 3,861,699  | 4,485,138  | 5,209,586  | 6,051,463  | 7,029,868  | 8,167,016  | 9,488,750  |
| Energía dejada de perder con nuevo proyecto (SEPI-SEPU) |      | 1,287,498 | 1,493,969 | 1,733,677 | 2,011,993 | 2,335,158 | 2,710,424 | 3,146,224 | 3,652,356 | 4,240,212 | 4,923,035 | 5,716,220 | 6,637,668 | 7,708,192  | 8,951,994  | 10,397,219 | 12,076,596 | 14,028,192 | 16,296,280 | 18,932,360 | 21,996,335 |

Tabla N° 14. Análisis de Pérdidas de Energía con y Sin la Ejecución del Proyecto. Elaboración Propia.



## 4.2 DISCUSIÓN

Al Igual que Rocha (2005) La Presenten investigación toma en consideración esta geometría variable identificando que la mayor cantidad de pérdidas se da por el efecto joule. Se han seguido los lineamientos normativos como detalle Llenque (2003) para la implementación de la Línea de Transmisión Cumpliendo con el Marco Normativo del Ministerio de Energía.

Al Igual que Mantilla (2001) se ha logrado determinar las pérdidas de energía eléctrica y el gran potencial ahorro energético en función las pérdidas de las Líneas de Transmisión SEPI-SEYA y SEYA-SEPU. Rivadeneira (2013). Señala que en Diseño de Líneas de Transmisión Cortas (menores a 80 km) y de voltaje inferior a 80 kV, el efecto corona y la capacitancia de la línea no representan cambios significativos; Aspecto a tomar en cuenta en la presente investigación.<sup>4</sup>

Así como Romero (2013), está demostrado que la Suma de los Gastos Totales para la Implementación de la Línea de Transmisión es el resultado de la Suma de Los Costos Iniciales, Operación y Mantenimiento.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

- El Sistema de Transmisión de Pucallpa presenta fallas debido a su Antigüedad lo que hace ineficiente el transporte de energía y queda definido por las siguientes Características:
  - Tensión Nominal: 60 kV rms.
  - Frecuencia Nominal: 60 Hz
  - Máxima tensión de operación: 72.5 kV rms.
  - Neutro: Efectivamente conectado a tierra.
- Se ha Proyectado la Línea de Transmisión SEPI-SEPU con una longitud de 10.5 km y 8 vértices, que atraviesan las calles principales de la Ciudad de Pucallpa, Ver Anexo.
- Se Seleccionaron Conductores AAAC de Aluminio de 120, 240, 300, y 400 mm<sup>2</sup> de sección y se Determinó que la Sección Económica Óptima del Conductor de la Línea de Transmisión SEPI-SEPU es igual 240 mm<sup>2</sup>.
- El Ahorro Energético que se obtuvo con la implementación de la Línea de Transmisión es 321,738.34 Soles el Primer Año de Operación.

### **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se Recomienda también realizar, hacer un estudio del costo de la Instalación de Nuevas Celdas en los Pórticos de Salida y Llegada a las Subestaciones, ya que esta tesis plantea usar las celdas disponibles.

## VI. REFERENCIAS

### 6.1 BIBLIOGRAFÍA

- Grainger, J. y Stevenson, W. (1996). *Análisis de sistemas eléctricos de potencia*. México: McGraw-Hill
- Alvarado, F. L., Bel, C. A., Cañizares, C., Pidre, J. C., Navarro, A. J. C., Otero, A. F., ... & Ramos, J. L. M. (2002). *Análisis y operación de sistemas de energía eléctrica*. México: McGraw-Hill.
- Hayrt Jr. W.H. & Buck J.A. (2006). *Engineering Electromagnetics*. EE.UU: McGraw-Hill International Edition.
- Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica IEEE. (1986). *ANSI(IEEE 738-1986-IEEE. Standard for Calculation of Bare Overhead Conductor Temperature and Ampacity Under Steady-State Conditions*. EE.UU: IEEE
- Weedy, B. M. (1978). *Sistemas Eléctricos de Gran Potencia*. España: Reverté.
- ZAPATA, C. J. (2005). *Confiabilidad en Sistemas Eléctricos de Potencia. Libro Guía. Maestría en Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de Pereira*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira
- Rosas, R. M. M. (2010). *Cálculo de líneas y redes eléctricas* (Vol. 75). España: Universidad Politécnica de Catalunya.

## 6.2 REFERENCIAS

1. Rocha Z. Victor (2005). *Estudio Definitivo de la Línea de Transmisión Majes-Camaná en 138 kV*. Tesis de Grado no Publicada, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
2. LLenque Tume José Walter (2013). *Calidad en el Procedimiento Constructivo y de Seguridad para el Transporte Eficiente de la Energía Eléctrica en Líneas de Transmisión de 60 kV para el Proyecto Bayovar*. Tesis de Grado no Publicada. Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.
3. Mantilla Barrón Agustín & Vergaray Guzmán José Luis (2011). *Evaluación Energética de la Línea de Transmisión Eléctrica Nepeña – San Jacinto LT 1114 DE 138 kV*. Tesis de Grado no Publicada. Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.
4. Edgardo Elías Rivadeneira Loor (2013). *Estudio y Diseño de la Línea de Subtransmisión a 60 kV Winchile – Rocafuerte*. Tesis de Grado no Publicada. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.
5. Romero Herrera Juan Pablo (2010). *Guía Práctica para el Diseño y Proyecto de Líneas de Transmisión de Alta Tensión*. Tesis de Grado. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

## **VII. ANEXOS**

1. Distancias Mínimas de Seguridad
2. Distancias de Seguridad
3. Capacidad Térmica
4. Efecto Creep
5. Aislamiento
6. Balance Térmico del Conductor
7. Cálculo Momento Eléctrico
8. Cálculo Mecánico del Conductor
9. Ampacitancia
10. Cortocircuito
11. Ubicación del Cable Guarda
12. Cuadro de Cargas
13. Resistividad del Terreno
14. Calculo de Pérdidas y Selección del Conductor
15. Proyecciones de la Demanda
16. Plano Trazo de Ruta - Línea de Transmisión

ANEXO 01

PROYECTO: CONSTRUCCION DE LINEA DE TRANSMISION 60 kV SUBESTACION PARQUE INDUSTRIAL - SUBESTACION PUCALLPA

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD

1. Distancias Minimadas de Seguridad

1.1 Distancia del conductor a tierra

$$d_{min} = 5.3 + \frac{V_n}{150}$$

V (kV)

$d_{min}$  (m) 5.7

$d_{min}$  (m) **6**

1.2 Distancia del Conductor al soporte

$$d_{min} = 0.1 + \frac{V_n}{150}$$

V (kv) 60

$d_{min}$  (m) 0.5

$d_{min}$  (m) **0.5**

1.3 Distancia vertical entre conductores (m)

$$D = K * \sqrt{F + L} + \frac{U}{150}$$

Donde:  
K=Coficiente que depende de la oscilacion de los conductores con el viento que se tomara de tabla.

0.6

| Angulo de oscilacion     | Valores de K                |                        |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                          | Lineas de 1º y 2º categoria | Lineas de 3º categoria |
| Superior a 65º           | 0.70                        | 0.65                   |
| comprendido entre 40-65º | 0.65                        | 0.60                   |
| Inferior a 40º           | 0.60                        | 0.55                   |

F= Flecha maxima en (m)  
L=Longitud de la cadena de suspension. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidoss L=0 (m);  
U= Tension nominal de la línea (kV)

5

0

60

D (m) 1.341640786

D (m) **1**

1.3 Distancia dielectrica a la altura h (m.s.n.m)

$$d_h = d_{1000} + 0.0125 * \left(\frac{h-1000}{100}\right) * d_{1000} \quad d_{ENTRE.FASES} = K * d_h$$

| TENSION NOMINAL DEL SISTEMA k V | Distancia minima (m) de fase a tierra d1000 | h . altitud (m.s.n.m) | Distancia dielectrica a la altura m.s.n.m (d <sub>h</sub> ) | Distancia entre |
|---------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------|
|                                 |                                             |                       |                                                             | fases (m)       |
| 10                              | 0.48                                        | 1000                  | 0.48                                                        | 0.864           |
| 33                              | 0.48                                        | 1000                  | 0.48                                                        | 0.864           |
| 60                              | 0.63                                        | 1000                  | 0.63                                                        | 1.134           |
| 85                              | 1.17                                        | 1000                  | 1.17                                                        | 2.097           |
| 230                             | 2.23                                        | 1000                  | 2.23                                                        | 4.005           |
| 400                             | 3.02                                        | 1000                  | 3.02                                                        | 5.436           |

NOTA:  
K= 1.8 (Para claros en buses , del orden 40m)  
K= 2 (Para claros en buses , mayores 40m)

**PROYECTO: CONSTRUCCION DE LINEA DE TRANSMISION 60 kV SUBESTACION PARQUE INDUSTRIAL -  
SUBESTACION PUCALLPA**

**DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD**

**RESUMEN DE LAS DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD**

| Categoría de la línea | Tensión nominal U k V | Distancia de los conductores al terreno $5.3+U/150$<br>m | Separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos. $0.1+U/150$ .<br>m |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3ª                    | 3                     | 5                                                        | 0.12                                                                                                 |
|                       | 6                     | 5                                                        | 0.14                                                                                                 |
|                       | 10                    | 5                                                        | 0.17                                                                                                 |
|                       | 13.2                  | 5                                                        | 0.19                                                                                                 |
|                       | 20                    | 5                                                        | 0.23                                                                                                 |
| 2ª                    | 22.9                  | 5                                                        | 0.25                                                                                                 |
|                       | 33                    | 6                                                        | 0.32                                                                                                 |
|                       | 45                    | 6                                                        | 0.4                                                                                                  |
|                       | 60                    | 6                                                        | 0.5                                                                                                  |
|                       | 138                   | 6                                                        | 1.02                                                                                                 |
| 1ª                    | 220                   | 7                                                        | 1.57                                                                                                 |
|                       | 380                   | 8                                                        | 2.63                                                                                                 |

**CRUZAMIENTOS**

| Categoría de la línea | Tensión nominal U k V | Línea eléctricas y de telecomunicación $1.5+U/150$<br>m | Carreteras y ferrocarriles sin electrificar $6.3+U/100$ .<br>m | Ferrocarriles, electrificados tranvías y trolebuses $2.3+U/100$<br>m |
|-----------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 3ª                    | 3                     | 1.52                                                    | 6.33                                                           | 2.33                                                                 |
|                       | 6                     | 1.54                                                    | 6.36                                                           | 2.36                                                                 |
|                       | 10                    | 1.57                                                    | 6.4                                                            | 2.4                                                                  |
|                       | 13.2                  | 1.59                                                    | 6.43                                                           | 2.43                                                                 |
|                       | 20                    | 1.63                                                    | 6.5                                                            | 2.5                                                                  |
| 2ª                    | 22.9                  | 1.65                                                    | 6.53                                                           | 2.53                                                                 |
|                       | 33                    | 1.72                                                    | 6.63                                                           | 2.63                                                                 |
|                       | 45                    | 1.8                                                     | 6.75                                                           | 2.75                                                                 |
|                       | 60                    | 1.9                                                     | 6.9                                                            | 2.9                                                                  |
|                       | 138                   | 2.42                                                    | 7.68                                                           | 3.68                                                                 |
| 1ª                    | 220                   | 2.97                                                    | 8.5                                                            | 4.5                                                                  |
|                       | 380                   | 4.03                                                    | 10.1                                                           | 6.1                                                                  |

**CRUZAMIENTOS**

| Categoría de la línea | Tensión nominal U k V | Teleféricos y cables transportadores $3.3+U/100$<br>m | Ríos y canales navegables o flotables |                      |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
|                       |                       |                                                       | $G+ 2.3+U/100$<br>m                   | $4.7+2.3+U/100$<br>m |
| 3ª                    | 3                     | 3.33                                                  | G+2.33                                | 7.03                 |
|                       | 6                     | 3.36                                                  | G+2.36                                | 7.06                 |
|                       | 10                    | 3.4                                                   | G+2.4                                 | 7.10                 |
|                       | 13.2                  | 3.43                                                  | G+2.43                                | 7.13                 |
|                       | 20                    | 3.5                                                   | G+2.5                                 | 7.20                 |
| 2ª                    | 22.9                  | 3.53                                                  | G+2.53                                | 7.23                 |
|                       | 33                    | 3.63                                                  | G+2.63                                | 7.33                 |
|                       | 45                    | 3.75                                                  | G+2.75                                | 7.45                 |
|                       | 60                    | 3.9                                                   | G+2.9                                 | 7.60                 |
|                       | 138                   | 4.68                                                  | G+3.68                                | 8.38                 |
| 1ª                    | 220                   | 5.5                                                   | G+4.5                                 | 9.20                 |
|                       | 380                   | 7.1                                                   | G+6.1                                 | 10.80                |

Donde:

G= Es el galibo. En el caso de que no exista galibo definido se considerara este igual a 4.7 m.

**PASO POR ZONAS**

| Categoría de la línea | Tensión nominal U k V | Bosques, arboles y masas de arbolado $1.5+U/150$<br>m | Edificios o construcciones                            |                                             |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                       |                       |                                                       | Sobre puntos accesibles a personas $3.3+U/100$ .<br>m | Sobre puntos no accesibles $3.3+U/150$<br>m |
| 3ª                    | 3                     | 1.52                                                  | 3.33                                                  | 3.32                                        |
|                       | 6                     | 1.54                                                  | 3.36                                                  | 3.34                                        |
|                       | 10                    | 1.57                                                  | 3.4                                                   | 3.37                                        |
|                       | 13.2                  | 1.59                                                  | 3.43                                                  | 3.39                                        |
|                       | 20                    | 1.63                                                  | 3.5                                                   | 3.43                                        |
| 2ª                    | 22.9                  | 1.65                                                  | 3.53                                                  | 3.45                                        |
|                       | 33                    | 1.72                                                  | 3.63                                                  | 3.52                                        |
|                       | 45                    | 1.8                                                   | 3.75                                                  | 3.6                                         |
|                       | 60                    | 1.9                                                   | 3.9                                                   | 3.7                                         |
|                       | 138                   | 2.42                                                  | 4.68                                                  | 4.22                                        |
| 1ª                    | 220                   | 2.97                                                  | 5.5                                                   | 4.77                                        |
|                       | 380                   | 4.03                                                  | 7.1                                                   | 5.83                                        |

## ANEXO 02

**Distancias de Seguridad****A. Distancia Horizontal entre conductores limitado por el vano máximo**

$$S = 0,00762 \times kV \times fh + fe \times \sqrt{f \times 0,3048} + Li \times \sin \phi$$

- S : Separación horizontal requerida (m).  
 kV : Tensión nominal entre fase - fase (60 KV)  
 fh : Factor de altura ( fh = 1,00 para 1000 msnm).  
 fe : Factor de experiencia ( fe = 1.15).  
 f : Flecha del conductor en la condición de templado (m).  
 Li : Longitud de la cadena de aisladores (1,2 m).  
 $\phi$  : Máximo ángulo de oscilación de diseño  $\phi=60^\circ$ ; anclaje  $\phi=0^\circ$

| Tipo de Estructura | S (m) | Altitud (msnm) | fh   | Flecha (m) | Vano máximo Lateral (m) |
|--------------------|-------|----------------|------|------------|-------------------------|
| S2c                | 3.10  | 1000           | 1.00 | 5          | 273                     |
| TA-2               | 3.10  | 1000           | 1.00 | 17         | 507                     |
| TA-4               | 3.10  | 1000           | 1.00 | 17         | 507                     |
| T-AF               | 3.10  | 1000           | 1.00 | 17         | 507                     |

**B. Distancia Vertical entre conductores limitado por el vano máximo**

$$S = 0,00762 \times kV \times fh + fe \times \sqrt{f \times 0,3048}$$

- S : Separación vertical requerida (m).  
 kV : Tensión nominal entre fase - fase (60 KV)  
 fh : Factor de altura ( fh = 1,00 para 1000 msnm).  
 fe : Factor de experiencia ( fe = 1.15).  
 f : Flecha del conductor en la condición de templado (m).

| Tipo de Estructura | S (m) | Altitud (msnm) | fh   | Flecha (m) | Vano máximo Lateral (m) |
|--------------------|-------|----------------|------|------------|-------------------------|
| S2c                | 2.30  | 1000           | 1.00 | 8          | 354                     |
| R-A                | 1.80  | 1000           | 1.00 | 4          | 258                     |
| TA-2               | 2.30  | 1000           | 1.00 | 8          | 354                     |
| TA-4               | 2.30  | 1000           | 1.00 | 8          | 354                     |
| T-AF               | 1.80  | 1000           | 1.00 | 4          | 258                     |



**ANEXO 03**  
**CAPACIDAD TERMICA DEL CONDUCTOR**  
**DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 kV SEPI - SEPU**

**PROYECTO: CONSTRUCCION DE LINEA DE TRANSMISION 60 kV SUBESTACION PARQUE INDUSTRIAL - SUBESTACION PUCALLPA**

| DATOS GENERALES |                                 | UNIDADES | DIA     | NOCHE  |
|-----------------|---------------------------------|----------|---------|--------|
| (1)             | TIPO DE CONDUCTOR               |          | AAAC    | AAAC   |
| (2)             | DIAMETRO DEL CONDUCTOR          | mm       | 19.95   | 19.95  |
| (3)             | EMISITIVIDAD DEL CONDUCTOR      |          | 0.7     | 0.7    |
|                 | 0.23 CONDUCTOR NUEVO            |          |         |        |
|                 | 0.91 CONDUCTOR NEGRO            |          |         |        |
| (4)             | TEMP. INICIAL CONDUCTOR         | °C       | 37.60   | 15     |
| (5)             | RESIST CONDUCTOR ( 20°C)        | ohm/km   | 0.142   | 0.142  |
| (6)             | COEF. ABSORCION SOLAR           |          | 0.7     | 0.7    |
|                 | 0.23 CONDUCTOR NUEVO            |          |         |        |
|                 | 0.95 CONDUCTOR NEGRO            |          |         |        |
| (7)             | ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR   | m        | 1000    | 1000   |
| (8)             | VELOCIDAD TRANS. DEL VIENTO     | km/hr    | 3.5     | 3.5    |
| (9)             | TEMPERATURA AMBIENTE            | °C       | 25      | 15     |
| (10)            | AZIMUTH DE LA LINEA             | Grados   | 140     | 140    |
| (11)            | LATITUD DE LA LINEA             | Grados   | 16      | 16     |
| (12)            | HEMISFERIO (Norte=1, Sur=0)     |          | 0       | 0      |
| (13)            | FECHA                           | Mes-Dia  | 15-Dic  | 15-Dic |
| (14)            | HORA DEL DIA (horas)            |          | 12      | 19     |
| (15)            | ALBEDO                          |          | 0.1     | 0.1    |
|                 | 0.1 Para tierra                 |          |         |        |
|                 | 0.2 Para arena y hierba         |          |         |        |
|                 | 0.8 Para hielo                  |          |         |        |
| (16)            | TIPO DE ATMOSFERA               |          | 4       |        |
|                 | 1=Excepcionalmente claro y seco |          |         |        |
|                 | 2=Excepcionalmente claro        |          |         |        |
|                 | 3=Muy claro                     |          |         |        |
|                 | 4=Claro                         |          |         |        |
|                 | 5=Industrial                    |          |         |        |
| (17)            | TENSION NOMINAL DEL SISTEMA     | kV       | 60      | 60     |
|                 | RESULTADOS PARCIALES            | UNIDADES | DIA     | NOCHE  |
| (A)             | DECLINACION SOLAR               | Grados   | 2.9     |        |
| (B)             | ALTITUD SOLAR ( H )             | Grados   | 72.3    |        |
| (C)             | AZIMUTH DEL SOL                 | Grados   | 43.2    |        |
| (D)             | ANGULO DE INCIDENCIA DEL SOL    | Grados   | 92.1    |        |
| (E)             | INTENSIDAD DE LA RADIACION      |          |         |        |
|                 | Por altitud ( ID )              | W/M      | 900     |        |
|                 | Por tipo de día ( Id )          | W/M      | 100     |        |
| (F)             | RESISTENCIA DEL CONDUCTOR ( R ) | ohm/km   | 0.151   | 0.139  |
| (G)             | NUMERO DE REINOLDS ( Re )       |          | 1074    | 1183   |
| (H)             | PERDIDAS CONVECTIVAS ( Qc )     | W/M      | 16.605  |        |
| (I)             | CALOR RADIADO CONDUCTOR. ( Qr ) | W/M      | 3.537   |        |
| (J)             | CALOR IRRADIADO P/SOL ( Qs )    |          | 17.572  |        |
| (K)             | CORRIENTE CIRCULANTE ( I )      | AMP      | 545.000 | 0.0    |
| (L)             | POTENCIA CIRCULANTE ( S )       | MVA      | 56.64   | 0.00   |

**CAPACIDAD TERMICA DEL CONDUCTOR  
TEMPERATURA DEL CONDUCTOR DURANTE EL DIA  
VERSUS CORRIENTE CIRCULANTE**

| TEMP<br>°C | R<br>OHM/KM | Re<br>Reinolds | Qc<br>W/M | Qr<br>W/M | Qs<br>W/M | I<br>A | POTENCIA<br>MVA |
|------------|-------------|----------------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------------|
| 37.60      | 0.151       | 1074           | 16.61     | 3.54      | 17.57     | 130    | 13.56           |
| 37.70      | 0.151       | 1074           | 16.74     | 3.57      | 17.57     | 134    | 13.97           |
| 37.80      | 0.151       | 1073           | 16.87     | 3.60      | 17.57     | 138    | 14.38           |
| 37.90      | 0.151       | 1073           | 17.00     | 3.63      | 17.57     | 142    | 14.77           |
| 38.00      | 0.151       | 1073           | 17.13     | 3.66      | 17.57     | 146    | 15.15           |
| 38.10      | 0.151       | 1073           | 17.26     | 3.69      | 17.57     | 149    | 15.52           |
| 38.20      | 0.151       | 1072           | 17.39     | 3.72      | 17.57     | 153    | 15.89           |
| 38.30      | 0.151       | 1072           | 17.52     | 3.75      | 17.57     | 156    | 16.24           |
| 38.40      | 0.151       | 1072           | 17.65     | 3.78      | 17.57     | 160    | 16.59           |
| 38.50      | 0.151       | 1071           | 17.79     | 3.81      | 17.57     | 163    | 16.93           |
| 38.60      | 0.152       | 1071           | 17.92     | 3.84      | 17.57     | 166    | 17.26           |
| 38.70      | 0.152       | 1071           | 18.05     | 3.87      | 17.57     | 169    | 17.59           |
| 38.80      | 0.152       | 1070           | 18.18     | 3.90      | 17.57     | 172    | 17.91           |
| 38.90      | 0.152       | 1070           | 18.31     | 3.93      | 17.57     | 175    | 18.23           |
| 39.00      | 0.152       | 1070           | 18.44     | 3.96      | 17.57     | 178    | 18.54           |
| 39.10      | 0.152       | 1069           | 18.57     | 3.99      | 17.57     | 181    | 18.84           |
| 39.20      | 0.152       | 1069           | 18.70     | 4.02      | 17.57     | 184    | 19.14           |
| 39.30      | 0.152       | 1069           | 18.84     | 4.05      | 17.57     | 187    | 19.43           |
| 39.40      | 0.152       | 1069           | 18.97     | 4.08      | 17.57     | 190    | 19.72           |
| 39.50      | 0.152       | 1068           | 19.10     | 4.11      | 17.57     | 193    | 20.01           |
| 39.60      | 0.152       | 1068           | 19.23     | 4.14      | 17.57     | 195    | 20.29           |
| 39.70      | 0.152       | 1068           | 19.36     | 4.17      | 17.57     | 198    | 20.57           |
| 39.80      | 0.152       | 1067           | 19.49     | 4.20      | 17.57     | 201    | 20.84           |
| 39.90      | 0.152       | 1067           | 19.62     | 4.23      | 17.57     | 203    | 21.11           |
| 40.00      | 0.152       | 1067           | 19.75     | 4.26      | 17.57     | 206    | 21.38           |
| 40.10      | 0.152       | 1066           | 19.88     | 4.29      | 17.57     | 208    | 21.64           |
| 40.20      | 0.152       | 1066           | 20.01     | 4.32      | 17.57     | 211    | 21.90           |
| 40.30      | 0.152       | 1066           | 20.15     | 4.35      | 17.57     | 213    | 22.16           |
| 40.40      | 0.152       | 1065           | 20.28     | 4.38      | 17.57     | 216    | 22.41           |
| 40.50      | 0.152       | 1065           | 20.41     | 4.41      | 17.57     | 218    | 22.66           |
| 40.60      | 0.153       | 1065           | 20.54     | 4.44      | 17.57     | 220    | 22.91           |
| 40.70      | 0.153       | 1065           | 20.67     | 4.48      | 17.57     | 223    | 23.15           |
| 40.80      | 0.153       | 1064           | 20.80     | 4.51      | 17.57     | 225    | 23.39           |
| 40.90      | 0.153       | 1064           | 20.93     | 4.54      | 17.57     | 227    | 23.63           |
| 41.00      | 0.153       | 1064           | 21.06     | 4.57      | 17.57     | 230    | 23.87           |
| 41.10      | 0.153       | 1063           | 21.19     | 4.60      | 17.57     | 232    | 24.10           |
| 41.20      | 0.153       | 1063           | 21.32     | 4.63      | 17.57     | 234    | 24.34           |
| 41.30      | 0.153       | 1063           | 21.46     | 4.66      | 17.57     | 236    | 24.57           |
| 41.40      | 0.153       | 1062           | 21.59     | 4.69      | 17.57     | 239    | 24.79           |
| 41.50      | 0.153       | 1062           | 21.72     | 4.72      | 17.57     | 241    | 25.02           |
| 41.60      | 0.153       | 1062           | 21.85     | 4.75      | 17.57     | 243    | 25.24           |
| 41.70      | 0.153       | 1061           | 21.98     | 4.78      | 17.57     | 245    | 25.46           |
| 41.80      | 0.153       | 1061           | 22.11     | 4.82      | 17.57     | 247    | 25.68           |
| 41.90      | 0.153       | 1061           | 22.24     | 4.85      | 17.57     | 249    | 25.90           |
| 42.00      | 0.153       | 1061           | 22.37     | 4.88      | 17.57     | 251    | 26.11           |
| 42.10      | 0.153       | 1060           | 22.50     | 4.91      | 17.57     | 253    | 26.33           |
| 43.10      | 0.154       | 1057           | 23.81     | 5.22      | 17.57     | 273    | 28.37           |
| 44.10      | 0.154       | 1054           | 25.12     | 5.54      | 17.57     | 291    | 30.26           |
| 45.10      | 0.155       | 1051           | 26.42     | 5.86      | 17.57     | 308    | 32.03           |
| 46.10      | 0.155       | 1048           | 27.73     | 6.18      | 17.57     | 324    | 33.70           |

0  
**CAPACIDAD TERMICA DEL CONDUCTOR**  
**TEMPERATURA DEL CONDUCTOR DURANTE LA NOCHE**  
**VERSUS CORRIENTE CIRCULANTE**

| TEMP<br>°C | R<br>OHM/KM | Re<br>Reinolds | Qc<br>W/M | Qr<br>W/M | I<br>A | POTENCIA<br>MVA |
|------------|-------------|----------------|-----------|-----------|--------|-----------------|
| 15         | 0.139       | 1182.56        | 0.00      | 0.00      | 0      | 0.00            |
| 15.1       | 0.139       | 1182.20        | 0.13      | 0.02      | 34     | 3.49            |
| 15.2       | 0.140       | 1181.84        | 0.27      | 0.05      | 47     | 4.93            |
| 15.3       | 0.140       | 1181.48        | 0.40      | 0.07      | 58     | 6.04            |
| 15.4       | 0.140       | 1181.13        | 0.53      | 0.10      | 67     | 6.97            |
| 15.5       | 0.140       | 1180.77        | 0.67      | 0.12      | 75     | 7.79            |
| 15.6       | 0.140       | 1180.41        | 0.80      | 0.14      | 82     | 8.53            |
| 15.7       | 0.14        | 1180.06        | 0.93      | 0.17      | 88.69  | 9.22            |
| 15.8       | 0.14        | 1179.70        | 1.07      | 0.19      | 94.79  | 9.85            |
| 15.9       | 0.140       | 1179.34        | 1.20      | 0.22      | 101    | 10.45           |
| 16         | 0.140       | 1178.99        | 1.33      | 0.24      | 106    | 11.01           |
| 16.1       | 0.140       | 1178.63        | 1.47      | 0.26      | 111    | 11.55           |
| 16.2       | 0.140       | 1178.28        | 1.60      | 0.29      | 116    | 12.06           |
| 16.3       | 0.140       | 1177.92        | 1.73      | 0.31      | 121    | 12.55           |
| 16.4       | 0.140       | 1177.56        | 1.86      | 0.34      | 125    | 13.02           |
| 16.5       | 0.140       | 1177.21        | 2.00      | 0.36      | 130    | 13.47           |
| 16.6       | 0.140       | 1176.85        | 2.13      | 0.38      | 134    | 13.91           |
| 16.7       | 0.140       | 1176.50        | 2.26      | 0.41      | 138    | 14.34           |
| 16.8       | 0.140       | 1176.14        | 2.40      | 0.43      | 142    | 14.75           |
| 16.9       | 0.140       | 1175.79        | 2.53      | 0.46      | 146    | 15.16           |
| 17         | 0.140       | 1175.43        | 2.66      | 0.48      | 150    | 15.55           |
| 17.1       | 0.141       | 1175.08        | 2.80      | 0.50      | 153    | 15.93           |
| 17.2       | 0.141       | 1174.73        | 2.93      | 0.53      | 157    | 16.30           |
| 17.3       | 0.141       | 1174.37        | 3.06      | 0.55      | 160    | 16.66           |
| 17.4       | 0.141       | 1174.02        | 3.20      | 0.58      | 164    | 17.02           |
| 17.5       | 0.141       | 1173.66        | 3.33      | 0.60      | 167    | 17.37           |
| 17.6       | 0.141       | 1173.31        | 3.46      | 0.63      | 170    | 17.71           |
| 17.7       | 0.141       | 1172.96        | 3.59      | 0.65      | 174    | 18.04           |
| 17.8       | 0.141       | 1172.60        | 3.73      | 0.68      | 177    | 18.37           |
| 17.9       | 0.141       | 1172.25        | 3.86      | 0.70      | 180    | 18.69           |
| 18         | 0.141       | 1171.90        | 3.99      | 0.72      | 183    | 19.01           |
| 18.1       | 0.141       | 1171.54        | 4.13      | 0.75      | 186    | 19.32           |
| 18.2       | 0.141       | 1171.19        | 4.26      | 0.77      | 189    | 19.63           |
| 18.3       | 0.141       | 1170.84        | 4.39      | 0.80      | 192    | 19.93           |
| 18.4       | 0.141       | 1170.49        | 4.52      | 0.82      | 195    | 20.23           |
| 18.5       | 0.141       | 1170.13        | 4.66      | 0.85      | 197    | 20.52           |
| 18.6       | 0.141       | 1169.78        | 4.79      | 0.87      | 200    | 20.81           |
| 18.7       | 0.141       | 1169.43        | 4.92      | 0.90      | 203    | 21.09           |
| 18.8       | 0.141       | 1169.08        | 5.06      | 0.92      | 206    | 21.37           |
| 18.9       | 0.141       | 1168.73        | 5.19      | 0.95      | 208    | 21.65           |
| 19         | 0.141       | 1168.38        | 5.32      | 0.97      | 211    | 21.92           |
| 19.1       | 0.142       | 1168.02        | 5.46      | 1.00      | 213    | 22.19           |
| 19.2       | 0.142       | 1167.67        | 5.59      | 1.02      | 216    | 22.45           |
| 19.3       | 0.142       | 1167.32        | 5.72      | 1.05      | 219    | 22.71           |
| 19.4       | 0.142       | 1166.97        | 5.85      | 1.07      | 221    | 22.97           |
| 19.5       | 0.142       | 1166.62        | 5.99      | 1.10      | 224    | 23.23           |
| 19.6       | 0.142       | 1166.27        | 6.12      | 1.12      | 226    | 23.48           |

**ANEXO 04**

**PROYECTO: CONSTRUCCION DE LINEA DE TRANSMISION 60 kV SUBESTACION PARQUE INDUSTRIAL - SUBESTACION PUCALLPA**

**CÁLCULO DEL CREEP**

Temperatura = 26.5 °C  
 Tiro de Rotura = 70.83 KN  
 Esfuerzo de Pretensionado = 70 % (EDS)  
 Tiempo de Pretendido = 30 horas  
 Sección Real = 236.04 mm<sup>2</sup>  
 E D S = 20%  
 Vano Base = 200

|                            | E D S = 20 % |        |        | E D S = |       |        |            |
|----------------------------|--------------|--------|--------|---------|-------|--------|------------|
|                            | VANO         | T (°C) | T (Kg) | T (KN)  | CREEP | ΔT(°C) | Ttotal(°C) |
| <b>A<br/>Ñ<br/>O<br/>1</b> | 200          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 66.58 | 2.89   | 35.00      |
|                            | 300          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 66.58 | 2.89   | 35.00      |
|                            | 400          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 66.58 | 2.89   | 35.00      |
|                            | 500          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 66.58 | 2.89   | 35.00      |
|                            | 600          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 66.58 | 2.89   | 35.00      |
|                            | 700          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 66.58 | 2.89   | 35.00      |
|                            | 800          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 66.58 | 2.89   | 35.00      |

|                            |     |       |        |      |       |      |       |
|----------------------------|-----|-------|--------|------|-------|------|-------|
| <b>A<br/>Ñ<br/>O<br/>2</b> | 200 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 94.16 | 4.09 | 36.20 |
|                            | 300 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 94.16 | 4.09 | 36.20 |
|                            | 400 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 94.16 | 4.09 | 36.20 |
|                            | 500 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 94.16 | 4.09 | 36.20 |
|                            | 600 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 94.16 | 4.09 | 36.20 |
|                            | 700 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 94.16 | 4.09 | 36.20 |
|                            | 800 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 94.16 | 4.09 | 36.20 |

|                            |     |       |        |      |        |      |       |
|----------------------------|-----|-------|--------|------|--------|------|-------|
| <b>A<br/>Ñ<br/>O<br/>3</b> | 200 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 111.77 | 4.86 | 36.97 |
|                            | 300 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 111.77 | 4.86 | 36.97 |
|                            | 400 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 111.77 | 4.86 | 36.97 |
|                            | 500 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 111.77 | 4.86 | 36.97 |
|                            | 600 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 111.77 | 4.86 | 36.97 |
|                            | 700 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 111.77 | 4.86 | 36.97 |
|                            | 800 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 111.77 | 4.86 | 36.97 |

|                            |     |       |        |      |        |      |       |
|----------------------------|-----|-------|--------|------|--------|------|-------|
| <b>A<br/>Ñ<br/>O<br/>4</b> | 200 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 124.97 | 5.43 | 37.54 |
|                            | 300 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 124.97 | 5.43 | 37.54 |
|                            | 400 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 124.97 | 5.43 | 37.54 |
|                            | 500 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 124.97 | 5.43 | 37.54 |
|                            | 600 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 124.97 | 5.43 | 37.54 |
|                            | 700 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 124.97 | 5.43 | 37.54 |
|                            | 800 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 124.97 | 5.43 | 37.54 |

|                            |     |       |        |      |        |      |       |
|----------------------------|-----|-------|--------|------|--------|------|-------|
| <b>A<br/>Ñ<br/>O<br/>5</b> | 200 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 135.64 | 5.90 | 38.01 |
|                            | 300 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 135.64 | 5.90 | 38.01 |
|                            | 400 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 135.64 | 5.90 | 38.01 |
|                            | 500 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 135.64 | 5.90 | 38.01 |
|                            | 600 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 135.64 | 5.90 | 38.01 |
|                            | 700 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 135.64 | 5.90 | 38.01 |
|                            | 800 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 135.64 | 5.90 | 38.01 |

**PROYECTO: CONSTRUCCION DE LINEA DE TRANSMISION 60 kV SUBESTACION PARQUE INDUSTRIAL - SUBESTACION PUCALLPA**

**CÁLCULO DEL CREEP**

Temperatura = 26.5 °C  
 Tiro de Rotura = 70.83 KN  
 Esfuerzo de Pretensionado = 70 % (EDS)  
 Tiempo de Pretendido = 30 horas  
 Sección Real = 236.04 mm<sup>2</sup>  
 E D S = 20%  
 Vano Base = 200

|                      | E D S = 20 % |        |        | E D S = |        |        |            |
|----------------------|--------------|--------|--------|---------|--------|--------|------------|
|                      | VANO         | T (°C) | T (Kg) | T (KN)  | CREEP  | ΔT(°C) | Ttotal(°C) |
| A<br>Ñ<br>O<br><br>6 | 200          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 144.65 | 6.29   | 38.40      |
|                      | 300          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 144.65 | 6.29   | 38.40      |
|                      | 400          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 144.65 | 6.29   | 38.40      |
|                      | 500          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 144.65 | 6.29   | 38.40      |
|                      | 600          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 144.65 | 6.29   | 38.40      |
|                      | 700          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 144.65 | 6.29   | 38.40      |
|                      | 800          | 32.11  | 650.00 | 6.37    | 144.65 | 6.29   | 38.40      |

|                      |     |       |        |      |        |      |       |
|----------------------|-----|-------|--------|------|--------|------|-------|
| A<br>Ñ<br>O<br><br>7 | 200 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 152.47 | 6.63 | 38.74 |
|                      | 300 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 152.47 | 6.63 | 38.74 |
|                      | 400 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 152.47 | 6.63 | 38.74 |
|                      | 500 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 152.47 | 6.63 | 38.74 |
|                      | 600 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 152.47 | 6.63 | 38.74 |
|                      | 700 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 152.47 | 6.63 | 38.74 |
|                      | 800 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 152.47 | 6.63 | 38.74 |

|                      |     |       |        |      |        |      |       |
|----------------------|-----|-------|--------|------|--------|------|-------|
| A<br>Ñ<br>O<br><br>8 | 200 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 159.40 | 6.93 | 39.04 |
|                      | 300 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 159.40 | 6.93 | 39.04 |
|                      | 400 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 159.40 | 6.93 | 39.04 |
|                      | 500 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 159.40 | 6.93 | 39.04 |
|                      | 600 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 159.40 | 6.93 | 39.04 |
|                      | 700 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 159.40 | 6.93 | 39.04 |
|                      | 800 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 159.40 | 6.93 | 39.04 |

|                      |     |       |        |      |        |      |       |
|----------------------|-----|-------|--------|------|--------|------|-------|
| A<br>Ñ<br>O<br><br>9 | 200 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 165.64 | 7.20 | 39.31 |
|                      | 300 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 165.64 | 7.20 | 39.31 |
|                      | 400 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 165.64 | 7.20 | 39.31 |
|                      | 500 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 165.64 | 7.20 | 39.31 |
|                      | 600 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 165.64 | 7.20 | 39.31 |
|                      | 700 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 165.64 | 7.20 | 39.31 |
|                      | 800 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 165.64 | 7.20 | 39.31 |

|                       |     |       |        |      |        |      |       |
|-----------------------|-----|-------|--------|------|--------|------|-------|
| A<br>Ñ<br>O<br><br>10 | 200 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 171.32 | 7.45 | 39.56 |
|                       | 300 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 171.32 | 7.45 | 39.56 |
|                       | 400 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 171.32 | 7.45 | 39.56 |
|                       | 500 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 171.32 | 7.45 | 39.56 |
|                       | 600 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 171.32 | 7.45 | 39.56 |
|                       | 700 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 171.32 | 7.45 | 39.56 |
|                       | 800 | 32.11 | 650.00 | 6.37 | 171.32 | 7.45 | 39.56 |

AISLAMIENTO NECESARIO POR SOBRETENSIONES A FRECUENCIA INDUSTRIAL 

$$V_{fi} = \frac{fs \times V_{\max} \times H}{\sqrt{3} \times (1 - N \times \sigma) \times \delta^n \times fl}$$

donde :

|      |                                                       |       |
|------|-------------------------------------------------------|-------|
| fs   | Factor de sobretensión a frecuencia industrial        | 1.5   |
| Vmax | Tensión máxima                                        | 72.5  |
| H    | Factor por Humedad                                    | 1     |
| N    | Número de desviaciones estandar alrededor de la media | 3     |
| σ    | Desviación estandar                                   | 2%    |
| δ    | Densidad relativa del aire a<br>1 000 msnm es         | 0.918 |
| n    | Exponente empírico                                    |       |
| fl   | Factor por lluvia                                     | 0.8   |

| TEMP | 25°C  |
|------|-------|
| msnm | δ     |
| 500  | 1.00  |
| 1000 | 0.918 |
| 1500 | 0.835 |

Espaciamiento (m)

0.300 60°

Para 1 000 msnm

$$V_{fi} = 91 \text{ kV}$$

 AISLAMIENTO NECESARIO POR SOBRETENSIONES DE MANIOBRA 

$$V_m = \frac{\sqrt{2} \times fs \times V_{\max} \times H}{\sqrt{3} \times (1 - N \times \sigma) \times \delta^n \times fl}$$

donde :

|      |                                                       |         |
|------|-------------------------------------------------------|---------|
| fs   | Factor de sobretensión de maniobra                    | 3       |
| Vmax | Tensión máxima                                        | 72.5 kV |
| H    | Factor por Humedad                                    | 1       |
| N    | Número de desviaciones estandar alrededor de la media | 3       |
| σ    | Desviación estandar                                   | 5%      |
| δ    | Densidad relativa del aire a<br>1 000 msnm es         | 0.918   |
| n    | Exponente empírico                                    | 1       |
| fl   | Factor por lluvia                                     | 0.9     |

Espaciamiento (m)

40°

Para 1 000 msnm

$$V_m = 253 \text{ kV}$$

0.338

 AISLAMIENTO NECESARIO POR SOBRETENSIONES DE IMPULSO 

$$V_i = \frac{NBI}{(1 - N \times \sigma) \times \delta}$$

donde :

|     |                                                       |       |
|-----|-------------------------------------------------------|-------|
| NBI | Nivel Básico de Aislamiento (kV-BIL)                  | 325   |
| N   | Número de desviaciones estandar alrededor de la media | 1.3   |
| σ   | Desviación estandar                                   | 3%    |
| δ   | Densidad relativa del aire a<br>1 000 msnm es         | 0.918 |

Espaciamiento (m)

20°

Para 1 000 msnm

$$V_i = 368 \text{ kV}$$

0.675

## ANEXO 05

## LINEA DE TRANSMISION 60 kV SUBESTACION PARQUE INDUSTRIAL - SUBESTACION PUCALLPA

 AISLAMIENTO POR CONTAMINACIÓN AMBIENTAL 

$$L_{fuga} = L_{f0} * U_{max} * f_{ch}$$

donde :

Lfuga Longitud de fuga fase - tierra requerida  
 Lfo Longitud de fuga unitaria en mm/kV  
 Umax Tensión Máxima de servicio  
 f ch Factor de corrección por altitud

 RECOMENDACIÓN SEGUN IEC 815 

| Denominación | Grado de contaminación | mm/kV |
|--------------|------------------------|-------|
| I: Light     | polución ligera        | 16    |

Tensión maxima entre fases **72.5 kV**  
 Tensión nominal entre fases **60 kV**

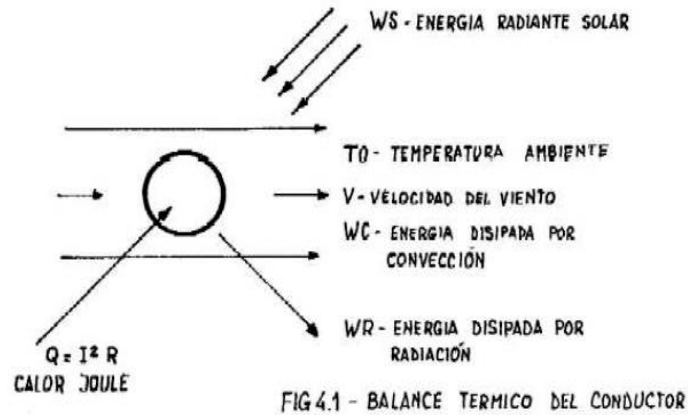
| msnm | fch   | Linea de fuga Total (mm) |
|------|-------|--------------------------|
| 1500 | 1.063 | 1233                     |
| 1000 | 1.000 | 1160                     |
| 500  | 0.938 | 1088                     |

El tipo de Aislador polimerico

| Denominación  | Grupo | Tensión máxima entre fases (kV) | Carga Mecánica Nominal CMN (kN) | Distancia de fuga mínima (mm) | Longitud máxima (mm) |
|---------------|-------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| CS 120 S16B16 | I     | 72.5                            | 120                             | 2.000                         | 730                  |
| CS 120 S16B16 | I     | 72.5                            | 120                             | 2.330                         | 850                  |
| CS 120 S16B16 | I     | 72.5                            | 120                             | 2.330                         | 1.000                |
| CS 120 S16B16 | II    | 145                             | 120                             | 2.900                         | 1.314                |
| CS 120 S16B16 | II    | 145                             | 120                             | 2.900                         | 1.460                |
| CS 120 S16B16 | II    | 145                             | 120                             | 4.148                         | 1.314                |
| CS 210 S20B20 | II    | 145                             | 210                             | 2.900                         | 1.314                |
| CS 120 S16B16 | III   | 245                             | 120                             | 5.320                         | 2.044                |
| CS 210 S20B20 | III   | 245                             | 210                             | 5.320                         | 2.044                |
| CS120 S16 B16 | III   | 245                             | 120                             | 7.815                         | 3.000                |

## ANEXO 06

### LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 kV SUBESTACIÓN PARQUE INDUSTRIAL - SUBESTACIÓN PUCALLPA CÁLCULO DEL BALANCE TÉRMICO DEL CONDUCTOR



Al circular una corriente en el conductor produce una cierta cantidad de calor por efecto joule .  
Cuando el sistema se encuentra en regimen, todo el calor producido es disipado parte por conveccion, parte por radiacion.

Utilizaremos la Formula de SHURIG Y FRICK.

$$W_c = \frac{95.5 * \sqrt{PV} * \Delta T}{\left(T_a + \frac{\Delta T}{2}\right)^{0.125} * \sqrt{D}}$$

$$W_r = 5700 * Em * \left( \left( \frac{T_a + \Delta T}{1000} \right)^4 - \left( \frac{T_a}{1000} \right)^4 \right)$$

Donde:

$W_c$ =Calor disipado por conveccion en (W/m2)

P= Presion en ( atm)

V= Velocidad del aire en (km/h)

$\Delta T$ = Sobre temperatura del conductor respecto al ambiente en ( °K)

$T_a$ = Temperatura absoluta del ambiente en ( °K)

D= Diametro del conductor en (mm)

$W_r$ = Calor disipado por radiacion en (W/m2)

Em= Emisividad del conductor



## ANEXO 06

### LINEA DE TRANSMISION 60 kV SUBESTACION PARQUE INDUSTRIAL - SUBESTACION PUCALLPA CALCULO DEL BALANCE TERMICO DEL CONDUCTOR

**Datos**

|                                                               |     |             |
|---------------------------------------------------------------|-----|-------------|
| A=Area del conductor (mm2)                                    | 240 | ▼           |
| V= Velocidad del aire en (km/h)                               |     | 75          |
| P= Presion en ( kg/m2)                                        |     | 23.625      |
| P= Presion en ( atm)                                          |     | 0.002287306 |
| T <sub>a</sub> = Temperatura absoluta del ambiente en ( °C)   |     | 30          |
| T <sub>a</sub> = Temperatura absoluta del ambiente en ( °K)   |     | 303         |
| D= Diametro del conductor en (mm)                             |     | 19.95       |
| Em= Emisividad del conductor                                  |     | 0.38        |
| ΔT= Sobre temperatura del conductor respecto al ambiente (°C) |     | 20          |
| ΔT= Sobre temperatura del conductor respecto al ambiente (°K) |     | 293         |
| I <sub>t</sub> =Corriente a transportar (A)                   |     | 545         |

**1. Calor por conveccion Según la formula de SHURIG**

W<sub>c</sub>=Calor disipado por conveccion en (W/m2) 1209.21

**2. Calor por radiacion Según la formula de FRICK**

W<sub>r</sub>= Calor disipado por radiacion en (W/m2) 255.05

**3 .Resistencia del conductor**

$$R = R_0 * (1 + \alpha * (T_a + \Delta T - T_0))$$

Donde:

|                                                                      |        |
|----------------------------------------------------------------------|--------|
| R <sub>0</sub> = Resistencia a la temperatura de referencia (Ohm/km) | 0.139  |
| T <sub>0</sub> =Temperatura de referencia del conductor (°C)         | 20     |
| α=Coeficiente de aumento de la resistividad (1/C°)                   | 0.0036 |

R<sub>0</sub>= Resistencia a la temperatura de referencia (Ohm/km) 0.154012

**4.Corriente admisible en las condiciones establecidas**

$$I = \sqrt{\pi * D * \left(\frac{W_c + W_r}{R}\right)}$$

I = 771.93 A

**NOTA:**

La corriente a transportar debe ser menor o igual a esta corriente admisible del conductor elegido.

**OK**

**Conclusion :**

Por lo tanto se utilizara del conductor AAAC de 240mm2

**ANEXO 07  
LINEA DE TRANSMISION 60 kV SUBESTACION PARQUE INDUSTRIAL -  
SUBESTACION PUCALLPA**

**CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LA LINEA**

|                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| <b>Datos</b>                        |             |
| Seccion del conductor de AAAC (mm2) | 240         |
| Temperatura de operación( °C )      | 35          |
| R <sub>20°C</sub> (ohm/km)          | 0.139       |
| Disposicion                         | Dos terna   |
| DMG (m)                             | 2.897818415 |
| re(m)                               | 0.008740387 |
| CosØ                                | 0.85        |
| Ø ( ° )                             | 31.78833062 |
| Frecuencia (Hz)                     | 60          |
| Longitud de la linea (km)           | 10.5        |
| Tension (kV)                        | 60          |

**1.Resistencia a la temperatura de operación ( R<sub>1</sub>)**

$$R_1 = R_{20°C} * (1 + 0.0036 * (T - 20))$$

R<sub>1</sub> (ohm/km)= 0.146506

**2.Reactancia inductiva ( X<sub>L</sub>)**

$$X_L = 377 * (0.5 + 4.6 * \text{Log}(\frac{DMG}{r_e})) * 10^{-4}$$

X<sub>L</sub> (ohm/km)= 0.455962131



**3.Impedancia de la linea ( Z<sub>L</sub>)**

$$Z_L = R_1 + jX_L$$

Z<sub>L</sub> (ohm/km)= 0.146506+0.455962130630682i

Z<sub>L</sub> (ohm/km)= 0.478921155 / 72.19

$$Z_L = \sqrt{R_1^2 + X_L^2}$$

Z<sub>L</sub> (ohm)= 5.028672126 / 72.19

**4.Conductancia**

$$G = \frac{1}{R_1}$$



G<sub>L</sub> (uS/km)= 0.000006826  
G<sub>L</sub> (uS/km)= 0

**5.Capacidad**

$$C = \frac{24.2}{\text{Log}(\frac{DMG}{r_e})}$$



C<sub>L</sub> (nF/km)= 9.60111538

**ANEXO 07**  
**LINEA DE TRANSMISION 60 kV SUBESTACION PARQUE INDUSTRIAL -**  
**SUBESTACION PUCALLPA**

**CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES DE LA LINEA**

**6. Susceptancia**

$$B = \frac{24.2}{\text{Log}\left(\frac{DMG}{r_c}\right)} * 10^{-9} * 2 * \pi * f$$

B (S/km)= 3.6195E-06

**7. Admitancia**

$$Y = G + jB$$

Y (S/km)= 3.61953522513145E-06i

Y (S/km)= 3.61954E-06 / 90.00



Y (S) = 3.80051E-05 / 90.00

**8. Impedancia Caracteristica o natural de la linea**

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$



Z<sub>c</sub> (Ohm)= 363.75



## ANEXO 09

Base la ecuación de balance térmico

$$W_c + W_r = W_j + W_i$$

$$W_c = 13.8.T_i.(V . d)**0.448/10000$$

$$W_r = Pi.E.S.d.((T_i + T_a)**4 - T_a**4)$$

$$W_i = as.S1.d$$

$$W_j = I**2 . Rtc$$

### CALCULO DE LA AMPACITANCIA

| POS | DESCRIPCION                          | UNIDAD | CONDICIONES DIVERSAS |               |                     |                 |
|-----|--------------------------------------|--------|----------------------|---------------|---------------------|-----------------|
|     |                                      |        | 1                    | 2             | 3                   | 4               |
| 1   | Material                             |        | AAAC                 | AAAC          | AAAC                | AAAC            |
| 2   | Calibre                              |        | 240                  | 240           | 240                 | 240             |
| 3   | Sección                              |        | 235.8                | 235.8         | 235.8               | 235.8           |
| 4   | Diámetro                             | mm     | 19.95                | 19.95         | 19.95               | 19.95           |
| 5   | Resistencia eléctrica                | ohm/km | 0.14                 | 0.14          | 0.14                | 0.14            |
| 6   | Temperatura ambiente máxima promedio | C°     | 26.5                 | 26.5          | 26.5                | 26.5            |
| 7   | Coefficiente de resistividad termica |        | 0.0036               | 0.0036        | 0.0036              | 0.0036          |
| 8   | Coefficiente de absorción solar      |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 9   | Radiación solar                      | w/cm2  | 0.105                | 0.105         | 0.105               | 0.105           |
| 10  | Emisividad                           |        | 0.9                  | 0.9           | 0.9                 | 0.9             |
| 11  | Constante Stefan                     | w/cm2  | 5.70E-12             | 5.7E-12       | 5.7E-12             | 5.7E-12         |
| 12  | Elevación de la temperatura          | C°     | 25                   | 15            | 40                  | 35              |
|     | <b>CONDICIONES DE TEMPERATURA</b>    |        | <b>MIN PROMEDIO</b>  | <b>MAXIMA</b> | <b>MAX PROMEDIO</b> | <b>PROMEDIO</b> |
| 13  | Temperatura ambiente                 | C°     | 25                   | 35            | 10                  | 15              |
| 14  | Velocidad de viento                  | cm/seg | 55.55                | 55.55         | 55.55               | 55.55           |
| 15  | Resistencia a tc                     | ohm/cm | 1.55E-06             | 1.5512E-06    | 1.5512E-06          | 1.5512E-06      |
| 16  | Energía disipada por convección      |        | 0.2837               | 0.1702        | 0.4539              | 0.3972          |
| 17  | Energía disipada por radiación       |        | 0.0959               | 0.0548        | 0.1653              | 0.1411          |
| 18  | Energía absorbida por insolación     |        | 0.1876               | 0.1876        | 0.1876              | 0.1876          |
| 19  | Corriente en el conductor            | A      | 451.84               | 255.25        | 545.00              | 495.46          |
| 20  | Temperatura final en el conductor    | C°     | 50                   | 50            | 50                  | 50              |
| 21  | Potencia a transmitir                | MVA    | 46.9                 | 26.5          | 56.6                | 51.4            |
| 22  | Tensión                              | kV     | 60                   | 60            | 60                  | 60              |
| 23  | Factor de Potencia                   |        | 0.85                 | 0.85          | 0.85                | 0.85            |

**CALCULO DE LA AMPACITANCIA**

|     |                                                           |        | CONDICIONES DIVERSAS      |                     |                           |                       |
|-----|-----------------------------------------------------------|--------|---------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|
| POS | DESCRIPCION                                               | UNIDAD | 1                         | 2                   | 3                         | 4                     |
|     | <b>CONDICIONES DE TEMPERATURA</b><br>Temperatura ambiente | C°     | <b>MAX PROMEDIO</b><br>25 | <b>MAXIMA</b><br>35 | <b>MIN PROMEDIO</b><br>10 | <b>PROMEDIO</b><br>15 |
|     |                                                           |        | <b>120 mm2</b>            |                     |                           |                       |
| 1   | Corriente en el conductor                                 | A      | 251.07                    | 128.28              | 344.28                    | 312.49                |
| 2   | Potencia a transmitir                                     | mW     | 22.2                      | 11.3                | 30.4                      | 27.6                  |
|     |                                                           |        | <b>150 mm2</b>            |                     |                           |                       |
| 3   | Corriente en el conductor                                 | A      | 266.83                    | 136.74              | 390.25                    | 353.47                |
| 4   | Potencia a transmitir                                     | mW     | 23.6                      | 12.1                | 34.5                      | 31.2                  |
|     |                                                           |        | <b>185 mm2</b>            |                     |                           |                       |
| 5   | Corriente en el conductor                                 | A      | 302.94                    | 146.45              | 447.82                    | 404.76                |
| 6   | Potencia a transmitir                                     | mW     | 26.76                     | 12.94               | 39.56                     | 35.75                 |
|     |                                                           |        | <b>240 mm2</b>            |                     |                           |                       |
| 7   | Corriente en el conductor                                 | A      | 351.84                    | 155.25              | 527.46                    | 475.46                |
| 8   | Potencia a transmitir                                     | mW     | 31.1                      | 13.7                | 46.6                      | 42.0                  |

## ANEXO 10

### EFECTO DEL CORTOCIRCUITO

#### Estabilidad Térmica del conductor

- I** = corriente admisible en amperios  
**S** = 240  sección mm2  
**c** = 887 Joule/kg C calor específico del metal en Joule/Kg C  
**γ** = 0.0027 Kg/mm2m peso específico del metal en Kg/mm2 m.  
**ρ** = 0.0313 resistividad del metal a la temperatura inicial t1  
**α** = 0.0036 1/C coeficiente de incremento de la resistencia con la temperatura 1/ C  
**t1** = 20 °C Temperatura en el instante t1 de inicio del cc en C  
**t2** = 160 °C Temperatura en el instante t2 de finalizado del cc en C  
**t** = 140 S Tiempo de duración del cc o sea t2-t1 en segundos  
**kp** = 1 coeficiente pelicular o Rca/Rcd

$$I \equiv \frac{S}{\sqrt{t}} \sqrt{\left[ \frac{c\gamma}{\rho\alpha k p} \ln(1 + \alpha(t2 - t1)) \right]}$$

| I (kA)       | t (seg)    |
|--------------|------------|
| 70.69        | 0.1        |
| 49.98        | 0.2        |
| 40.81        | 0.3        |
| 35.34        | 0.4        |
| <b>31.61</b> | <b>0.5</b> |
| 28.86        | 0.6        |
| 26.72        | 0.7        |
| 24.99        | 0.8        |
| 23.56        | 0.9        |
| 22.35        | 1.0        |

La corriente que puede soportar el conductor, cuando hay un cortocircuito, es de 31.61kA, en un tiempo de 0,5 seg. El cual es el tiempo sumado para la actuación de los diferentes dispositivos de despeje en esta condición.

**NOTA: Para no tener ningún problema en condición de cortocircuito, se ajustará los tiempos de los dispositivos de despeje a un tiempo de menor a este (0.5 seg).**

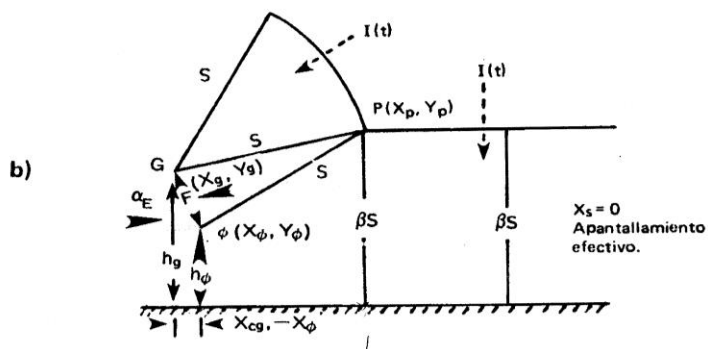
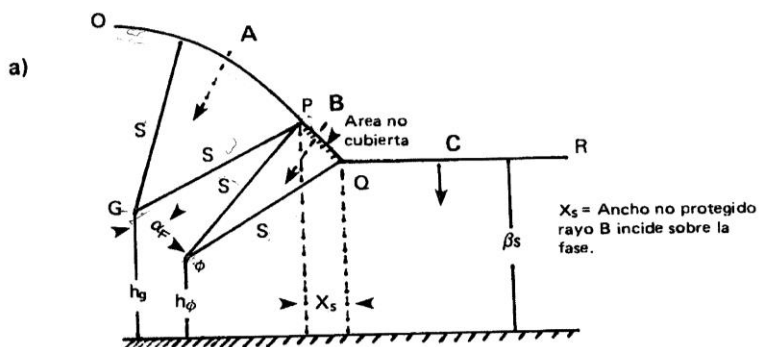
## CALCULO DE LA UBICACIÓN DEL CABLE DE GUARDA ESTRUCTURA "R-A"

### USO DE CABLE DE GUARDA

#### 1.-METODO ISOGEOMETRICO

Se usara el metodo ISOGEOMETRICO para la determinacion de la ubicación horizontal del cable de guarda: Previamente se asume la altura  $h_g$  del cable de guarda; igual a la configuracion existente en la linea de transmision.

En la figura siguiente se muestra la aplicaci3n del metodo para un apantallamiento NO EFECTIVO (a) y un apantallamiento EFECTIVO (b).






**CONFIGURACION INICIAL**

|                  |                                   |                                               |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| V <sub>n</sub> = | <input type="text" value="60"/>   | Tension nominal (kV)                          |
| h <sub>f</sub> = | <input type="text" value="15.9"/> | altura conductor de fase (m)                  |
| h <sub>g</sub> = | <input type="text" value="17.9"/> | altura del cable de guarda (m)                |
| Area=            | <input type="text" value="240"/>  | Area del conductor de fase (mm <sup>2</sup> ) |
| r. cond=         | 0.009975                          | radio del conductor de fase (m)               |
| BIL=             | 325                               | Nivel basico de aislamiento (kV)              |

**1.- IMPEDANCIA CARACTERISTICA DEL CONDUCTOR EN OHMIOS ( Z<sub>o</sub> )**


$$Z_o = 60 * Ln\left(\frac{2h}{r}\right)$$

Donde:  
 h=hf 15.9 m  
 r= r .cond 0.009975 m

 **Zo= 484.03 Ohmios**


**2.-CORRIENTE CRITICA DE DESCARGA ( I )**

$$I = \frac{2 * BIL}{Z_o}$$

 **I= 1.34 k A**

**3.-DISTANCIA DE IMPACTO ( S<sub>1</sub> )**

$$S_1 = 9.4 * I^{2/3}$$

 **S<sub>1</sub>= 11.44 m**

**4.- DISTANCIA MAXIMA DE ATRACCION DEL RAYO**

$$S_{max} = Y_o * S = Y_o * \left(\frac{-B - \sqrt{B^2 + AC}}{A}\right)$$

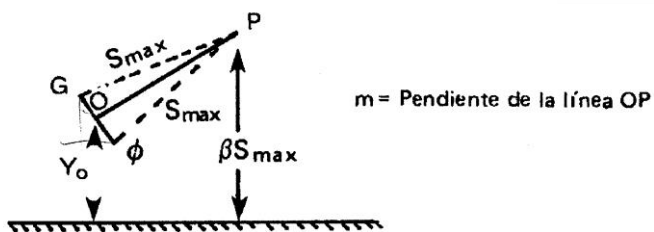
$$Y_o = \frac{h_g - h_f}{2} \quad \text{---> } \text{Yo = 1 m}$$

$$A = m^2 - m^2 \beta - \beta^2$$

$$B = \beta * (m^2 + 1)$$

$$C = (m + 1)$$

5.-PENDIENTE DE LA LINEA OP



$$m = \frac{X_f - X_g}{h_g - h_f}$$

hg - hf = 2 m

Considerando  $S_1 = S_{max} = 11.44$  m

$S = 11.44$  m

De la ecuacion de Smax, se deduce:

$$S = \frac{-B - \sqrt{B^2 + AC}}{A}$$

$$x_f - x_g = \sqrt{S^2_1 - (\beta * S_1 - h_g)^2} - \sqrt{S^2_1 - (\beta * S_1 - h_f)^2}$$

Entoces simplificando se obtiene:

$x_f - x_g = 2$   
 $\beta = 1.88901$

Conclusion:

La distancia xf-xg calculada corresponde a la ubicación del cable de guarda para un apantallamiento efectivo.

**ANEXO 12**

**CUADRO DE CARGAS**

**ESTRUCTURA "PC-S2C"**

| HIPOTESIS                     |   | 1     | 2   | 3   |
|-------------------------------|---|-------|-----|-----|
| CG                            | T | 81    | 31  | 81  |
|                               | V | 61    | 47  | 61  |
|                               | L |       | 450 |     |
| C1                            | T | 200   | 200 | 117 |
|                               | V | 228   | 228 | 100 |
|                               | L |       |     | 791 |
| C2                            | T | 200   | 200 | 228 |
|                               | V | 228   | 228 | 200 |
|                               | L |       |     |     |
| C3                            | T | 200   | 200 | 228 |
|                               | V | 228   | 228 | 200 |
|                               | L |       |     |     |
| <b>Presión viento(daN/m2)</b> |   | 37.97 | 0   | 0   |

Hipotesis 1 : Condición Normal

Hipotesis 2 : Condición de Rotura C.G

Hipotesis 3 : Condición rotura Conductor

**ESTRUCTURA "PC-S2C-R"**

| HIPOTESIS                     |   | 1     | 2    | 3    |
|-------------------------------|---|-------|------|------|
| CG                            | T | 81    | 31   | 81   |
|                               | V | 61    | 47   | 61   |
|                               | L |       | 450  |      |
| C1                            | T | 228   | 228  | 117  |
|                               | V | 200   | 200  | 100  |
|                               | L | 1862  | 1862 | 1862 |
| C2                            | T | 228   | 228  | 228  |
|                               | V | 200   | 200  | 200  |
|                               | L | 1862  | 1862 | 1862 |
| C3                            | T | 228   | 228  | 228  |
|                               | V | 200   | 200  | 200  |
|                               | L | 1862  | 1862 | 1862 |
| <b>Presión viento(daN/m2)</b> |   | 37.97 | 0    | 0    |

Hipotesis 1 : Condición Normal

Hipotesis 2 : Condición de Rotura C.G

Hipotesis 3 : Condición rotura Conductor

**ESTRUCTURA "PM-T-AF"**

| HIPOTESIS                     |   | 1     | 2    | 3    |
|-------------------------------|---|-------|------|------|
| CG                            | T | 1171  | 931  | 1171 |
|                               | V | 61    | 31   | 61   |
|                               | L |       | 900  |      |
| C1                            | T | 2412  | 2412 | 1272 |
|                               | V | 200   | 200  | 70   |
|                               | L |       |      |      |
| C2                            | T | 2412  | 2412 | 2412 |
|                               | V | 200   | 200  | 200  |
|                               | L |       |      |      |
| C3                            | T | 2412  | 2412 | 2412 |
|                               | V | 200   | 200  | 200  |
|                               | L |       |      |      |
| <b>Presión viento(daN/m2)</b> |   | 37.97 | 0    | 0    |

Hipotesis 1 : Condición Normal

Hipotesis 2 : Condición de Rotura C.G

Hipotesis 3 : Condición rotura Conductor

**ESTRUCTURA "PM-TA-2"**

| HIPOTESIS                     |   | 1     | 2    | 3    |
|-------------------------------|---|-------|------|------|
| CG                            | T | 1171  | 931  | 931  |
|                               | V | 61    | 31   | 31   |
|                               | L |       | 900  | 900  |
| C1                            | T | 2412  | 2412 | 2412 |
|                               | V | 200   | 200  | 70   |
|                               | L | 2412  | 2412 | 2412 |
| C2                            | T | 2412  | 2412 | 2412 |
|                               | V | 200   | 200  | 200  |
|                               | L | 2412  | 2412 | 2412 |
| C3                            | T | 2412  | 2412 | 2412 |
|                               | V | 200   | 200  | 200  |
|                               | L | 2412  | 2412 | 2412 |
| <b>Presión viento(daN/m2)</b> |   | 37.97 | 0    | 0    |

Hipotesis 1 : Condición Normal

Hipotesis 2 : Condición de Rotura C.G

Hipotesis 3 : Condición rotura Conductor

**ESTRUCTURA "PM-TA-4"**

| HIPOTESIS                     |   | 1     | 2    | 3    |
|-------------------------------|---|-------|------|------|
| CG                            | T | 1171  | 931  | 1171 |
|                               | V | 61    | 31   | 61   |
|                               | L |       |      |      |
| C1                            | T | 2412  | 2412 | 2412 |
|                               | V | 250   | 250  | 250  |
|                               | L | 2412  | 2412 | 2412 |
| C2                            | T | 2412  | 2412 | 2412 |
|                               | V | 250   | 250  | 250  |
|                               | L | 2412  | 2412 | 2412 |
| C3                            | T | 2412  | 2412 | 2412 |
|                               | V | 250   | 250  | 250  |
|                               | L | 2412  | 2412 | 2412 |
| <b>Presión viento(daN/m2)</b> |   | 37.97 | 0    | 0    |

Hipotesis 1 : Condición Normal

Hipotesis 2 : Condición de Rotura C.G

Hipotesis 3 : Condición rotura Conductor

**ESTRUCTURA "PM-R-A"**

| HIPOTESIS                     |   | 1     | 2   | 3   |
|-------------------------------|---|-------|-----|-----|
| CG                            | T | 81    | 31  | 81  |
|                               | V | 61    | 47  | 61  |
|                               | L |       | 450 |     |
| C1                            | T | 228   | 228 | 117 |
|                               | V | 250   | 250 | 250 |
|                               | L |       |     | 791 |
| C2                            | T | 228   | 228 | 228 |
|                               | V | 250   | 250 | 250 |
|                               | L |       |     |     |
| C3                            | T | 228   | 228 | 228 |
|                               | V | 250   | 250 | 250 |
|                               | L |       |     |     |
| <b>Presión viento(daN/m2)</b> |   | 37.97 | 0   | 0   |

Hipotesis 1 : Condición Normal

Hipotesis 2 : Condición de Rotura C.G

Hipotesis 3 : Condición rotura Conductor

**ESTRUCTURA "PM-R-A-1"**

| HIPOTESIS                     |   | 1     | 2   | 3   |
|-------------------------------|---|-------|-----|-----|
| CG                            | T | 81    | 31  | 81  |
|                               | V | 61    | 47  | 61  |
|                               | L |       | 450 |     |
| C1                            | T | 228   | 228 | 117 |
|                               | V | 250   | 250 | 250 |
|                               | L |       |     | 791 |
| C2                            | T | 228   | 228 | 228 |
|                               | V | 250   | 250 | 250 |
|                               | L |       |     |     |
| C3                            | T | 228   | 228 | 228 |
|                               | V | 250   | 250 | 250 |
|                               | L |       |     |     |
| <b>Presión viento(daN/m2)</b> |   | 37.97 | 0   | 0   |

Hipotesis 1 : Condición Normal

Hipotesis 2 : Condición de Rotura C.G

Hipotesis 3 : Condición rotura Conductor

**LINEA DE TRANSMISIÓN 60 kV SUBESTACIÓN PARQUE  
INDUSTRIAL - SUBESTACIÓN PUCALLPA**

**RESUMEN DE LA ESTRATIFICACIÓN DEL TERRENO**

| <b>Punto</b> | <b>Resistividad de la<br/>Capa Superior<br/><math>\rho_1(\text{Ohm-m})</math></b> | <b>Profundidad de la<br/>Capa Superior<br/><math>h_1(\text{m})</math></b> | <b>Resistividad de la Capa<br/>Inferior<br/><math>\rho_2(\text{Ohm-m})</math></b> |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| V1           | 71.02                                                                             | 0.58                                                                      | 62.565                                                                            |
| V2           | 125.175                                                                           | 4.16                                                                      | 102.555                                                                           |
| V3           | 155.22                                                                            | 1.69                                                                      | 61.74                                                                             |
| V4           | 143.23                                                                            | 8.06                                                                      | 85.29                                                                             |
| V5           | 91.11                                                                             | 5.12                                                                      | 56.935                                                                            |
| V6           | 98.785                                                                            | 1.28                                                                      | 62.685                                                                            |
| V7           | 110.175                                                                           | 2.45                                                                      | 59.765                                                                            |
| V8           | 118.705                                                                           | 1.37                                                                      | 90.23                                                                             |
| V9           | 160.06                                                                            | 1.81                                                                      | 121.93                                                                            |
| V10          | 167.47                                                                            | 2.51                                                                      | 139.065                                                                           |
| V11          | 137.185                                                                           | 1.58                                                                      | 77.81                                                                             |
| V12          | 123.345                                                                           | 0.98                                                                      | 83.775                                                                            |
| V13          | 106.735                                                                           | 1.27                                                                      | 68.79                                                                             |
| V14          | 95.285                                                                            | 2.13                                                                      | 57.845                                                                            |
| V15          | 85.22                                                                             | 3.03                                                                      | 58.995                                                                            |
| V16          | 100.425                                                                           | 1.31                                                                      | 66.8                                                                              |

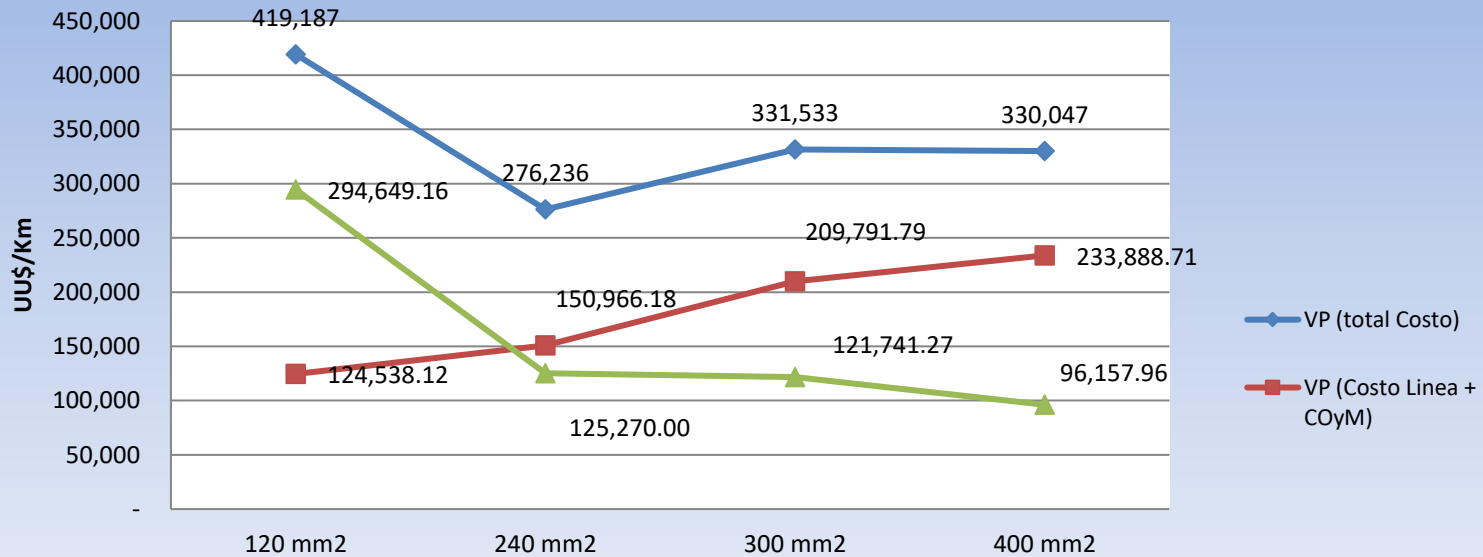
## ANEXO 14

### SELECCIÓN DEL CONDUCTOR OPTIMO

#### Resumen

| Sección  | P.U (\$) | Costo Linea (\$/Km) | VP (Costo Linea + COyM) | VP (Costo de Pérdidas) | VP (total Costo) | Tasa de Incremento Precio Cond. | Tasa de Incremento Monto Invers. | Factor de Correccion | Costo Linea corregido (\$/Km) |
|----------|----------|---------------------|-------------------------|------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| 120 mm2  | 1.65     | 86,533.92           | 124,538.12              | 294,649.16             | 419,187.28       |                                 |                                  | 15.9%                | 100,331.77                    |
| 240 mm2  | 3.27     | 118,444.76          | 150,966.18              | 125,270.00             | 276,236.18       | 98.2%                           | 36.9%                            | 2.7%                 | 121,623.04                    |
| 300 mm2  | 4.36     | 131,429.19          | 209,791.79              | 121,741.27             | 331,533.06       | 33.3%                           | 11.0%                            | 28.6%                | 169,014.77                    |
| 400 mm2  | 5.89     | 161,665.65          | 233,888.71              | 96,157.96              | 330,046.67       | 35.0%                           | 23.0%                            | 16.6%                | 188,428.00                    |
| Promedio |          |                     |                         |                        |                  | 55.5%                           | 23.6%                            | 15.9%                |                               |
| Promedio |          |                     |                         |                        |                  | 40%                             |                                  |                      |                               |

### Conductor Optimo LT 60 KV SEPI-SEPU



## ANEXO 14

## EVALUACION ECONOMICA DE LAS PERDIDAS DE ENERGIA CON Y SIN PROYECTO

| AÑO | COSTO DE PERDIDAS (POTENCIA Y ENERGIA) EN US\$ |                     |                     |                      |                      |                      |
|-----|------------------------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|     | SEPI-SEPU                                      | SEPI-SEYA           | SEYA-SEPU           | SEPI-SEYA-SEPU       | AHORRO EN US\$       | AHORRO EN \$/.       |
| 0   | 2017                                           | -                   | -                   | -                    | -                    | -                    |
| 1   | 2018                                           | 47,858.99           | 72,085.71           | 86,717.53            | 158,803.24           | 110,944.25           |
| 2   | 2019                                           | 55,533.94           | 83,645.80           | 100,624.07           | 184,269.87           | 128,735.93           |
| 3   | 2020                                           | 64,444.39           | 97,066.83           | 116,769.27           | 213,836.09           | 149,391.70           |
| 4   | 2021                                           | 74,789.98           | 112,649.46          | 135,514.83           | 248,164.29           | 173,374.31           |
| 5   | 2022                                           | 86,802.69           | 130,743.13          | 157,281.12           | 288,024.25           | 201,221.56           |
| 6   | 2023                                           | 100,752.15          | 151,753.95          | 182,556.67           | 334,310.62           | 233,558.48           |
| 7   | 2024                                           | 116,951.74          | 176,153.94          | 211,909.33           | 388,063.27           | 271,111.54           |
| 8   | 2025                                           | 135,765.73          | 204,491.78          | 245,999.12           | 450,490.90           | 314,725.17           |
| 9   | 2026                                           | 157,617.56          | 237,405.24          | 285,593.30           | 522,998.54           | 365,380.98           |
| 10  | 2027                                           | 182,999.51          | 275,635.79          | 331,583.81           | 607,219.61           | 424,220.10           |
| 11  | 2028                                           | 212,483.85          | 320,045.43          | 385,007.63           | 705,053.06           | 492,569.21           |
| 12  | 2029                                           | 246,736.00          | 371,636.37          | 447,070.40           | 818,706.78           | 571,970.78           |
| 13  | 2030                                           | 286,529.62          | 431,573.94          | 519,173.98           | 950,747.93           | 664,218.31           |
| 14  | 2031                                           | 332,764.35          | 501,213.19          | 602,948.47           | 1,104,161.65         | 771,397.31           |
| 15  | 2032                                           | 386,486.37          | 582,129.87          | 700,289.45           | 1,282,419.32         | 895,932.95           |
| 16  | 2033                                           | 448,912.33          | 676,156.51          | 813,401.45           | 1,489,557.96         | 1,040,645.63         |
| 17  | 2034                                           | 521,457.23          | 785,424.40          | 944,848.32           | 1,730,272.72         | 1,208,815.50         |
| 18  | 2035                                           | 605,766.83          | 912,412.41          | 1,097,612.11         | 2,010,024.53         | 1,404,257.70         |
| 19  | 2036                                           | 703,755.43          | 1,060,003.88        | 1,275,161.41         | 2,335,165.29         | 1,631,409.86         |
| 20  | 2037                                           | 817,649.79          | 1,231,552.78        | 1,481,530.97         | 2,713,083.74         | 1,895,433.95         |
|     |                                                | <b>5,586,058.45</b> | <b>8,413,780.44</b> | <b>10,121,593.24</b> | <b>18,535,373.67</b> | <b>12,949,315.22</b> |
|     |                                                |                     |                     |                      |                      | <b>37,553,014.13</b> |

| AÑO | PERDIDA DE ENERGIA EN KWh |                      |                      |                       |                                |
|-----|---------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|
|     | SEPI-SEPU                 | SEPI-SEYA            | SEYA-SEPU            | SEPI-SEYA-SEPU        | ENERGIA DEJADA DE PERDER (KWh) |
| 0   | 2017                      | -                    | -                    | -                     | -                              |
| 1   | 2018                      | 555,399.09           | 836,547.99           | 1,006,348.87          | 1,842,896.86                   |
| 2   | 2019                      | 644,466.19           | 970,701.80           | 1,167,732.96          | 2,138,434.76                   |
| 3   | 2020                      | 747,871.22           | 1,126,451.55         | 1,355,096.50          | 2,481,548.05                   |
| 4   | 2021                      | 867,930.80           | 1,307,286.56         | 1,572,637.05          | 2,879,923.61                   |
| 5   | 2022                      | 1,007,337.17         | 1,517,261.92         | 1,825,232.80          | 3,342,494.72                   |
| 6   | 2023                      | 1,169,219.32         | 1,761,090.53         | 2,118,553.27          | 3,879,643.80                   |
| 7   | 2024                      | 1,357,214.06         | 2,044,250.19         | 2,459,188.12          | 4,503,438.32                   |
| 8   | 2025                      | 1,575,548.68         | 2,373,108.12         | 2,854,796.99          | 5,227,905.11                   |
| 9   | 2026                      | 1,829,137.22         | 2,755,065.86         | 3,314,283.77          | 6,069,349.63                   |
| 10  | 2027                      | 2,123,692.30         | 3,198,727.85         | 3,847,999.41          | 7,046,727.26                   |
| 11  | 2028                      | 2,465,855.42         | 3,714,097.56         | 4,467,977.86          | 8,182,075.42                   |
| 12  | 2029                      | 2,863,348.37         | 4,312,805.66         | 5,188,210.58          | 9,501,016.24                   |
| 13  | 2030                      | 3,325,149.63         | 5,008,375.61         | 6,024,965.95          | 11,033,341.56                  |
| 14  | 2031                      | 3,861,699.42         | 5,816,532.58         | 6,997,161.06          | 12,813,693.64                  |
| 15  | 2032                      | 4,485,138.50         | 6,755,563.13         | 8,126,794.21          | 14,882,357.34                  |
| 16  | 2033                      | 5,209,586.00         | 7,846,733.64         | 9,439,448.38          | 17,286,182.02                  |
| 17  | 2034                      | 6,051,462.80         | 9,114,777.39         | 10,964,877.19         | 20,079,654.58                  |
| 18  | 2035                      | 7,029,867.88         | 10,588,461.49        | 12,737,686.83         | 23,326,148.32                  |
| 19  | 2036                      | 8,167,016.47         | 12,301,246.76        | 14,798,129.92         | 27,099,376.68                  |
| 20  | 2037                      | 9,488,750.01         | 14,292,055.82        | 17,193,029.53         | 31,485,085.35                  |
|     |                           | <b>64,825,690.52</b> | <b>97,641,142.01</b> | <b>117,460,151.25</b> | <b>215,101,293.26</b>          |
|     |                           |                      |                      |                       | <b>150,275,602.74</b>          |



ANEXO 14

Tipo Cambio

**CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV ACAR 240 MM2 ( SIMPLE TERNA ) SEPI-SEYA**

Nº Ternas  
Rac=

ohms/km

|    | ANO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energia (%) | Fc    | T tiempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh)   | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------------------------|------|---------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                       |      | -             | -                            | -                    | 121,623.04            |                      | 121,623.04                  |                         |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 114,947,229.99 | 32.31      | 6.38             | 206.11                   | 1.00%                   | 0.73%                  | 0.627 | 8760                    | 0.46 | 836,547.99    | 72,085.71                    | 64,362.24            | 3,928.42              | 3,928.42             | 3,507.52                    |                         |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 124,258,064.07 | 36.46      | 6.38             | 232.60                   | 1.06%                   | 0.78%                  | 0.638 | 8760                    | 0.48 | 970,701.80    | 83,645.80                    | 66,681.92            | 3,928.42              | 3,928.42             | 3,131.72                    |                         |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 134,323,084.49 | 41.14      | 6.38             | 262.50                   | 1.13%                   | 0.84%                  | 0.649 | 8760                    | 0.49 | 1,126,451.55  | 97,066.83                    | 69,090.25            | 3,928.42              | 3,928.42             | 2,796.17                    |                         |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 145,203,381.06 | 46.43      | 6.38             | 296.24                   | 1.20%                   | 0.90%                  | 0.661 | 8760                    | 0.50 | 1,307,286.56  | 112,649.46                   | 71,590.77            | 3,928.42              | 3,928.42             | 2,496.58                    |                         |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 156,964,991.91 | 52.40      | 6.38             | 334.32                   | 1.28%                   | 0.97%                  | 0.672 | 8760                    | 0.52 | 1,517,261.92  | 130,743.13                   | 74,187.16            | 3,928.42              | 3,928.42             | 2,229.09                    |                         |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 169,679,304.35 | 59.14      | 6.38             | 377.29                   | 1.36%                   | 1.04%                  | 0.684 | 8760                    | 0.53 | 1,761,090.53  | 151,753.95                   | 76,883.27            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,990.26                    |                         |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 183,423,488.08 | 66.74      | 6.38             | 425.78                   | 1.44%                   | 1.11%                  | 0.696 | 8760                    | 0.55 | 2,044,250.19  | 176,153.94                   | 79,683.10            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,777.02                    |                         |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 198,280,963.67 | 75.31      | 6.38             | 480.51                   | 1.53%                   | 1.20%                  | 0.708 | 8760                    | 0.56 | 2,373,108.12  | 204,491.78                   | 82,590.80            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,586.62                    |                         |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 250,472,032.48 | 108.25     | 6.38             | 690.62                   | 1.83%                   | 1.48%                  | 0.746 | 8760                    | 0.61 | 3,714,097.56  | 320,045.43                   | 92,005.41            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,129.33                    |                         |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 270,760,503.42 | 122.16     | 6.38             | 779.39                   | 1.95%                   | 1.59%                  | 0.760 | 8760                    | 0.63 | 4,312,805.66  | 371,636.37                   | 95,389.80            | 3,928.42              | 3,928.42             | 1,008.33                    |                         |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 292,692,359.64 | 137.86     | 6.38             | 879.56                   | 2.07%                   | 1.71%                  | 0.773 | 8760                    | 0.65 | 5,008,375.61  | 431,573.94                   | 98,905.61            | 3,928.42              | 3,928.42             | 900.29                      |                         |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 316,400,716.91 | 155.58     | 6.38             | 992.62                   | 2.20%                   | 1.84%                  | 0.786 | 8760                    | 0.67 | 5,816,532.58  | 501,213.19                   | 102,558.15           | 3,928.42              | 3,928.42             | 803.83                      |                         |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 342,029,473.49 | 175.58     | 6.38             | 1,120.20                 | 2.34%                   | 1.98%                  | 0.800 | 8760                    | 0.69 | 6,755,563.13  | 582,129.87                   | 106,352.95           | 3,928.42              | 3,928.42             | 717.71                      |                         |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 369,734,183.53 | 198.15     | 6.38             | 1,264.18                 | 2.48%                   | 2.12%                  | 0.814 | 8760                    | 0.71 | 7,846,733.64  | 676,156.51                   | 110,295.77           | 3,928.42              | 3,928.42             | 640.81                      |                         |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 399,683,001.22 | 223.62     | 6.38             | 1,426.67                 | 2.64%                   | 2.28%                  | 0.829 | 8760                    | 0.73 | 9,114,777.39  | 785,424.40                   | 114,392.62           | 3,928.42              | 3,928.42             | 572.15                      |                         |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 432,057,701.40 | 252.36     | 6.38             | 1,610.04                 | 2.80%                   | 2.45%                  | 0.843 | 8760                    | 0.75 | 10,588,461.49 | 912,412.41                   | 118,649.74           | 3,928.42              | 3,928.42             | 510.85                      |                         |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 467,054,782.83 | 284.79     | 6.38             | 1,816.98                 | 2.98%                   | 2.63%                  | 0.858 | 8760                    | 0.77 | 12,301,246.76 | 1,060,003.88                 | 123,073.63           | 3,928.42              | 3,928.42             | 456.12                      |                         |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 504,886,660.88 | 321.40     | 6.38             | 2,050.52                 | 3.16%                   | 2.83%                  | 0.873 | 8760                    | 0.80 | 14,292,055.82 | 1,231,552.78                 | 127,671.09           | 3,928.42              | 3,928.42             | 407.25                      |                         |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | -              | 362.71     | 6.38             | 2,314.08                 | 3.36%                   | 3.03%                  | 0.889 | 8760                    | 0.82 | 16,606,167.32 | 1,430,960.79                 | 132,449.18           | 3,928.42              | 3,928.42             | 363.61                      |                         |
|    |      |           |                |            |                  |                          |                         |                        |       |                         |      |               |                              | 1,981,171.53         |                       |                      | 150,966.18                  | 2,132,137.72            |

## ANEXO 14

Tipo Cambio

## CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV ACAR 175 MM2 - SEYA - SEPU

Nº Ternas  
Rac=(Actualmente funciona solo una terna)  
ohms/km

|    | ANO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energia (%) | Fc    | T tiempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh)   | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------------------------|------|---------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                       |      | -             | -                            | -                    | 125,414.72            |                      | 125,414.72                  |                         |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 40.38      | 6.14             | 247.95                   | 1.21%                   | 0.95%                  | 0.627 | 8760                    | 0.46 | 1,006,348.87  | 86,717.53                    | 77,426.36            | 4,050.90              | 4,050.90             | 3,616.87                    |                         |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 45.57      | 6.14             | 279.82                   | 1.28%                   | 1.02%                  | 0.638 | 8760                    | 0.48 | 1,167,732.96  | 100,624.07                   | 80,216.89            | 4,050.90              | 4,050.90             | 3,229.35                    |                         |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 51.43      | 6.14             | 315.78                   | 1.36%                   | 1.09%                  | 0.649 | 8760                    | 0.49 | 1,355,096.50  | 116,769.27                   | 83,114.06            | 4,050.90              | 4,050.90             | 2,883.35                    |                         |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 58.04      | 6.14             | 356.37                   | 1.45%                   | 1.17%                  | 0.661 | 8760                    | 0.50 | 1,572,637.05  | 135,514.83                   | 86,122.12            | 4,050.90              | 4,050.90             | 2,574.42                    |                         |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 65.50      | 6.14             | 402.17                   | 1.54%                   | 1.26%                  | 0.672 | 8760                    | 0.52 | 1,825,232.80  | 157,281.12                   | 89,245.53            | 4,050.90              | 4,050.90             | 2,298.59                    |                         |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 73.92      | 6.14             | 453.87                   | 1.63%                   | 1.35%                  | 0.684 | 8760                    | 0.53 | 2,118,553.27  | 182,556.67                   | 92,488.89            | 4,050.90              | 4,050.90             | 2,052.31                    |                         |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 83.42      | 6.14             | 512.20                   | 1.73%                   | 1.45%                  | 0.696 | 8760                    | 0.55 | 2,459,188.12  | 211,909.33                   | 95,857.02            | 4,050.90              | 4,050.90             | 1,832.42                    |                         |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 94.14      | 6.14             | 578.04                   | 1.84%                   | 1.56%                  | 0.708 | 8760                    | 0.56 | 2,854,796.99  | 245,999.12                   | 99,354.92            | 4,050.90              | 4,050.90             | 1,636.09                    |                         |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 135.31     | 6.14             | 830.80                   | 2.21%                   | 1.93%                  | 0.746 | 8760                    | 0.61 | 4,467,977.86  | 385,007.63                   | 110,680.49           | 4,050.90              | 4,050.90             | 1,164.54                    |                         |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 152.70     | 6.14             | 937.59                   | 2.34%                   | 2.07%                  | 0.760 | 8760                    | 0.63 | 5,188,210.58  | 447,070.40                   | 114,751.84           | 4,050.90              | 4,050.90             | 1,039.76                    |                         |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 172.33     | 6.14             | 1,058.10                 | 2.49%                   | 2.23%                  | 0.773 | 8760                    | 0.65 | 6,024,965.95  | 519,173.98                   | 118,981.28           | 4,050.90              | 4,050.90             | 928.36                      |                         |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 194.48     | 6.14             | 1,194.10                 | 2.65%                   | 2.39%                  | 0.786 | 8760                    | 0.67 | 6,997,161.06  | 602,948.47                   | 123,375.20           | 4,050.90              | 4,050.90             | 828.89                      |                         |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 219.47     | 6.14             | 1,347.58                 | 2.81%                   | 2.57%                  | 0.800 | 8760                    | 0.69 | 8,126,794.21  | 700,289.45                   | 127,940.27           | 4,050.90              | 4,050.90             | 740.08                      |                         |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 247.68     | 6.14             | 1,520.78                 | 2.99%                   | 2.76%                  | 0.814 | 8760                    | 0.71 | 9,439,448.38  | 813,401.45                   | 132,683.40           | 4,050.90              | 4,050.90             | 660.79                      |                         |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 279.52     | 6.14             | 1,716.25                 | 3.17%                   | 2.97%                  | 0.829 | 8760                    | 0.73 | 10,964,877.19 | 944,848.32                   | 137,611.81           | 4,050.90              | 4,050.90             | 589.99                      |                         |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 315.45     | 6.14             | 1,936.84                 | 3.37%                   | 3.19%                  | 0.843 | 8760                    | 0.75 | 12,737,686.83 | 1,097,612.11                 | 142,733.03           | 4,050.90              | 4,050.90             | 526.78                      |                         |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 355.99     | 6.14             | 2,185.79                 | 3.58%                   | 3.43%                  | 0.858 | 8760                    | 0.77 | 14,798,129.92 | 1,275,161.41                 | 148,054.88           | 4,050.90              | 4,050.90             | 470.34                      |                         |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 401.75     | 6.14             | 2,466.73                 | 3.80%                   | 3.68%                  | 0.873 | 8760                    | 0.80 | 17,193,029.53 | 1,481,530.97                 | 153,585.52           | 4,050.90              | 4,050.90             | 419.94                      |                         |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 453.39     | 6.14             | 2,783.79                 | 4.04%                   | 3.96%                  | 0.889 | 8760                    | 0.82 | 19,976,854.89 | 1,721,414.43                 | 159,333.45           | 4,050.90              | 4,050.90             | 374.95                      |                         |
|    |      |           |                |            |                  |                          |                         |                        |       |                         |      |               |                              | 2,383,305.88         |                       |                      | 155,672.65                  | 2,538,978.53            |

ANEXO 14

Tipo Cambio

**CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV AAAC 120 MM2 - DOBLE TERNA**

Nº Ternas  
Rac=

ohms/km

|    | ANO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energia (%) | Fc    | T tiempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh)  | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |  |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------------------------|------|--------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|--|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                       |      | -            | -                            | -                    | 100,331.77            |                      | 100,331.77                  |                         |  |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 30.65      | 1.00             | 30.65                    | 0.15%                   | 0.12%                  | 0.627 | 8760                    | 0.46 | 124,415.36   | 10,720.93                    | 9,572.26             |                       | 3,240.72             | 2,893.50                    |                         |  |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 34.59      | 1.00             | 34.59                    | 0.16%                   | 0.13%                  | 0.638 | 8760                    | 0.48 | 144,367.34   | 12,440.20                    | 9,917.25             |                       | 3,240.72             | 2,583.48                    |                         |  |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 39.04      | 1.00             | 39.04                    | 0.17%                   | 0.13%                  | 0.649 | 8760                    | 0.49 | 167,531.18   | 14,436.24                    | 10,275.43            |                       | 3,240.72             | 2,306.68                    |                         |  |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 44.06      | 1.00             | 44.06                    | 0.18%                   | 0.14%                  | 0.661 | 8760                    | 0.50 | 194,425.81   | 16,753.76                    | 10,647.32            |                       | 3,240.72             | 2,059.53                    |                         |  |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 49.72      | 1.00             | 49.72                    | 0.19%                   | 0.16%                  | 0.672 | 8760                    | 0.52 | 225,654.34   | 19,444.73                    | 11,033.46            |                       | 3,240.72             | 1,838.87                    |                         |  |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 56.11      | 1.00             | 56.11                    | 0.20%                   | 0.17%                  | 0.684 | 8760                    | 0.53 | 261,917.68   | 22,569.56                    | 11,434.44            |                       | 3,240.72             | 1,641.85                    |                         |  |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 63.32      | 1.00             | 63.32                    | 0.21%                   | 0.18%                  | 0.696 | 8760                    | 0.55 | 304,030.51   | 26,198.44                    | 11,850.85            |                       | 3,240.72             | 1,465.94                    |                         |  |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 71.46      | 1.00             | 71.46                    | 0.23%                   | 0.19%                  | 0.708 | 8760                    | 0.56 | 352,939.81   | 30,412.98                    | 12,283.29            |                       | 3,240.72             | 1,308.87                    |                         |  |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 102.71     | 1.00             | 102.71                   | 0.27%                   | 0.24%                  | 0.746 | 8760                    | 0.61 | 552,378.07   | 47,598.66                    | 13,683.48            |                       | 3,240.72             | 931.63                      |                         |  |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 115.91     | 1.00             | 115.91                   | 0.29%                   | 0.26%                  | 0.760 | 8760                    | 0.63 | 641,420.76   | 55,271.51                    | 14,186.82            |                       | 3,240.72             | 831.81                      |                         |  |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 130.81     | 1.00             | 130.81                   | 0.31%                   | 0.28%                  | 0.773 | 8760                    | 0.65 | 744,869.20   | 64,185.71                    | 14,709.71            |                       | 3,240.72             | 742.69                      |                         |  |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 147.63     | 1.00             | 147.63                   | 0.33%                   | 0.30%                  | 0.786 | 8760                    | 0.67 | 865,062.11   | 74,542.78                    | 15,252.93            |                       | 3,240.72             | 663.11                      |                         |  |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 166.60     | 1.00             | 166.60                   | 0.35%                   | 0.32%                  | 0.800 | 8760                    | 0.69 | 1,004,719.15 | 86,577.09                    | 15,817.31            |                       | 3,240.72             | 592.07                      |                         |  |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 188.02     | 1.00             | 188.02                   | 0.37%                   | 0.34%                  | 0.814 | 8760                    | 0.71 | 1,167,003.17 | 100,561.18                   | 16,403.71            |                       | 3,240.72             | 528.63                      |                         |  |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 212.18     | 1.00             | 212.18                   | 0.39%                   | 0.37%                  | 0.829 | 8760                    | 0.73 | 1,355,592.60 | 116,812.01                   | 17,013.01            |                       | 3,240.72             | 471.99                      |                         |  |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 239.45     | 1.00             | 239.45                   | 0.42%                   | 0.39%                  | 0.843 | 8760                    | 0.75 | 1,574,765.84 | 135,698.27                   | 17,646.15            |                       | 3,240.72             | 421.42                      |                         |  |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 270.23     | 1.00             | 270.23                   | 0.44%                   | 0.42%                  | 0.858 | 8760                    | 0.77 | 1,829,499.33 | 157,648.77                   | 18,304.09            |                       | 3,240.72             | 376.27                      |                         |  |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 304.96     | 1.00             | 304.96                   | 0.47%                   | 0.46%                  | 0.873 | 8760                    | 0.80 | 2,125,581.83 | 183,162.33                   | 18,987.85            |                       | 3,240.72             | 335.95                      |                         |  |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 344.16     | 1.00             | 344.16                   | 0.50%                   | 0.49%                  | 0.889 | 8760                    | 0.82 | 2,469,747.38 | 212,819.23                   | 19,698.46            | 294,649.16            |                      | 3,240.72                    | 299.96                  |  |
|    |      |           |                |            |                  |                          |                         |                        |       |                         |      |              |                              |                      |                       |                      | 124,538.12                  | 419,187.28              |  |

ANEXO 14

Tipo Cambio

CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV AAC 240 MM2 - DOBLE TERNA

Nº Ternas

Rac=

ohms/km

|    | ANO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energia (%) | Fc    | T tiempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh)  | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------------------------|------|--------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                       |      | -            | -                            | -                    | 121,623.04            |                      | 121,623.04                  |                         |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 13.03      | 1.00             | 13.03                    | 0.06%                   | 0.05%                  | 0.627 | 8760                    | 0.46 | 52,895.15    | 4,558.00                     | 4,069.64             |                       | 3,928.42             | 3,507.52                    |                         |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 14.71      | 1.00             | 14.71                    | 0.07%                   | 0.05%                  | 0.638 | 8760                    | 0.48 | 61,377.73    | 5,288.95                     | 4,216.32             |                       | 3,928.42             | 3,131.72                    |                         |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 16.60      | 1.00             | 16.60                    | 0.07%                   | 0.06%                  | 0.649 | 8760                    | 0.49 | 71,225.83    | 6,137.56                     | 4,368.59             |                       | 3,928.42             | 2,796.17                    |                         |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 18.73      | 1.00             | 18.73                    | 0.08%                   | 0.06%                  | 0.661 | 8760                    | 0.50 | 82,660.08    | 7,122.86                     | 4,526.70             |                       | 3,928.42             | 2,496.58                    |                         |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 21.14      | 1.00             | 21.14                    | 0.08%                   | 0.07%                  | 0.672 | 8760                    | 0.52 | 95,936.87    | 8,266.92                     | 4,690.87             |                       | 3,928.42             | 2,229.09                    |                         |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 23.86      | 1.00             | 23.86                    | 0.09%                   | 0.07%                  | 0.684 | 8760                    | 0.53 | 111,354.22   | 9,595.44                     | 4,861.35             |                       | 3,928.42             | 1,990.26                    |                         |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 26.92      | 1.00             | 26.92                    | 0.09%                   | 0.08%                  | 0.696 | 8760                    | 0.55 | 129,258.48   | 11,138.26                    | 5,038.38             |                       | 3,928.42             | 1,777.02                    |                         |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 30.38      | 1.00             | 30.38                    | 0.10%                   | 0.08%                  | 0.708 | 8760                    | 0.56 | 150,052.26   | 12,930.07                    | 5,222.24             |                       | 3,928.42             | 1,586.62                    |                         |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 43.67      | 1.00             | 43.67                    | 0.12%                   | 0.10%                  | 0.746 | 8760                    | 0.61 | 234,843.37   | 20,236.56                    | 5,817.53             |                       | 3,928.42             | 1,129.33                    |                         |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 49.28      | 1.00             | 49.28                    | 0.12%                   | 0.11%                  | 0.760 | 8760                    | 0.63 | 272,699.85   | 23,498.67                    | 6,031.52             |                       | 3,928.42             | 1,008.33                    |                         |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 55.62      | 1.00             | 55.62                    | 0.13%                   | 0.12%                  | 0.773 | 8760                    | 0.65 | 316,680.92   | 27,288.53                    | 6,253.83             |                       | 3,928.42             | 900.29                      |                         |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 62.76      | 1.00             | 62.76                    | 0.14%                   | 0.13%                  | 0.786 | 8760                    | 0.67 | 367,780.90   | 31,691.84                    | 6,484.78             |                       | 3,928.42             | 803.83                      |                         |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 70.83      | 1.00             | 70.83                    | 0.15%                   | 0.14%                  | 0.800 | 8760                    | 0.69 | 427,156.05   | 36,808.23                    | 6,724.73             |                       | 3,928.42             | 717.71                      |                         |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 79.93      | 1.00             | 79.93                    | 0.16%                   | 0.15%                  | 0.814 | 8760                    | 0.71 | 496,151.05   | 42,753.56                    | 6,974.03             |                       | 3,928.42             | 640.81                      |                         |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 90.21      | 1.00             | 90.21                    | 0.17%                   | 0.16%                  | 0.829 | 8760                    | 0.73 | 576,329.79   | 49,662.59                    | 7,233.08             |                       | 3,928.42             | 572.15                      |                         |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 101.80     | 1.00             | 101.80                   | 0.18%                   | 0.17%                  | 0.843 | 8760                    | 0.75 | 669,511.23   | 57,692.08                    | 7,502.25             |                       | 3,928.42             | 510.85                      |                         |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 114.89     | 1.00             | 114.89                   | 0.19%                   | 0.18%                  | 0.858 | 8760                    | 0.77 | 777,811.09   | 67,024.33                    | 7,781.98             |                       | 3,928.42             | 456.12                      |                         |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 129.66     | 1.00             | 129.66                   | 0.20%                   | 0.19%                  | 0.873 | 8760                    | 0.80 | 903,690.48   | 77,871.41                    | 8,072.68             |                       | 3,928.42             | 407.25                      |                         |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 146.32     | 1.00             | 146.32                   | 0.21%                   | 0.21%                  | 0.889 | 8760                    | 0.82 | 1,050,012.36 | 90,480.03                    | 8,374.80             |                       | 3,928.42             | 363.61                      |                         |
|    |      |           |                |            |                  |                          |                         |                        |       |                         |      |              |                              | 125,270.00           |                       |                      | 150,966.18                  | 276,236.18              |

ANEXO 14

Tipo Cambio

Nº Ternas

Rac=

ohms/km

**CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV AAAC 300 MM2 - DOBLE TERNA**

|    | ANO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energia (%) | Fc    | T tiempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh)  | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------------------------|------|--------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                       |      | -            | -                            | -                    | 169,014.77            |                      | 169,014.77                  |                         |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 12.67      | 1.00             | 12.67                    | 0.06%                   | 0.05%                  | 0.627 | 8760                    | 0.46 | 51,405.15    | 4,429.60                     | 3,955.00             |                       | 5,459.18             | 4,874.27                    |                         |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 14.29      | 1.00             | 14.29                    | 0.07%                   | 0.05%                  | 0.638 | 8760                    | 0.48 | 59,648.78    | 5,139.96                     | 4,097.55             |                       | 5,459.18             | 4,352.02                    |                         |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 16.13      | 1.00             | 16.13                    | 0.07%                   | 0.06%                  | 0.649 | 8760                    | 0.49 | 69,219.47    | 5,964.67                     | 4,245.54             |                       | 5,459.18             | 3,885.73                    |                         |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 18.20      | 1.00             | 18.20                    | 0.07%                   | 0.06%                  | 0.661 | 8760                    | 0.50 | 80,331.62    | 6,922.21                     | 4,399.19             |                       | 5,459.18             | 3,469.41                    |                         |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 20.54      | 1.00             | 20.54                    | 0.08%                   | 0.06%                  | 0.672 | 8760                    | 0.52 | 93,234.43    | 8,034.05                     | 4,558.74             |                       | 5,459.18             | 3,097.68                    |                         |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 23.18      | 1.00             | 23.18                    | 0.08%                   | 0.07%                  | 0.684 | 8760                    | 0.53 | 108,217.48   | 9,325.15                     | 4,724.41             |                       | 5,459.18             | 2,765.79                    |                         |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 26.16      | 1.00             | 26.16                    | 0.09%                   | 0.07%                  | 0.696 | 8760                    | 0.55 | 125,617.40   | 10,824.51                    | 4,896.46             |                       | 5,459.18             | 2,469.45                    |                         |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 29.53      | 1.00             | 29.53                    | 0.09%                   | 0.08%                  | 0.708 | 8760                    | 0.56 | 145,825.43   | 12,565.84                    | 5,075.13             |                       | 5,459.18             | 2,204.87                    |                         |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 42.44      | 1.00             | 42.44                    | 0.11%                   | 0.10%                  | 0.746 | 8760                    | 0.61 | 228,228.07   | 19,666.51                    | 5,653.65             |                       | 5,459.18             | 1,569.38                    |                         |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 47.89      | 1.00             | 47.89                    | 0.12%                   | 0.11%                  | 0.760 | 8760                    | 0.63 | 265,018.16   | 22,836.73                    | 5,861.62             |                       | 5,459.18             | 1,401.23                    |                         |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 54.05      | 1.00             | 54.05                    | 0.13%                   | 0.11%                  | 0.773 | 8760                    | 0.65 | 307,760.33   | 26,519.84                    | 6,077.66             |                       | 5,459.18             | 1,251.10                    |                         |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 61.00      | 1.00             | 61.00                    | 0.14%                   | 0.12%                  | 0.786 | 8760                    | 0.67 | 357,420.87   | 30,799.11                    | 6,302.11             |                       | 5,459.18             | 1,117.06                    |                         |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 68.84      | 1.00             | 68.84                    | 0.14%                   | 0.13%                  | 0.800 | 8760                    | 0.69 | 415,123.48   | 35,771.37                    | 6,535.30             |                       | 5,459.18             | 997.37                      |                         |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 77.68      | 1.00             | 77.68                    | 0.15%                   | 0.14%                  | 0.814 | 8760                    | 0.71 | 482,174.96   | 41,549.23                    | 6,777.58             |                       | 5,459.18             | 890.51                      |                         |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 87.67      | 1.00             | 87.67                    | 0.16%                   | 0.15%                  | 0.829 | 8760                    | 0.73 | 560,095.15   | 48,263.65                    | 7,029.33             |                       | 5,459.18             | 795.10                      |                         |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 98.94      | 1.00             | 98.94                    | 0.17%                   | 0.16%                  | 0.843 | 8760                    | 0.75 | 650,651.76   | 56,066.95                    | 7,290.92             |                       | 5,459.18             | 709.91                      |                         |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 111.65     | 1.00             | 111.65                   | 0.18%                   | 0.17%                  | 0.858 | 8760                    | 0.77 | 755,900.92   | 65,136.32                    | 7,562.77             |                       | 5,459.18             | 633.85                      |                         |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 126.00     | 1.00             | 126.00                   | 0.19%                   | 0.19%                  | 0.873 | 8760                    | 0.80 | 878,234.41   | 75,677.85                    | 7,845.28             |                       | 5,459.18             | 565.94                      |                         |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 142.20     | 1.00             | 142.20                   | 0.21%                   | 0.20%                  | 0.889 | 8760                    | 0.82 | 1,020,434.55 | 87,931.30                    | 8,138.89             | 121,741.27            | 5,459.18             | 209,791.79                  | 331,533.06              |

## ANEXO 14

Tipo Cambio

## CALCULO DE COSTOS Y PERDIDAS LT 60 KV AAC 400 MM2 - DOBLE TERNA

Nº Ternas

Rac=

ohms/km

|    | ANO  | P<br>(kW) | E<br>(KWh)     | Pp<br>(Kw) | Longitud<br>(Km) | Perdida<br>Potencia (KW) | Perdida<br>Potencia (%) | Perdida<br>Energia (%) | Fc    | T tiempo<br>(horas/año) | Fp   | Ep<br>(Kwh) | Costo Perdidas<br>(US\$/año) | C. Perd VP<br>(US\$) | Costo LT<br>(US\$/km) | Mant LT<br>(US\$/km) | Cost+Mant a VP<br>(US\$/km) | Total a VP<br>(US\$/km) |  |
|----|------|-----------|----------------|------------|------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------|-------------------------|------|-------------|------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|--|
| 0  | 2017 |           |                | 0          |                  |                          |                         |                        |       | 0                       |      | -           | -                            | -                    | 188,428.00            |                      | 188,428.00                  |                         |  |
| 1  | 2018 | 20,565.43 | 106,334,070.00 | 10.00      | 1.00             | 10.00                    | 0.05%                   | 0.04%                  | 0.627 | 8760                    | 0.46 | 40,602.62   | 3,498.75                     | 3,123.88             |                       | 6,086.22             | 5,434.13                    |                         |  |
| 2  | 2019 | 21,847.15 | 114,947,229.99 | 11.29      | 1.00             | 11.29                    | 0.05%                   | 0.04%                  | 0.638 | 8760                    | 0.48 | 47,113.89   | 4,059.83                     | 3,236.47             |                       | 6,086.22             | 4,851.90                    |                         |  |
| 3  | 2020 | 23,208.75 | 124,258,064.07 | 12.74      | 1.00             | 12.74                    | 0.05%                   | 0.04%                  | 0.649 | 8760                    | 0.49 | 54,673.35   | 4,711.23                     | 3,353.36             |                       | 6,086.22             | 4,332.05                    |                         |  |
| 4  | 2021 | 24,655.20 | 134,323,084.49 | 14.38      | 1.00             | 14.38                    | 0.06%                   | 0.05%                  | 0.661 | 8760                    | 0.50 | 63,450.34   | 5,467.54                     | 3,474.72             |                       | 6,086.22             | 3,867.91                    |                         |  |
| 5  | 2022 | 26,191.81 | 145,203,381.06 | 16.23      | 1.00             | 16.23                    | 0.06%                   | 0.05%                  | 0.672 | 8760                    | 0.52 | 73,641.68   | 6,345.74                     | 3,600.74             |                       | 6,086.22             | 3,453.49                    |                         |  |
| 6  | 2023 | 27,824.18 | 156,964,991.91 | 18.31      | 1.00             | 18.31                    | 0.07%                   | 0.05%                  | 0.684 | 8760                    | 0.53 | 85,476.13   | 7,365.52                     | 3,731.60             |                       | 6,086.22             | 3,083.47                    |                         |  |
| 7  | 2024 | 29,558.29 | 169,679,304.35 | 20.67      | 1.00             | 20.67                    | 0.07%                   | 0.06%                  | 0.696 | 8760                    | 0.55 | 99,219.54   | 8,549.79                     | 3,867.49             |                       | 6,086.22             | 2,753.10                    |                         |  |
| 8  | 2025 | 31,400.48 | 183,423,488.08 | 23.32      | 1.00             | 23.32                    | 0.07%                   | 0.06%                  | 0.708 | 8760                    | 0.56 | 115,180.96  | 9,925.19                     | 4,008.62             |                       | 6,086.22             | 2,458.12                    |                         |  |
| 11 | 2028 | 37,644.97 | 231,703,805.62 | 33.52      | 1.00             | 33.52                    | 0.09%                   | 0.08%                  | 0.746 | 8760                    | 0.61 | 180,267.10  | 15,533.70                    | 4,465.57             |                       | 6,086.22             | 1,749.64                    |                         |  |
| 12 | 2029 | 39,991.15 | 250,472,032.48 | 37.83      | 1.00             | 37.83                    | 0.09%                   | 0.08%                  | 0.760 | 8760                    | 0.63 | 209,325.94  | 18,037.71                    | 4,629.83             |                       | 6,086.22             | 1,562.18                    |                         |  |
| 13 | 2030 | 42,483.55 | 270,760,503.42 | 42.69      | 1.00             | 42.69                    | 0.10%                   | 0.09%                  | 0.773 | 8760                    | 0.65 | 243,086.06  | 20,946.83                    | 4,800.47             |                       | 6,086.22             | 1,394.81                    |                         |  |
| 14 | 2031 | 45,131.29 | 292,692,359.64 | 48.18      | 1.00             | 48.18                    | 0.11%                   | 0.10%                  | 0.786 | 8760                    | 0.67 | 282,310.69  | 24,326.84                    | 4,977.75             |                       | 6,086.22             | 1,245.36                    |                         |  |
| 15 | 2032 | 47,944.05 | 316,400,716.91 | 54.37      | 1.00             | 54.37                    | 0.11%                   | 0.10%                  | 0.800 | 8760                    | 0.69 | 327,887.39  | 28,254.20                    | 5,161.94             |                       | 6,086.22             | 1,111.93                    |                         |  |
| 16 | 2033 | 50,932.10 | 342,029,473.49 | 61.36      | 1.00             | 61.36                    | 0.12%                   | 0.11%                  | 0.814 | 8760                    | 0.71 | 380,848.34  | 32,817.87                    | 5,353.31             |                       | 6,086.22             | 992.80                      |                         |  |
| 17 | 2034 | 54,106.39 | 369,734,183.53 | 69.24      | 1.00             | 69.24                    | 0.13%                   | 0.12%                  | 0.829 | 8760                    | 0.73 | 442,393.99  | 38,121.29                    | 5,552.15             |                       | 6,086.22             | 886.42                      |                         |  |
| 18 | 2035 | 57,478.50 | 399,683,001.22 | 78.14      | 1.00             | 78.14                    | 0.14%                   | 0.13%                  | 0.843 | 8760                    | 0.75 | 513,920.59  | 44,284.76                    | 5,758.77             |                       | 6,086.22             | 791.45                      |                         |  |
| 19 | 2036 | 61,060.78 | 432,057,701.40 | 88.19      | 1.00             | 88.19                    | 0.14%                   | 0.14%                  | 0.858 | 8760                    | 0.77 | 597,052.18  | 51,448.25                    | 5,973.49             |                       | 6,086.22             | 706.65                      |                         |  |
| 20 | 2037 | 64,866.32 | 467,054,782.83 | 99.52      | 1.00             | 99.52                    | 0.15%                   | 0.15%                  | 0.873 | 8760                    | 0.80 | 693,677.90  | 59,774.53                    | 6,196.63             |                       | 6,086.22             | 630.94                      |                         |  |
| 21 | 2038 | 68,909.04 | 504,886,660.88 | 112.32     | 1.00             | 112.32                   | 0.16%                   | 0.16%                  | 0.889 | 8760                    | 0.82 | 805,995.40  | 69,452.98                    | 6,428.54             | 96,157.96             |                      | 6,086.22                    | 563.34                  |  |
|    |      |           |                |            |                  |                          |                         |                        |       |                         |      |             |                              |                      |                       |                      | 233,888.71                  | 330,046.67              |  |

**ANEXO 14**

**ANALISIS DE PERDIDA DE ENERGIA CON Y SIN LA EJECUCION DEL PROYECTO**

|                                                         | 0    | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13         | 14         | 15         | 16         | 17         | 18         | 19         | 20         |
|---------------------------------------------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                                         | 2017 | 2018      | 2019      | 2020      | 2021      | 2022      | 2023      | 2024      | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      | 2030       | 2031       | 2032       | 2033       | 2034       | 2035       | 2036       | 2037       |
| Pérdida Energía (SEPI-SEPU)                             |      | 0.52%     | 0.56%     | 0.60%     | 0.65%     | 0.69%     | 0.74%     | 0.80%     | 0.86%     | 0.92%     | 0.99%     | 1.06%     | 1.14%     | 1.23%      | 1.32%      | 1.42%      | 1.52%      | 1.64%      | 1.76%      | 1.89%      | 2.03%      |
| Pérdida Potencia (SEPI-SEPU)                            |      | 0.67%     | 0.71%     | 0.75%     | 0.80%     | 0.85%     | 0.90%     | 0.96%     | 1.02%     | 1.08%     | 1.15%     | 1.22%     | 1.29%     | 1.37%      | 1.46%      | 1.55%      | 1.65%      | 1.75%      | 1.86%      | 1.98%      | 2.10%      |
| Pérdida Energía sin Proyecto (SEPI-SEYA-SEPU)           |      | 1,842,897 | 2,138,435 | 2,481,548 | 2,879,924 | 3,342,495 | 3,879,644 | 4,503,438 | 5,227,905 | 6,069,350 | 7,046,727 | 8,182,075 | 9,501,016 | 11,033,342 | 12,813,694 | 14,882,357 | 17,286,182 | 20,079,655 | 23,326,148 | 27,099,377 | 31,485,085 |
| Pérdida Energía con Proyecto (SEPI-SEPU)                |      | 555,399   | 644,466   | 747,871   | 867,931   | 1,007,337 | 1,169,219 | 1,357,214 | 1,575,549 | 1,829,137 | 2,123,692 | 2,465,855 | 2,863,348 | 3,325,150  | 3,861,699  | 4,485,138  | 5,209,586  | 6,051,463  | 7,029,868  | 8,167,016  | 9,488,750  |
| Energía dejada de perder con nuevo proyecto (SEPI-SEPU) |      | 1,287,498 | 1,493,969 | 1,733,677 | 2,011,993 | 2,335,158 | 2,710,424 | 3,146,224 | 3,652,356 | 4,240,212 | 4,923,035 | 5,716,220 | 6,637,668 | 7,708,192  | 8,951,994  | 10,397,219 | 12,076,596 | 14,028,192 | 16,296,280 | 18,932,360 | 21,996,335 |

## ANEXO 15

### PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA (MW)

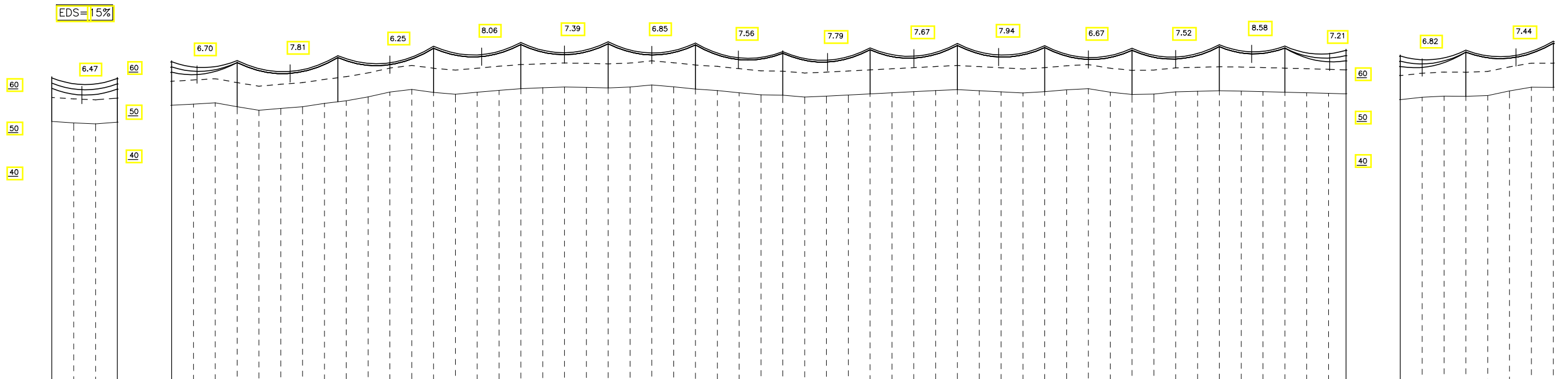
| Nº | AÑO  | Max. Demanda real (KW) | Tasa de Crecimiento real | Tasa Promedio real | MD SEPI (MW) | MD SEYA (MW) | MD SEPU (MW) | fc (factor de carga) |
|----|------|------------------------|--------------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| 1  | 2006 | 18,868                 |                          | 6.23%              | 4.93         | 3.18         | 10.75        | -                    |
| 2  | 2007 | 18,868                 | 0.00%                    |                    | 4.93         | 3.18         | 10.75        | -                    |
| 3  | 2008 | 19,200                 | 1.76%                    |                    | 5.02         | 3.23         | 10.94        | -                    |
| 4  | 2009 | 19,800                 | 3.13%                    |                    | 5.18         | 3.34         | 11.29        | -                    |
| 5  | 2010 | 22,920                 | 15.76%                   |                    | 5.99         | 3.86         | 13.06        | 0.58                 |
| 6  | 2011 | 22,450                 | -2.05%                   |                    | 5.87         | 3.78         | 12.80        | 0.64                 |
| 7  | 2012 | 25,526                 | 13.70%                   |                    | 6.68         | 4.30         | 14.55        | 0.62                 |
| 8  | 2013 | 26,781                 | 4.92%                    |                    | 7.00         | 4.51         | 15.27        | 0.64                 |
| 9  | 2014 | 29,618                 | 10.59%                   |                    | 7.75         | 4.99         | 16.88        | 0.63                 |
| 10 | 2015 | 33,589                 | 13.41%                   |                    | 8.78         | 5.66         | 19.15        | 0.58                 |
| 11 | 2016 | 33,963                 | 1.11%                    |                    | 8.88         | 5.72         | 19.36        | 0.63                 |
| 12 | 2017 | 36,080                 |                          | 6.23%              | 9.44         | 6.08         | 20.57        | 0.64                 |
| 13 | 2018 | 38,328                 |                          |                    | 10.02        | 6.46         | 21.85        | 0.65                 |
| 14 | 2019 | 40,717                 |                          |                    | 10.65        | 6.86         | 23.21        | 0.66                 |
| 15 | 2020 | 43,255                 |                          |                    | 11.31        | 7.29         | 24.66        | 0.67                 |
| 16 | 2021 | 45,951                 |                          |                    | 12.02        | 7.74         | 26.19        | 0.68                 |
| 17 | 2022 | 48,814                 |                          |                    | 12.77        | 8.22         | 27.82        | 0.70                 |
| 18 | 2023 | 51,857                 |                          |                    | 13.56        | 8.74         | 29.56        | 0.71                 |
| 19 | 2024 | 55,089                 |                          |                    | 14.41        | 9.28         | 31.40        | 0.72                 |
| 20 | 2025 | 58,522                 |                          |                    | 15.31        | 9.86         | 33.36        | 0.73                 |
| 21 | 2026 | 62,169                 |                          |                    | 16.26        | 10.47        | 35.44        | 0.75                 |
| 22 | 2027 | 66,044                 |                          |                    | 17.27        | 11.13        | 37.64        | 0.76                 |
| 23 | 2028 | 70,160                 |                          |                    | 18.35        | 11.82        | 39.99        | 0.77                 |
| 24 | 2029 | 74,533                 |                          |                    | 19.49        | 12.56        | 42.48        | 0.79                 |
| 25 | 2030 | 79,178                 |                          |                    | 20.71        | 13.34        | 45.13        | 0.80                 |
| 26 | 2031 | 84,112                 |                          |                    | 22.00        | 14.17        | 47.94        | 0.81                 |
| 27 | 2032 | 89,355                 |                          |                    | 23.37        | 15.05        | 50.93        | 0.83                 |
| 28 | 2033 | 94,923                 |                          | 24.83              | 15.99        | 54.11        | 0.84         |                      |
| 29 | 2034 | 100,839                |                          | 26.37              | 16.99        | 57.48        | 0.86         |                      |
| 30 | 2035 | 107,124                |                          | 28.02              | 18.05        | 61.06        | 0.87         |                      |
| 31 | 2036 | 113,801                |                          | 29.76              | 19.17        | 64.87        | 0.89         |                      |
| 32 | 2037 | 120,893                |                          | 31.62              | 20.37        | 68.91        | 0.90         |                      |



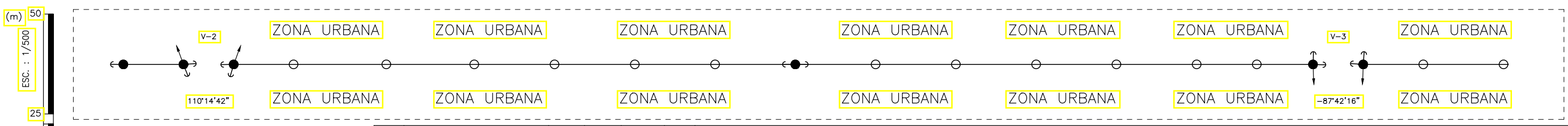
**PROYECCION DE LA ENERGIA (MWh)**

| Nº | AÑO  | DEMANDA REAL (MWh) | Tasa de Crecimiento | Tasa de crecimiento Promedio | MD SEPI (MWh) | MD SEYA (MWh) | MD SEPU (MWh) |
|----|------|--------------------|---------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
|    | 2006 |                    |                     | 8.10%                        | -             | -             | -             |
|    | 2007 |                    |                     |                              | -             | -             | -             |
|    | 2008 |                    |                     |                              | -             | -             | -             |
|    | 2009 |                    |                     |                              | -             | -             | -             |
| 1  | 2010 | 117,008            |                     |                              | 34,441        | 19,508        | 66,695        |
| 2  | 2011 | 125,941            | 7.63%               |                              | 37,071        | 20,997        | 71,787        |
| 3  | 2012 | 138,748            | 10.17%              |                              | 40,840        | 23,132        | 79,086        |
| 4  | 2013 | 151,168            | 8.95%               |                              | 44,496        | 25,203        | 86,166        |
| 5  | 2014 | 163,876            | 8.41%               | 48,237                       | 27,322        | 93,409        |               |
| 6  | 2015 | 171,071            | 4.39%               | 50,355                       | 28,522        | 97,511        |               |
| 7  | 2016 | 186,551            | 9.05%               | 54,911                       | 31,102        | 106,334       |               |
| 8  | 2017 | 201,662            |                     | 8.10%                        | 52,742        | 33,972        | 114,947       |
| 9  | 2018 | 217,997            |                     |                              | 57,014        | 36,724        | 124,258       |
| 10 | 2019 | 235,655            |                     |                              | 61,633        | 39,699        | 134,323       |
| 11 | 2020 | 254,743            |                     |                              | 66,625        | 42,914        | 145,203       |
| 12 | 2021 | 275,377            |                     |                              | 72,022        | 46,390        | 156,965       |
| 13 | 2022 | 297,683            |                     |                              | 77,856        | 50,148        | 169,679       |
| 14 | 2023 | 321,796            |                     |                              | 84,162        | 54,210        | 183,423       |
| 15 | 2024 | 347,861            |                     |                              | 90,979        | 58,601        | 198,281       |
| 16 | 2025 | 376,038            |                     |                              | 98,349        | 63,348        | 214,342       |
| 17 | 2026 | 406,498            |                     |                              | 106,315       | 68,479        | 231,704       |
| 18 | 2027 | 439,425            |                     |                              | 114,926       | 74,026        | 250,472       |
| 19 | 2028 | 475,018            |                     |                              | 124,236       | 80,022        | 270,761       |
| 20 | 2029 | 513,495            |                     |                              | 134,299       | 86,504        | 292,692       |
| 21 | 2030 | 555,089            |                     |                              | 145,177       | 93,511        | 316,401       |
| 22 | 2031 | 600,052            |                     |                              | 156,937       | 101,086       | 342,029       |
| 23 | 2032 | 648,656            |                     |                              | 169,649       | 109,274       | 369,734       |
| 24 | 2033 | 701,198            |                     |                              | 183,390       | 118,125       | 399,683       |
| 25 | 2034 | 757,996            |                     |                              | 198,245       | 127,693       | 432,058       |
| 26 | 2035 | 819,394            |                     |                              | 214,303       | 138,036       | 467,055       |
| 27 | 2036 | 885,766            |                     |                              | 231,662       | 149,218       | 504,887       |
| 28 | 2037 | 957,514            |                     |                              | 250,427       | 161,304       | 545,783       |

|                         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| NÚMERO DE ESTRUCTURA    | 0         | 1         | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        | 15        | 16        | 17        |
| ARMAZÓN PRINCIPAL       | 1A4       | 1A4       | 1A4       | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | R-A       | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | 1A4       | 1A4       | Szc       | Szc       |
| ARMAZÓN SECUNDARIO      |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| ACUMULADA (m)           | 0.00      | 119.71    | 119.71    | 239.71    | 424.42    | 599.71    | 759.71    | 919.71    | 1079.71   | 1239.71   | 1399.71   | 1559.71   | 1719.71   | 1879.71   | 2039.71   | 2159.71   | 2271.73   | 2271.73   | 2391.73   | 2551.73   |
| VANO MIENTO (m)         | 59.85     | 119.85    | 119.85    | 152.35    | 180.00    | 187.64    | 180.00    | 180.00    | 180.00    | 180.00    | 180.00    | 180.00    | 180.00    | 180.00    | 180.00    | 140.00    | 116.01    | 116.01    | 140.00    | 180.00    |
| VANO PESO (m)           | 61.45     | 115.86    | 115.86    | 146.58    | 173.81    | 177.35    | 185.77    | 183.48    | 174.14    | 158.46    | 158.86    | 172.44    | 161.03    | 147.97    | 150.13    | 122.95    | 92.54     | 92.54     | 136.43    | 181.62    |
| SOPORTE                 | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    |
| RETENIDAS               | 2R1       | 2R1       | 2R1       |           |           |           |           |           |           | 2R1       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| FUNDA A TIERRA          | PAI-R     | PAI-A     | PAI-A     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAI-A     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAI-H     | PAI-R     | PAT-R     | PAT-R     |
| CIMENTACIÓN             | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      | CM21      |
| ABRIGOS                 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| VANO HORIZONTAL (m)     |           | 119.71    |           | 120.00    | 184.72    | 175.28    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 120.00    | 112.02    | 120.00    | 160.00    |
| PARÁMETRO CATENARIA (m) |           | 1225.43   |           | 1226.31   | 1381.37   | 1363.01   | 1330.55   | 1330.55   | 1330.55   | 1330.52   | 1330.55   | 1330.54   | 1330.55   | 1330.55   | 1330.55   | 1226.31   | 1201.61   | 1226.29   | 1330.52   | 1330.52   |
| CONDUCTOR               | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC |



|                         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| ESTACIÓN                | V-1    | V-2    | V-2    | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -       | -       | -       | -       | -       | V-3     | V-3     | -       | -       | -       |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| DISTANCIA PARCIAL (m)   |        | 119.71 | 81     | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00  | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 72.02   | 81      | 32      | 80.00   | 80.00   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| DISTANCIA ACUMULADA (m) | 0.00   | 119.71 | 119.71 | 119.71 | 199.71 | 279.71 | 359.71 | 439.71 | 519.71 | 599.71 | 679.71 | 759.71 | 839.71 | 919.71 | 999.71 | 1079.71 | 1159.71 | 1239.71 | 1319.71 | 1399.71 | 1479.71 | 1559.71 | 1639.71 | 1719.71 | 1799.71 | 1879.71 | 1959.71 | 2039.71 | 2119.71 | 2199.71 | 2271.73 | 2271.73 | 2351.73 | 2431.73 | 2511.73 | 2511.73 |  |
| COTA DE TERRENO (m)     | 152.56 | 152.40 | 152.40 | 152.98 | 151.27 | 152.09 | 153.45 | 155.42 | 155.37 | 155.39 | 156.22 | 156.58 | 156.37 | 157.07 | 156.11 | 155.28  | 154.70  | 154.49  | 155.00  | 155.52  | 156.01  | 155.49  | 155.51  | 156.21  | 154.89  | 155.46  | 155.72  | 155.53  | 155.27  | 155.01  | 155.01  | 155.81  | 155.95  | 157.85  | 15      |         |  |
| TIPO DE TERRENO         |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
| PROPIETARIO             |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |  |



ESC. : 1/500 (m)

ESC. : 1/2000 (m)

| REV. | DESCRIPCIÓN | DISEÑO | DIBUJO | APROBADO | FECHA |
|------|-------------|--------|--------|----------|-------|
|      |             |        |        |          |       |

**UNS**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

**DETERMINACIÓN DEL SECCIÓN ECONÓMICA ÓPTIMA  
DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 Kv  
SEPI - SEPU, DEPARTAMENTO DE UCAYALI**

**TESIS DE GRADO  
DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS Y PLANIMETRÍA**

PERFIL Y PLANIMETRÍA : 0.00 km A 2.55 km

DIS. : JRC/JHC

REV. : GLT

APR. : UNS

DIB. : JRC/JHC

DEPARTAMENTO: UCAYALI

PROVINCIA : PUCALLPA

DISTRITO : PUCALLPA

FECHA : NOV-2018

ESCALA : 1/4000

H : 1/4000

V : 1/500

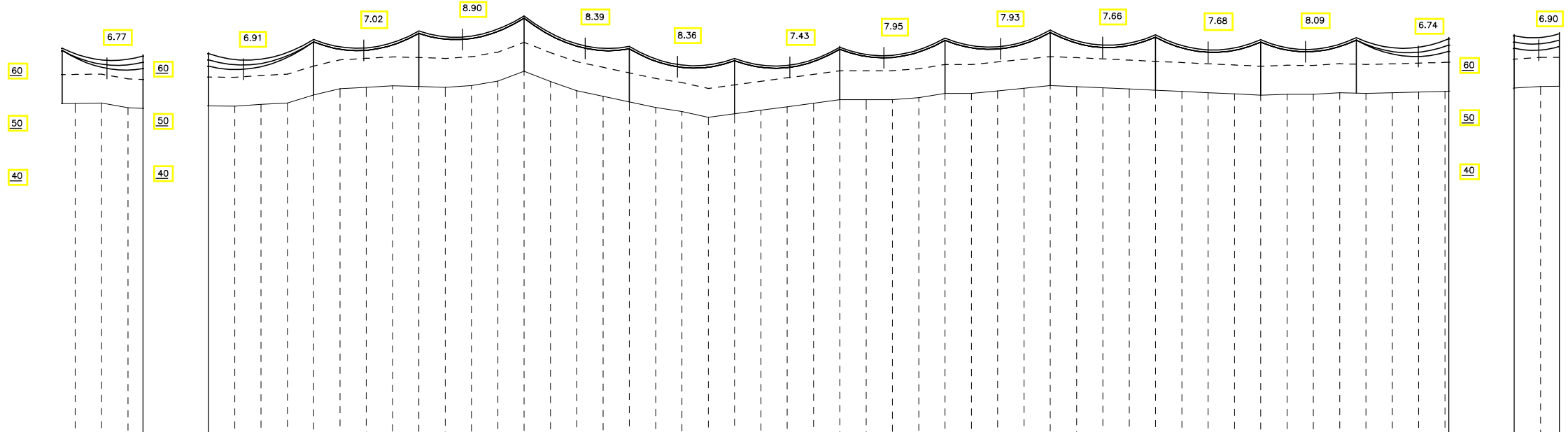
PLANO : 1/4

01-LP

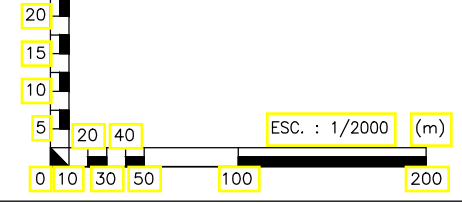
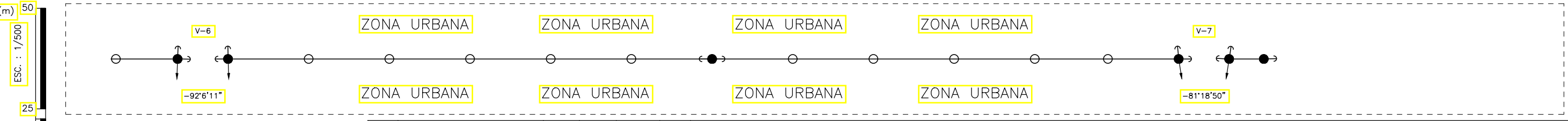




| NÚMERO DE ESTRUCTURA    | 52        | 53      | 53      | 54        | 55        | 56        | 57        | 58        | 59        | 60        | 61        | 62        | 63        | 64        | 65        | 65        | 66        |
|-------------------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ARMAZÓN PRINCIPAL       | Szc       | IA4     | IA4     | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | R-A       | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | Szc       | IA4       | IA4       | IA4       |
| ARMAZÓN SECUNDARIO      |           |         |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| ACUMULADA (m)           | 7995.15   | 8117.42 | 8117.42 | 8277.42   | 8437.42   | 8597.42   | 8757.42   | 8917.42   | 9077.42   | 9237.42   | 9397.42   | 9557.42   | 9717.42   | 9882.60   | 10003.20  | 10003.20  | 10071.91  |
| VANO VIENTO (m)         | 131.34    | 141.13  | 141.13  | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 152.59    | 142.89    | 104.65    | 104.65    | 34.35     |
| VANO PESO (m)           | 146.74    | 104.15  | 104.15  | 168.75    | 149.35    | 149.35    | 149.35    | 130.64    | 125.48    | 163.09    | 162.05    | 160.51    | 141.45    | 141.05    | 97.46     | 97.46     | 39.81     |
| SOPORTE                 | 21/600    | 21/600  | 21/600  | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    | 21/600    |
| RETENIDAS               |           | 2R1     | 2R1     |           |           |           |           |           |           | 2R1       |           |           |           |           | 2R1       | 2R1       | 1R1       |
| PLANTA A TIERRA         | PAT-R     | PAI-A   | PAI-A   | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAI-A     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAT-R     | PAI-R     | PAI-R     | PAI-A     |
| ORIENTACIÓN             | CM21=     | CM21=   | CM21=   | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     | CM21=     |
| ANCHURAS                |           |         |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| VANO HORIZONTAL (m)     |           | 22.27   |         | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 160.00    | 145.18    | 140.60    |           | 66.71     |
| PÁRAMETRO CATENARIA (m) |           | 1233.04 |         | 1330.50   | 1330.53   | 1330.49   | 1330.52   | 1330.52   | 1330.52   | 1330.53   | 1330.54   | 1330.55   | 1330.55   | 1295.43   | 1283.77   |           | 1040.47   |
| CONDUCTOR               | 3x240 AAC |         |         | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC | 3x240 AAC |



| ESTACIÓN                | 0.00    | 102.67  | 181.00  | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 125.78  | 68       | 68.71    |          |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
| DISTANCIA PARCIAL (m)   |         | 102.67  | 81.33   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00   | 80.00    | 80.00    | 80.00    |
| DISTANCIA ACUMULADA (m) | 8014.74 | 8117.42 | 8117.42 | 8197.42 | 8277.42 | 8357.42 | 8437.42 | 8517.42 | 8597.42 | 8677.42 | 8757.42 | 8837.42 | 8917.42 | 8997.42 | 9077.42 | 9157.42 | 9237.42 | 9317.42 | 9397.42 | 9477.42 | 9557.42 | 9637.42 | 9717.42 | 9797.42 | 9877.42 | 9877.42 | 10003.20 | 10003.20 | 10071.91 |
| COTA DE TERRENO (m)     | 154.74  | 153.79  | 153.79  | 154.09  | 155.89  | 157.35  | 157.50  | 157.66  | 160.40  | 156.71  | 154.58  | 152.74  | 152.31  | 153.65  | 154.98  | 155.00  | 156.17  | 156.67  | 157.68  | 157.25  | 156.79  | 156.32  | 155.86  | 156.00  | 156.19  | 156.19  | 156.61   | 156.61   | 156.97   |
| TIPO DE TERRENO         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |          |          |
| PROPIETARIO             |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |          |          |          |



| REV. | DESCRIPCIÓN | DISEÑO | DIBUJO | APROBADO | FECHA |
|------|-------------|--------|--------|----------|-------|
|      |             |        |        |          |       |
|      |             |        |        |          |       |



**DETERMINACIÓN DEL SECCIÓN ECONÓMICA ÓPTIMA**  
**DEL CONDUCTOR DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN 60 Kv**  
 SEPI - SEPU, DEPARTAMENTO DE UCAYALI  
**TESIS DE GRADO**  
**DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS Y PLANIMETRÍA**  
**PERFIL Y PLANIMETRÍA : 8.00 km A 10.07 km**

DIS. : JRC/JHC  
 REV. : GLT  
 APR. : UNS  
 DIB. : JRC/JHC

DEPARTAMENTO : UCAYALI  
 PROVINCIA : PUCALLPA  
 DISTRITO : PUCALLPA  
 FECHA : NOV-2018  
 ESCALA : H : 1/4000  
 V : 1/500  
 PLANO : 4/4  
 01-LP