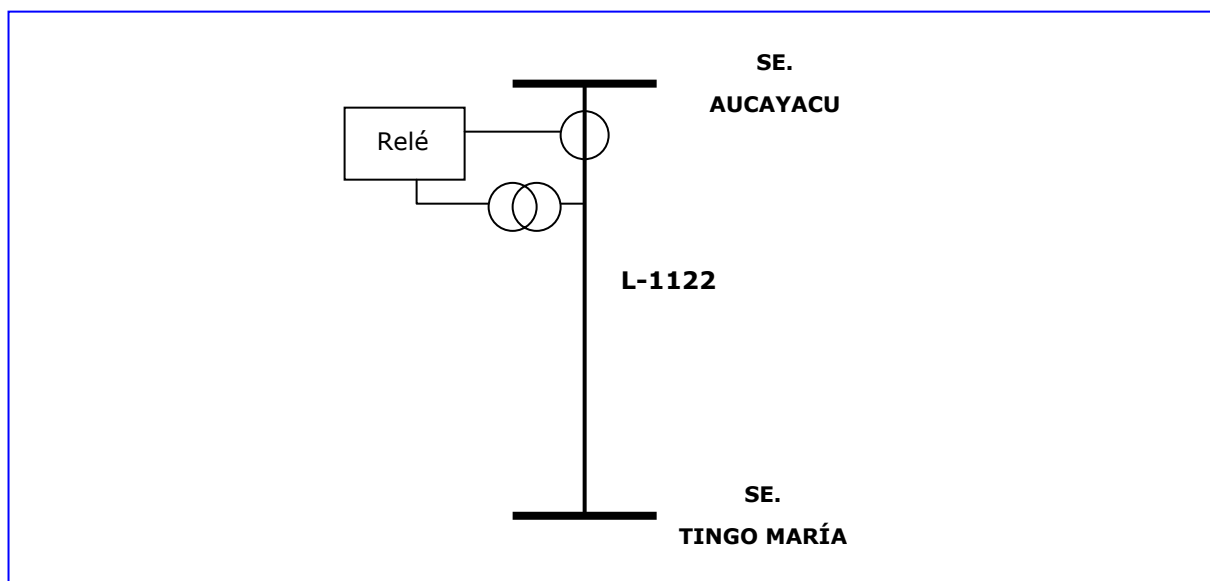


## ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE LAS PROTECCIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO NACIONAL

| <b>MEMORIA DE CALCULO</b>                         |              |              |       |          |           |
|---|--------------|--------------|-------|----------|-----------|
| Instalación:                                      | SE. AUCAYACU | N° PSS:      | 41152 | Tensión: | 138 kV    |
| Empresa:  | REP          |              |       |          |           |
| <b>PROTECCION DE LINEA L-1122 [ Tingo María ]</b> |              |              |       |          |           |
| Marca:  |              | Modelo:      |       | Tipo:    | DISTANCIA |
| Responsable:                                      |              | Coordinador: |       |          |           |

| Rev. | Fecha | Nombre | Descripción | Aprobó | Fecha |
|------|-------|--------|-------------|--------|-------|
|      |       |        |             |        |       |
|      |       |        |             |        |       |
|      |       |        |             |        |       |
|      |       |        |             |        |       |

### DIAGRAMA UNIFILAR



## 1 Resumen de Ajustes a Implementar:

### 1.1 Protección de Distancia:

| Ajustes         | Zona 1  | Zona 2  | Zona 3  | Zona de Reversa | Zona de Arranque |
|-----------------|---------|---------|---------|-----------------|------------------|
| Dirección       | Forward | Forward | Forward | Reverse         | F/R              |
| XP ( $\Omega$ ) | 19.5    | 45.0    | 68.0    | -30.0           | 80.0/-30.0       |
| RP ( $\Omega$ ) | 40.0    | 40.0    | 40.0    | -40.0           | 50.0/-50.0       |
| RE ( $\Omega$ ) | 60.0    | 60.0    | 60.0    | -30.0           | 80.0/-80.0       |
| T (s)           | 0.0     | 0.4     | 1.0     | 0.9             | 2.0              |

## 2 Parámetros Generales

De acuerdo a la base de datos la línea L-1122 tiene los siguientes parámetros:

L= 44.4 km

Rd= 6.17 ohm primario

Xd= 23.02 ohm primario

R0= 17.50 ohm primario

X0= 82.36 ohm primario

### 2.1 Escenarios analizados:

- Avenida Máxima 2006: Av06max
- Avenida Media 2006: Av06med
- Avenida Mínima 2006: Av06min
- Estiaje Máxima 2006: Es06max
- Estiaje Media 2006: Es06med
- Estiaje Mínima 2006: Es06min

### 2.2 Impedancia de Carga:

Se ha verificado el valor de impedancia mínima de la carga , de acuerdo a los criterios de ajuste, se ha tomando como dato limitante la capacidad de la línea declarada.

$Z_{carga\ min} = (0,85\ Unom)^2 / P_{máxima}$

P<sub>máxima</sub> 45 MVA (declarada )

Z<sub>carga min</sub> : 305 ohm

### 2.3 Factores de compensación homopolar:

El factor de compensación homopolar  $K_0$  de la línea.

$K_0 \text{ modulo} = 0.84$

$K_0 \text{ ángulo} = 4.20$

Con los parámetros de líneas se calculan los factores de  $K_{0R}$  y  $K_{0X}$  compensación homopolar de corriente.

$K_{0R} = 0.61$

$K_{0X} = 0.86$

## 3 Ajustes Actuales de la Protección de Distancia

| Ajustes         | Zona 1  | Zona 2  | Zona 3  | Zona de Reversa | Zona de Arranque |
|-----------------|---------|---------|---------|-----------------|------------------|
| Dirección       | Forward | Forward | Forward | Reverse         | Forward          |
| XP ( $\Omega$ ) | -       | -       | -       | -               | -                |
| RP ( $\Omega$ ) | -       | -       | -       | -               | -                |
| RE ( $\Omega$ ) | -       | -       | -       | -               | -                |
| T (s)           | -       | -       | -       | -               | -                |

## 4 Protección de Distancia

### 4.1 Zona 1:

**Dirección:** Forward

**Ajustes:**

#### Fase-Fase

**Alcance Reactivo:** Para cubrir fallas hasta el 85% de la línea Aucayacu - Tingo María.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>X1P</b> | 19.5 ohm primario |
|------------|-------------------|

**Alcance Resistivo:** Se tuvo en consideración el alcance resistivo de fase para la zona 1 de la línea Tingo María - Aucayacu.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>R1P</b> | 40.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

**Temporización:**

|            |          |
|------------|----------|
| <b>T1P</b> | 0.0 seg. |
|------------|----------|

### Fase-Tierra

**Alcance Resistivo:** Para cubrir fallas monofásicas de 20 ohms hasta el 85% de la línea Aucayacu - Tingo María.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>R1E</b> | 60.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

Resumiendo la zona 1 tiene los siguientes ajustes:

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>X1P</b> | 19.5 ohm primario |
| <b>R1P</b> | 40.0 ohm primario |
| <b>R1E</b> | 60.0 ohm primario |
| <b>T1P</b> | 0.0 seg.          |

## 4.2 Zona 2:

**Dirección:** Forward

**Ajustes:**

### Fase-Fase

**Alcance Reactivo:** Para cubrir fallas hasta el 50% de la línea Tingo María - Huanuco.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>X2P</b> | 45.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

**Alcance Resistivo:** Se tuvo en consideración el alcance resistivo de fase para la zona 2 de la línea Tingo María - Aucayacu.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>R2P</b> | 40.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

**Temporización:**

|            |          |
|------------|----------|
| <b>T2P</b> | 0.4 seg. |
|------------|----------|

### Fase-Tierra

**Alcance Resistivo:** Para cubrir fallas monofásicas de 20 ohm hasta el 50% de la línea Tingo Maria - Huanuco.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>R2E</b> | 60.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

Resumiendo la zona 2 tiene los siguientes ajustes:

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>X2P</b> | 45.0 ohm primario |
| <b>R2P</b> | 40.0 ohm primario |
| <b>R2E</b> | 60.0 ohm primario |
| <b>T2P</b> | 0.4 seg.          |

### 4.3 Zona 3:

**Dirección:** Forward

**Ajustes:**

#### Fase-Fase

**Alcance Reactivo:** Para cubrir fallas hasta la barra de Huanuco 138kV.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>X3P</b> | 68.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

**Alcance Resistivo:** Se tuvo en consideración el alcance resistivo de fase para la zona 3 de la línea Tingo María - Aucayacu.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>R3P</b> | 40.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

**Temporización:**

|            |          |
|------------|----------|
| <b>T3P</b> | 1.0 seg. |
|------------|----------|

#### Fase-Tierra

**Alcance Resistivo:** Igual a 1.2 veces la resistencia vista para una falla monofásica de 20 ohm en la barra de Huanuco 138kV.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>R3E</b> | 60.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

Resumiendo la zona 3 tiene los siguientes ajustes:

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>X3P</b> | 68.0 ohm primario |
| <b>R3P</b> | 40.0 ohm primario |
| <b>R3E</b> | 60.0 ohm primario |
| <b>T3P</b> | 1.0 seg.          |

### 4.4 Zona Reversa:

**Dirección:** Reverse

**Ajustes:**

#### Fase-Fase

**Alcance Reactivo:** Para cubrir fallas hasta el 50% de la línea Aucayacu - Tocache.

|            |                    |
|------------|--------------------|
| <b>XRP</b> | -30.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

**Alcance Resistivo:** Igual al alcance resistivo de fase de la zona 1.

|            |                    |
|------------|--------------------|
| <b>RRP</b> | -40.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

**Temporización:**

|            |          |
|------------|----------|
| <b>TRP</b> | 0.9 seg. |
|------------|----------|

### Fase-Tierra

**Alcance Resistivo:** Para cubrir fallas monofásicas de 20 ohm hasta el 50% de la línea Aucayacu - Tocache.

|            |                    |
|------------|--------------------|
| <b>RRE</b> | -30.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

Resumiendo la zona reversa tiene los siguientes ajustes:

|            |                    |
|------------|--------------------|
| <b>XRP</b> | -30.0 ohm primario |
| <b>RRP</b> | -40.0 ohm primario |
| <b>RRE</b> | -30.0 ohm primario |
| <b>TRP</b> | 0.9 seg.           |

## 4.5 Zona de Arranque:

### 4.5.1 Dirección: Forward

Ajustes:

#### Fase-Fase

**Alcance Reactivo:** Igual a 1.2 veces el alcance reactivo de la zona 3.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>XAP</b> | 80.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

**Alcance Resistivo:** Se tuvo en consideración el alcance resistivo de fase para la zona de Arranque de la línea Tingo María - Aucayacu.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>RAP</b> | 50.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

Temporización:

|            |          |
|------------|----------|
| <b>TAP</b> | 2.0 seg. |
|------------|----------|

#### Fase-Tierra

**Alcance Resistivo:** Se tuvo en consideración el alcance resistivo de Tierra para la zona de Arranque de la línea Tingo María - Aucayacu.

|            |                   |
|------------|-------------------|
| <b>RAE</b> | 80.0 ohm primario |
|------------|-------------------|

### 4.5.2 Dirección: Reverse

Ajustes:

#### Fase-Fase

**Alcance Reactivo:** Igual al 0.3 veces el alcance reactivo de la zona de arranque forward.

|            |                    |
|------------|--------------------|
| <b>XAP</b> | -30.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

**Alcance Resistivo:** Igual al alcance resistivo de fases de la zona de arranque forward.

|            |                    |
|------------|--------------------|
| <b>RAP</b> | -50.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

#### Fase-Tierra

**Alcance Resistivo:** Igual al alcance resistivo de tierra de la zona de arranque forward.

|            |                    |
|------------|--------------------|
| <b>XAP</b> | -80.0 ohm primario |
|------------|--------------------|

Resumiendo la zona de arranque tiene los siguientes ajustes:

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| <b>XAP</b> | 80.0/-30.0 ohm primario |
| <b>RAP</b> | 50.0/-50.0 ohm primario |
| <b>RAE</b> | 80.0/-80.0 ohm primario |
| <b>TAP</b> | 2.0 seg.                |

## 4.6 Parámetros de Teleprotección

Dado que en este tipo de protección la zona 1 no es independiente para el esquema de sobrealcance y autorización, nos encontramos con el problema que este ultimo esquema es muy dependiente del correcto funcionamiento del canal de teleprotección, pudiendo tener disparos con tiempo de segundo escalón para fallas en zona 1. ( en caso del fallar el canal de comunicación ).

Por lo tanto sugerimos utilizar el esquema PUTT (sub alcance y aceleración )

Tipo de disparo : monofásico en primera zona.

Tipo de emisión : Zona 1

## 4.7 Weak Infeed

Como ya se ha dicho se considera que este ajuste corresponde al extremo débil de una línea de transmisión por lo tanto se habilita esta función.

Con el fin de autorizar el disparo monofásico de esta protección estando el modo de fuente débil activo, la selección de fase debe ser condicionado a un criterio de falta de tensión, para ello debemos ajustar un umbral de falta de tensión.

Se propone para el mismo el mínimo valor de ajuste posible, este es de 0.2 Un. Con este valor nos aseguramos de detectar la caída de tensión por fallas monofásicas en toda la línea.

Como umbral de detección de fase abierta se recomienda 0.05 In.

## 5 Protección de Oscilación de Potencia – 68

Se desprende del informe del CESI que sobre esta línea es baja la probabilidad de fenómenos oscilatorios y no se recomienda específicamente la formación de alguna isla.

El cálculo de la banda de transición está dado por la expresión:

$$R_{pen} = 0.00787 * F * (4 * R_{lim}^2 + X_{lin}^2) / X_{lin}$$

$R_{lim}$  = Resistencia límite de la característica

$X_{lin}$  = Impedancia de la red que corresponde a la suma de la impedancia hacia delante y la impedancia hacia atrás.

$$R_{pen} = 56.54 \text{ ohm primarios (para } F = 6 \text{ Hz)}$$

El fabricante considera que el tiempo mínimo de pasaje por la banda de oscilación debe ser de 5 mseg. para ser considerada como una oscilación de potencia, por lo tanto verificamos el ancho de la banda calculado con la máxima variación de impedancia adoptada, y comprobamos que el tiempo de pasaje sea mayor al dado por el fabricante.

$$T_{pas} = (R_{pen} / V) - T_{err}$$

$T_{pas}$  : tiempo de pasaje

$T_{err}$  : Error máximo en el tiempo de pasaje ( 10 mseg )

$V$  : velocidad de variación adoptada ( max 1000 a 1200 ohm/seg )

De acuerdo al calculo  $T_{pas} = 37 \text{ mseg.} > 5 \text{ mseg.}$

## 6 Protección de Sobrecorriente a Tierra – 67N

### 6.1 Comparación direccional

De acuerdo con los criterios de ajuste ( considerando que se trata de una línea con fuerte aporte en el extremo opuesto ) se propone para el nivel de corriente residual el correspondiente a la condición de corriente de corto circuito monofásica mínima, para fallas ubicadas en el extremo de la línea, a este valor lo tenemos que afectar de un error del 50 %.

Para nuestro caso el valor de corriente mínima residual lo obtenemos del flujo AV03MIN y su valor es de 124 A primarios.

$$I_{e>} = 0.5 * 124 \approx 62 \text{ A primarios}$$

Con referencia al valor de tensión residual, se considera conveniente un valor de  $V_r$  : 0.01  $U_n$

El tiempo de disparo debe garantizar la efectividad de iniciación del recierre. Con 200 mseg se garantiza que la protección de distancia inicie el recierre.

Temporización de disparo = 200 mseg.



## **7 Protección de Recierre – 79**

Según estudios realizados por el CESI y en acuerdo con su informe sobre arco secundario ES, se propone un tiempo de recierre de 500 msec

Se propone el esquema de un solo recierre monofásico, con un tiempo de bloqueo de 20 seg. y un tiempo de mantenimiento de la orden de cierre de 200 Mseg.