



**Ingeniería Eléctrica**

**PROYECTO FINAL**

**PÉRDIDAS TÉCNICAS EN LÍNEAS  
DE SUBTRANSMISIÓN**

**Autores**

Ceballos, Luciano  
Musso, Javier Angel

**Tutor**

Marcangelo, Daniel

**MAYO 2020**

## RESÚMEN EJECUTIVO

El siguiente proyecto tiene por objeto la estimación de las pérdidas técnicas existentes en un sistema eléctrico real con el fin de obtener una valorización monetaria de las mismas y realizar un análisis del impacto económico que tendrían sobre una propuesta de inversión.

Las instalaciones a estudiar corresponden a un sistema de Subtransmisión en 33 KV que técnicamente alcanzó su máximo óptimo y puede saturar rápidamente debido al crecimiento constante que experimenta la región. Como solución se propone un proyecto en alta tensión (132 KV) del cual también se estiman las pérdidas técnicas y, luego de la correspondiente comparación, se verifica la factibilidad económica de su ejecución.

Para la estimación de pérdidas técnicas se utiliza el software NEPLAN, el cual realiza el análisis a partir de los valores de carga obtenidos desde el sistema SCADA de la distribuidora y los parámetros de línea y Estación Transformadora correspondientes a las instalaciones existentes y a las propuestas.

La evaluación económica final, con su correspondiente amortización, se realiza con una modelización de la demanda a 10 años, utilizando los datos de carga registrados en los últimos tres.

## Índice

1 - INTRODUCCIÓN .....	6
<b>1.1) – Problemática</b> .....	6
<b>1.2) – Justificación</b> .....	6
<b>1.3) – Objetivos</b> .....	7
<b>1.3.1) – Objetivos Generales</b> .....	7
<b>1.3.2) – Objetivos Específicos</b> .....	7
2 - MARCO TEÓRICO .....	9
<b>2.1) – Pérdidas de Energía</b> .....	9
<b>2.2) – Sistema de Subtransmisión</b> .....	10
<b>2.3) – ET San Andrés de Giles</b> .....	12
<b>2.4) – Línea de 33 KV Lujan - San Andrés de Giles</b> .....	14
<b>2.5) – Línea de 33 KV Mercedes – San Andrés de Giles</b> .....	15
<b>2.6) – Evolución histórica</b> .....	16
<b>2.6.1) – Primer Repotenciación</b> .....	17
<b>2.6.2) – Segunda Repotenciación</b> .....	18
<b>2.6.3) – Tercera Repotenciación</b> .....	20
<b>2.7) – Síntesis</b> .....	22
3 – MARCO METODOLÓGICO .....	24
4 – DESARROLLO .....	31
<b>4.1) – Cálculo de la LAAT San Antonio de Areco – San Andrés de Giles</b> .....	31
<b>4.2) – Características técnicas generales</b> .....	36
<b>4.2.1) – Conductor de potencia</b> .....	36
<b>4.2.2) – Conductor de hilo de guardia</b> .....	37
<b>4.3) – Estados de carga</b> .....	38
<b>4.3.1) – Determinación de la zona</b> .....	38
<b>4.3.2) – Tensiones mecánicas admisibles</b> .....	39
<b>4.3.3) – Definición de zonas</b> .....	40
<b>4.3.3.1) – Zona urbana</b> .....	40
<b>4.3.3.2) – Zona suburbana</b> .....	40
<b>4.3.3.3) – Zona rural</b> .....	41
<b>4.3.3.4) – Cruce de rutas nacionales</b> .....	41

4.3.3.5) – Cruce de FFCC.....	41
4.3.4) – Altura libre de los cables .....	41
4.3.5) – Tensiones máximas admisibles en el conductor.....	42
4.3.5.1) – Ecuación general de cambio de estado.....	42
4.3.5.2) – Tensiones máximas admisibles para cada estado .....	49
4.3.5.3) – Cálculo de Flecha y Tiro .....	52
4.3.6) – Tensiones máximas admisibles en el cable de guardia.....	55
4.3.6.1) – Ecuación general de cambio de estado.....	56
4.3.6.2) – Tensiones máximas admisibles para cada estado .....	60
4.3.6.3) – Cálculo de Flecha y Tiro .....	63
4.3.7) – Tabla de tendido de conductores.....	66
4.3.7.1) – Tabla de tendido para el conductor de potencia .....	66
4.3.7.2) – Tabla de tendido para el hilo de guardia .....	68
4.4) – Aisladores.....	70
4.4.1) – Elección del tipo de aislador .....	70
4.4.2) – Cálculo de la cantidad de aisladores .....	71
4.4.3) – Angulo de inclinación de la cadena de aisladores .....	72
4.5) – Cálculo del cabezal.....	73
4.5.1) – Distancias eléctricas .....	73
4.5.1.1) – Distancia eléctrica entre conductores en el centro del vano .....	74
4.5.1.2) – Distancia entre el conductor e instalaciones puestas a tierra.....	75
4.5.1.3) – Distancia entre ménsulas .....	75
4.5.1.4) – Verificación de la longitud del péndulo .....	76
4.5.1.5) – Longitud de la ménsula.....	78
4.5.1.6) – Altura de montaje de las ménsulas.....	79
4.5.1.7) – Altura de montaje de los conductores.....	80
4.5.1.8) – Ancho del electroducto.....	81
4.5.2) – Altura del poste.....	82
4.6) – Cálculo mecánico del poste.....	85
4.6.1) - Poste de Suspensión Rural .....	86
4.6.1.1) – Cargas permanentes .....	87
4.6.1.2) – Cargas para estado de viento máximo (Estado N°2).....	87
4.6.1.3 – Hipótesis normal FN1 .....	91

4.6.1.4) – Hipótesis normal FN2.....	93
4.6.1.5) – Hipótesis normal FN3.....	93
4.6.1.6) – Hipótesis normal FN4.....	93
4.6.1.7) – Hipótesis Excepcional FE1 .....	94
4.6.1.7.1) – Momento flector 1 .....	94
4.6.1.7.2) – Momento flector 2 .....	95
4.6.1.7.3) – Momento flector total.....	95
4.6.1.7.4) – Momento torsor.....	96
4.6.1.7.5) – Momento resultante .....	96
4.6.1.8) – Hipótesis Excepcional FE2 .....	97
4.6.1.9) – Poste elegido .....	98
4.6.2) – Poste de Suspensión Urbano .....	99
4.6.3) – Poste de Retención Rural .....	100
4.6.4) – Poste de Retención Urbano .....	102
4.6.5) – Poste de Retención Angular .....	103
4.7) – Cálculo de las bases de empotramiento .....	105
4.7.1) – Momento de encastramiento Ms .....	107
4.7.2) – Momento de fondo Mb .....	111
4.7.3) – Momento de vuelco Mv .....	113
4.7.4) – Verificación de la fundación .....	113
4.7.5) – Fundación para Poste de Suspensión Rural.....	114
4.7.6) – Fundación para Poste de Suspensión Urbano .....	115
4.7.7) – Fundación para Poste de Retención Rural.....	115
4.7.8) – Fundación para Poste de Retención Urbano .....	116
4.7.9) – Fundación para Poste de Retención Angular .....	116
4.8) – Cálculo de costos de la LAAT San Antonio de Areco – San Andres de Giles .....	117
4.8.1) – Cálculo de costos de materiales .....	117
4.8.2) – Cálculo de costos total .....	120
4.9) – Cálculo de la nueva ET San Andrés de Giles 132 KV .....	120
4.10) – Memoria descriptiva de la ET.....	121
4.10.1) – Campo de entrada 132 KV.....	122

4.10.2) – Campo de acople de 132 KV .....	124
4.10.3) – Campos de transformación .....	125
4.10.4) – Campo de acople de 33 KV .....	130
4.10.6) – Campo de acople de 13,2 KV .....	132
4.10.7) – Salidas de 13,2 KV .....	134
4.11) – Cálculo de PAT .....	135
4.11.1) – Consideraciones .....	135
4.11.2) – Características de la malla .....	136
4.11.3) – Procedimiento de verificación .....	137
4.11.3.1) – Determinación de los datos de campo .....	138
4.11.3.2) – Determinación de la Resistencia de Puesta a Tierra ....	138
4.11.3.3) – Evaluación de las tensiones de paso y de contacto ....	138
4.11.4) – Desarrollo del cálculo .....	138
4.11.4.1) – Datos de campo .....	138
4.11.4.2) – Verificación térmica del conductor .....	139
4.11.4.3) – Cálculo de la resistencia de dispersión de malla .....	140
4.11.4.4) – Cálculo de la resistencia de dispersión de las jabalinas .....	142
4.11.4.5) – Cálculo de la resistencia mutua entre el grupo de conductores de la malla y el grupo de jabalinas .....	143
4.11.4.6) – Cálculo de la resistencia del conjunto .....	144
4.11.4.7) – Cálculo de las tensiones de contacto .....	145
4.11.4.8) – Cálculo de la tensión de paso exterior .....	148
4.11.4.9) – Cálculo de la tensión de paso interior .....	149
4.11.4.10) – Valorización de la tensión de malla .....	150
4.11.4.11) – Valorización de la elevación del potencial de tierra ...	150
4.12) – Cálculo de costos de la nueva ET San Andrés de Giles .....	151
4.12.1) – Cálculo de costos de materiales .....	151
12.2) – Cálculo de costos total .....	153
5 – ANÁLISIS ECONÓMICO .....	155
5.1) – Valorización de pérdidas técnicas .....	155
5.2) – Flujo de fondos .....	158
5.2) – Análisis de Sensibilidad .....	162
5.2.1) – Flujo de fondos para escenario Optimista .....	163
5.2.2) – Flujo de fondos para escenario Pesimista .....	165

<b>5.2.3) – Otros escenarios</b> .....	167
<b>5.2.3.1) – Escenario propuesto con dos transformadores</b> .....	167
<b>5.2.3.2) – Escenario propuesto contemplando la construcción de una ET convencional</b> .....	169
6 - CONCLUSIÓN .....	171
7 - REFERENCIAS .....	173
8 - BIBLIOGRAFÍA .....	175
9 - ANEXOS .....	177