

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**VERIFICACIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA EN LÍNEAS
EXISTENTES DE ALTA TENSIÓN, EN APLICACIÓN DE LA
NUEVA REGLA 219.B.6.a DEL CNE-SUMINISTRO 2011**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

LUIS ALBERTO GARGATE LINO

**PROMOCIÓN
2009- I**

**LIMA – PERÚ
2013**

**VERIFICACIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA EN LÍNEAS
EXISTENTES DE ALTA TENSIÓN, EN APLICACIÓN DE LA
NUEVA REGLA 219.B.6.a DEL CNE-SUMINISTRO 2011**

Agradezco a mis padres Lorenzo y Dora, a mi hermana Liset y a mi novia Cynthia por su apoyo incondicional en mi desarrollo profesional.

Luis

SUMARIO

El presente informe trata sobre las líneas aéreas existentes que no pueden cumplir con el ancho mínimo de la faja de servidumbre establecida, dado que en sus proximidades existen edificaciones o construcciones. Para este incumplimiento del ancho mínimo de faja de servidumbre se ha establecido mediante la Regla 219.B.6.a del Código Nacional de Electricidad (SUMINISTRO 2011) una manera de subsanar esta deficiencia, la cual es demostrando que estas edificaciones se encuentran fuera de su zona de influencia (zona de influencia es aquella área debajo de la línea, considerando la deflexión del conductor por efecto del viento más la distancia de seguridad horizontal), justamente en esta demostración se centra este informe.

El informe contiene la definición de zona de influencia, los requerimientos de fajas de servidumbre deficientes, la legislación y normativas aplicables, para luego mostrar la justificación técnica de un vano de línea de transmisión de la Empresa EDELNOR que ha sido calificado por OSINERGMIN como deficiente (vano en cuya faja de servidumbre se ubica al menos una construcción que no es permitida por la normativa vigente), con la finalidad que este sea calificado como Vano Saneado (vano en el que se han eliminado todas las deficiencias en la faja de servidumbre), en aplicación de la nueva Regla 219.B.6.a del CNE-Suministro 2011.

Asimismo en el informe se presenta un vano de línea de transmisión de la Empresa EDELNOR que no cumple con la Regla 219B.6.a., justificándose la deficiencia mediante la determinación de la zona de influencia del vano.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
LAS ZONAS DE INFLUENCIA EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS	
1.1 Descripción de zona de influencia	3
1.2 Requerimientos de fajas de servidumbres deficientes	5
CAPITULO II	
LEGISLACIÓN Y PROBLEMÁTICA EN LAS LÍNEAS EXISTENTES	
2.1 Nueva normatividad, procedimientos y lineamientos	6
2.2 Normas técnicas aplicables	6
CAPITULO III	
JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE CASOS REPRESENTATIVOS EN APLICACIÓN DE LA NUEVA NORMATIVIDAD PARA ZONAS DE INFLUENCIA	
3.1 Justificación técnica del cumplimiento con la zona de influencia	8
3.1.1 Objetivo	8
3.1.2 Antecedentes	8
3.1.3 Listado de construcciones del vano, que el CNE permite que se ubiquen dentro de la faja de servidumbre	12
3.1.4 Listado de construcciones del vano, de dominio privado dentro de la Faja de Servidumbre pero fuera de su Zona de Influencia	15
3.1.5 Información adicional del vano analizado	17
3.1.6 Cálculos justificativos, planos y gráficos	17
3.1.7. Mediciones de campos electromagnéticos	28
3.2 Justificación técnica de invasión de zona de influencia	37
3.2.1 Objetivo	37
3.2.2 Información del vano analizado	37
3.2.3 Zona de influencia con el software PLSCADD	40
3.2.4 Zona de influencia mediante diagrama de cuerpo libre	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46

ANEXOS	48
ANEXO A: Plano de Vista de Planta y Secciones	49
ANEXO B: Plano de Vista de Planta y Perfil	51
ANEXO C: Reporte de Mediciones de Campos Electromagnéticos a 1 metro sobre el nivel del piso	55
ANEXO D: Reporte de Mediciones de Campos Electromagnéticos en azotea de edificaciones	59
ANEXO E: Plano de Vista de Planta – Vano 14	66
BIBLIOGRAFÍA	68

INTRODUCCIÓN

Desde el año 2006 las empresas distribuidoras tienen vanos de líneas de transmisión calificados como deficientes por OSINERGMIN, esto debido a que estos vanos no cumplen con los requerimientos de faja de servidumbre indicados en el CNE-Suministro 2011, es decir estos vanos tienen construcciones de dominio privado dentro de la faja de servidumbre. Las empresas distribuidoras deben cumplir con el saneamiento de estos vanos para lo cual, antes de la introducción de la “Regla 219B.6.a” en el CNE-Suministro 2011, las distribuidoras tenían tres tipos de soluciones para sanearlos las cuales son: soterramiento de línea, variante de línea o retiro de construcciones. Ahora con la “Regla 219B.6.a” tienen un cuarto tipo de solución para el saneamiento, para la cual deben presentar un informe técnico justificativo ante OSINERGMIN demostrando, básicamente, que las edificaciones dentro de la faja de servidumbre cumplen con la distancia de seguridad horizontal cuando el conductor está desplazado por efecto del viento y que no se superen los valores máximos de exposición a campos eléctricos y magnéticos a 60Hz; el presente informe se centra en esta justificación técnica.

OSINERGMIN como ente fiscalizador verifica que se cumpla el proceso de saneamiento de estas deficiencias mediante indicadores de evaluación, teniendo previsto que para el año 2015 las empresas cumplan con el 100% de vanos saneados. Las empresas distribuidoras esperan cumplir con el proceso de saneamiento a la brevedad considerando este cuarto tipo de solución.

El contenido del presente informe da a conocer el concepto de la zona de influencia, las normativas y legislación existente sobre la zona de influencia y la Regla 219.B.6.a, para finalmente mostrar la justificación técnica de un vano de línea de transmisión eléctrica administrada por EDELNOR a efectos que OSINERGMIN califique dicho vano como Saneado en aplicación de la regla 219.B.6.a del CNE – Suministro 2011. Además se muestra otro vano de EDELNOR que no cumple con la regla 219B.6.a., demostrándose que a través de un cálculo simple de diagrama de cuerpo libre nos podemos aproximar al cálculo de la desviación del conductor por efecto del viento que se realiza con el software especializado en el diseño de líneas de transmisión PLSCADD, software con el que se

justificaron los cálculos. Esta justificación técnica se ha realizado en base a “Los lineamientos sobre aplicación de Regla 219.B del CNE-Suministro 2011 a Procedimientos de Supervisión”, al “Procedimiento 264-2005-OS/CD” y modificatorias, en la cual OSINERGMIN indica los requisitos que debe cumplir el informe de saneamiento. En base a esta información se elaboran los informes técnicos los cuales EDELNOR presentó a OSINERGMIN para calificar sus vanos como saneados.

CAPITULO I
LAS ZONAS DE INFLUENCIA EN LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS

1.1 Descripción de zona de influencia

La zona de influencia de una línea es aquella zona que comprende la proyección del conductor considerando la desviación por efecto del viento más la distancia horizontal de seguridad, como se muestra en la **Figura 1.1**.

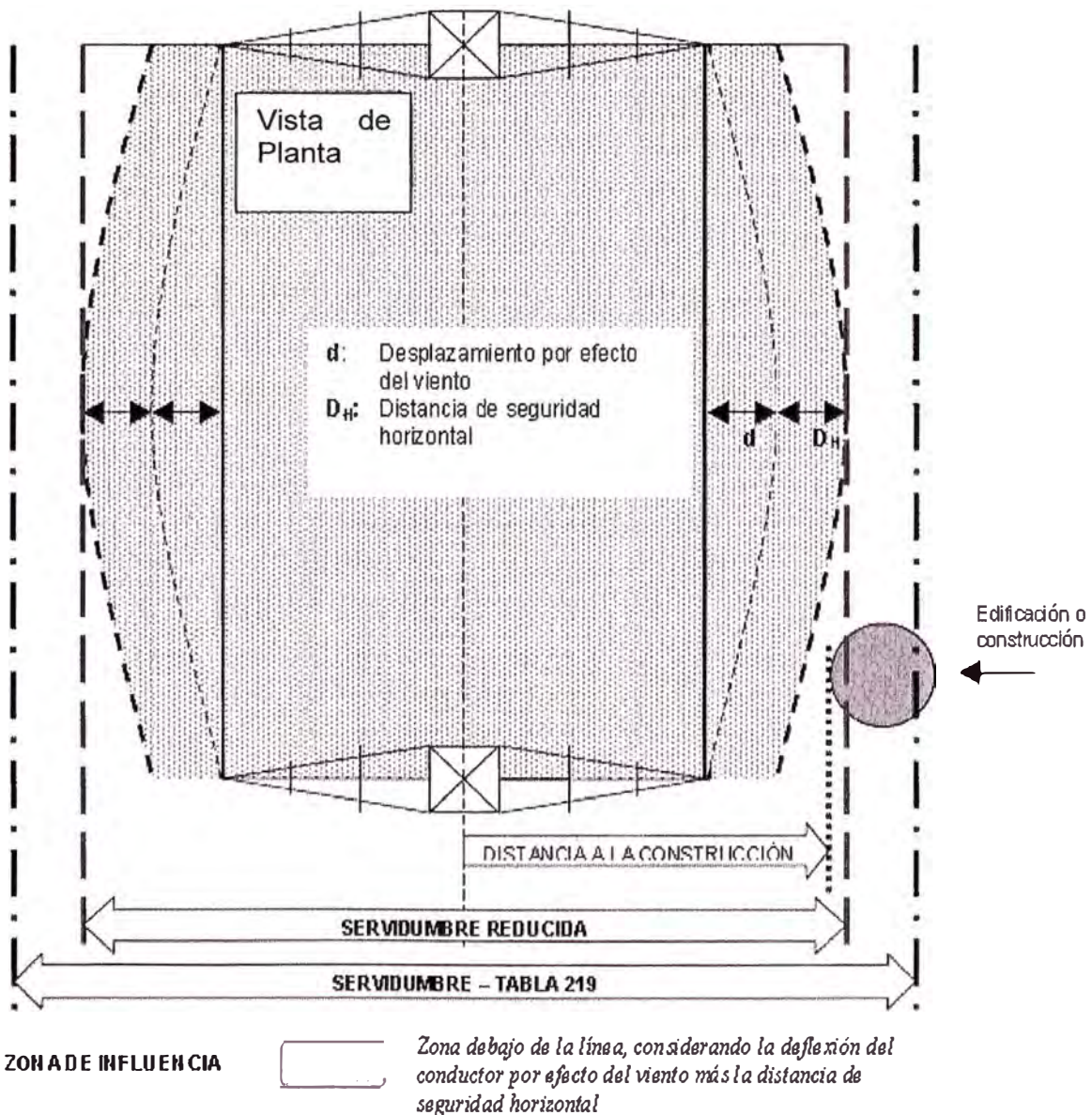


Figura 1.1: Zona de Influencia “Figura 219.B-1 del CNE-Suministro 2011”

La distancia horizontal de seguridad “d” a 60kV y a 220kV, de acuerdo a la Regla 234.C.1.b. y el adicional por diferencia de tensión es 2.23 m y 3.99 m respectivamente:

Tabla 1.1: Regla 234.C.1.b del CNE-Suministro 2011

Regla 234.C.1.b. del CNE - Suministro 2011			
Distancia Horizontal de Seguridad (en condiciones de desplazamiento de vientos), a:	Distancia para niveles de tensión 750 V a 23 kV (m)	Distancias corregidas a 66 kV (m)	Distancias corregidas a 242 kV (m)
1. Edificaciones (1) A paredes, cercos, proyecciones, balcones, ventanas y otras áreas fácilmente accesibles	1.8	2.23	3.99
2. Letreros, chimeneas, carteles, antenas de radio y televisión, tanques y otras instalaciones no clasificadas como edificios y puentes (vehiculares)			
3. Puentes peatonales A paredes de la estructura o sus proyecciones			

La **Tabla 1.1** son distancias corregidas en base a la regla 234.G.1 del CNE la cual indica lo siguiente: “...Para tensiones entre 23 y 550 kV, la distancia de seguridad especificada en las Reglas 234.B, 234.C, 234.D, 234.E, 234.F y 234.J deberá ser incrementada a razón de 10 mm por kV que sobrepase de 23 kV...”, “...Todas las distancias de seguridad para las líneas de más de 50 kV deberán basarse en la máxima tensión de operación...”. Para poder determinar la proyección del conductor sobre el suelo antes se debe calcular la desviación del conductor por efecto del viento, en la **Figura 1.2** se muestra un pequeño esquema para una estructura con aislador de cadena de suspensión.

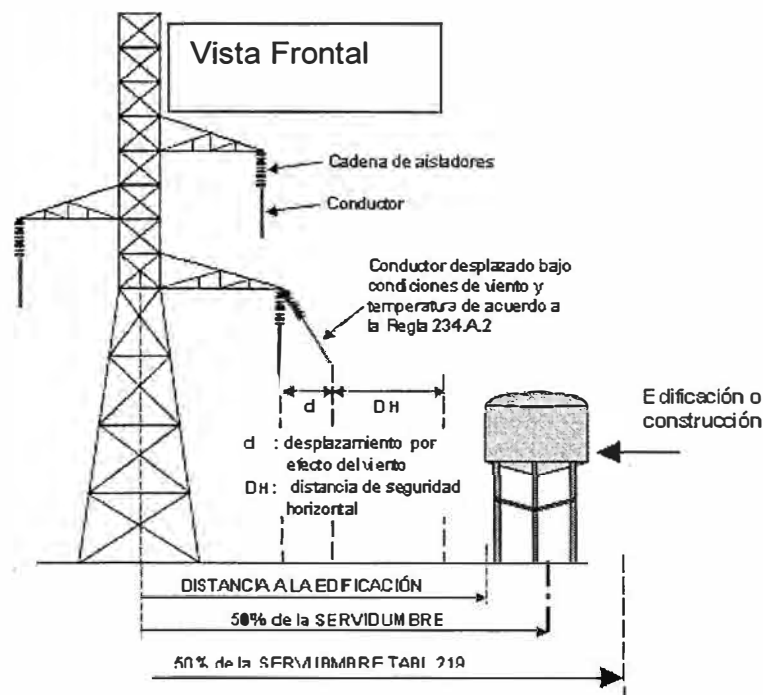


Figura 1.2: Desviación del Conductor “Figura 219.B-1 del CNE-Suministro 2011”

1.2 Requerimientos de fajas de servidumbres deficientes

En la Regla 219 B.6.a del CNE-Suministro 2011 se muestran los requerimientos para **líneas aéreas existentes** que no pueden cumplir con el ancho mínimo de la faja de servidumbre establecido en la Tabla 219 del CNE-Suministro 2011, debido a que en cuyas proximidades existen edificaciones o construcciones. A continuación se muestran los requerimientos indicados en el CNE:

- ✓ La construcción o edificación se encuentre fuera de la zona de influencia de la línea (zona que comprende la proyección del conductor considerando la desviación por efecto del viento, más la distancia horizontal de seguridad).
- ✓ No se superen los Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz dados en la tabla de la Regla 212 del CNE.
- ✓ En el caso de edificaciones de vivienda, industria o similares, semestralmente, el concesionario de la línea aérea recuerde –por comunicación escrita- al propietario o al responsable de los ocupantes del predio, los cuidados y limitaciones que deben tener para evitar riesgo eléctrico o accidente.

Asimismo la regla indica que cada uno de los casos (fajas de servidumbres de vanos de líneas de transmisión invadidos por edificaciones) deberán ser analizados de manera independiente, con la correspondiente justificación técnica en la que se incluyan los cálculos justificativos, planos, gráficos, y se detallen las distancias de seguridad de acuerdo a la Regla 219.B.4. Además se indica que para los casos de líneas aéreas con servidumbres establecidas, la justificación técnica será presentada a OSINERGMIN; en el presente informe se muestra esta justificación técnica para un caso representativo en el **ítem 3.1** y otro caso de edificaciones que invaden la zona de influencia en el **ítem 3.2**.

CAPITULO II

LEGISLACIÓN Y PROBLEMÁTICA EN LAS LÍNEAS EXISTENTES

2.1 Nueva normatividad, procedimientos y lineamientos

Mediante el Procedimiento para la supervisión de deficiencias en seguridad en líneas de transmisión y en zonas de servidumbre, aprobado por Resolución N° 264-2005-OS/CD (en adelante el Procedimiento), OSINERGMIN viene supervisando las fajas de servidumbre y el cumplimiento de las medidas de seguridad respecto a líneas de transmisión con tensiones iguales o mayores a 30kV.

La Regla 219.B del nuevo Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011 norma requerimientos asociados a la faja de servidumbre, los mismos que son contemplados en el Procedimiento.

Al respecto, OSINERGMIN remitió los “Lineamientos de aplicación de Regla 219.B del Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011 al Procedimiento para la supervisión de deficiencias en seguridad en líneas de transmisión y en zonas de servidumbre”, a fin de que las entidades supervisadas entreguen correctamente su información en cumplimiento de lo establecido en el Procedimiento, y tener una estructura uniforme en los expedientes que se presenten donde se solicite aplicación de la Regla 219.B.6 del CNE. Además con fecha 19 de julio de 2012 OSINERGMIN publicó en el Diario Oficial El Peruano la resolución N° 160-2012-OS/CD, en donde se presentan modificaciones al Procedimiento con la finalidad de adecuar ciertos aspectos de importancia relativo a las construcciones existentes en las fajas de servidumbres de las líneas de transmisión, tomando en cuenta los cambios efectuados en el CNE-Suministro, aprobado mediante RM N° 214-2011-MEM/DM de fecha 05 de mayo de 2011. Asimismo, esta modificación formula una serie de precisiones en el texto del procedimiento, relativo a definiciones y aspectos relacionados a la información y data necesaria, a fin de mejorar la labor de supervisión de OSINERGMIN.

2.2 Normas técnicas aplicables

Para la justificación técnica de los casos representativos de vanos de líneas de transmisión mostrados en el **CAPITULO III**, se ha tomado como referencia las siguientes normas:

IEEE – “Std 738-2006” – “IEEE Standard for Calculating the Current Temperature of Bare

Overhead Conductors”: esta norma y/o estándar IEEE indica cómo se debe calcular la temperatura de un conductor aéreo acorde con la cantidad de corriente que está circulando a través de este. El cálculo de temperatura en el conductor es fundamental para plantear las hipótesis de cambio de estado. El software especializado en el diseño de líneas de transmisión “Plscadd” se basa en esta norma, este software se ha usado para la justificación técnica.

IEEE Std 644-1944 “IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields From AC Power Lines”: esta norma y/o estándar IEEE se utilizó como referencia para realizar las mediciones de campos eléctricos y magnéticos, esta norma indica procedimientos sobre como se deben realizar las mediciones de intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético.

CAPITULO III
JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE CASOS REPRESENTATIVOS EN APLICACIÓN DE LA
NUEVA NORMATIVIDAD PARA ZONAS DE INFLUENCIA

3.1 Justificación técnica del cumplimiento con la zona de influencia

El siguiente ítem se ha realizado con la finalidad de mostrar todos los requerimientos que se necesitan para la justificación técnica que permita calificar a un vano como saneado, principalmente se basan en calcular la desviación del conductor por efecto del viento y mostrar la distancia del conductor al piso en flecha máxima; en ambos casos se deben cumplir con las distancias de seguridad que nos indican el CNE-Suministro 2011. Además se demuestra mediante mediciones realizadas con equipos especializados de INICTEL-UNI que no se superan los valores máximos de exposición a campos eléctricos y magnéticos a 60Hz dados por el CNE-Suministro 2011

3.1.1 Objetivo

Cumplir con la justificación técnica de un vano de línea de transmisión eléctrica administrada por EDELNOR S.A.A. a efectos que OSINERGMIN califique dicho vano como Saneado en aplicación de la regla 219.B.6.a del CNE – Suministro 2011.

Regla 219.B.6.a del CNE-Suministro 2011:

“...**Excepción 1:** Edificaciones o construcciones de dominio privado dentro de la Faja de Servidumbre pero Fuera de su Zona de Influencia para Líneas aéreas existentes...”.

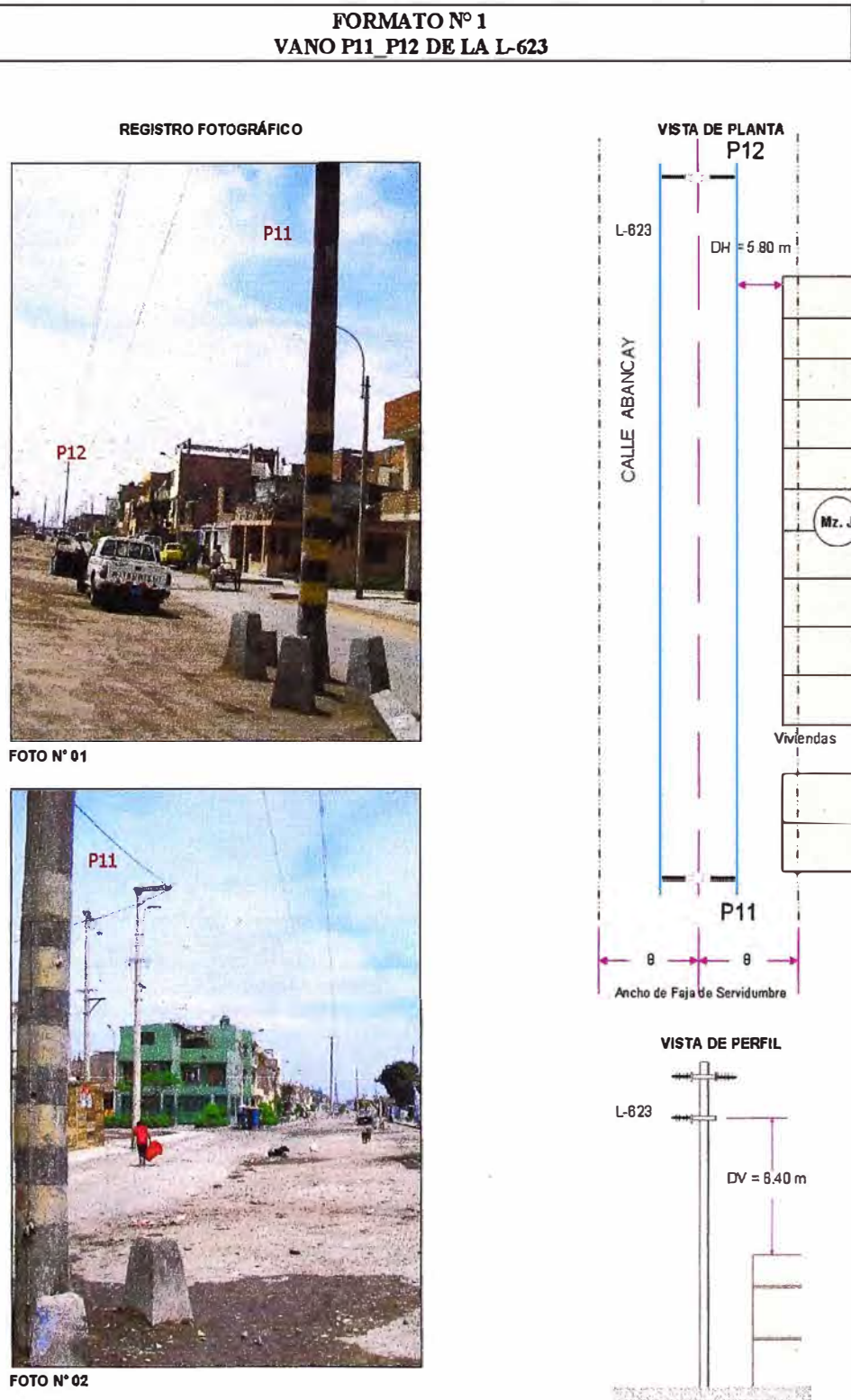
El presente informe incluye los cálculos justificativos, planos, gráficos y detalles de las distancias de seguridad. Las referencias técnicas del vano y línea de transmisión que se va analizar son las siguientes:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| • Nombre de la Línea de Transmisión | Barsi – Santa Marina |
| • Nivel de Tensión | 60 kV |
| • Código de la Línea de Transmisión | L-623 |
| • Número de soporte anterior | P11 |
| • Número de soporte posterior | P12 |

3.1.2 Antecedentes

En este ítem se muestra la información que reportó EDELNOR a OSINERGMIN, así como la fecha en que OSINERGMIN calificó a este vano como deficiente.

- Fecha de detección del vano: **29/12/2005**
- Información reportada a Osinergmin:
- ✓ Registros fotográficos: en la **figura 3.1** se muestra el registro fotográfico de EDELNOR según formato solicitado por OSINERGMIN:



20. Formato N° 01 Año 2008.doc

Figura 3.1: Registro Fotográfico- Supervisión Año 2008

- ✓ Datos Históricos del vano: En la Tabla 3.1 se muestra la recopilación de la información presentada por EDELNOR a OSINERGMIN en sus periodos de evaluación.

Tabla 3.1: Data histórica reportada a OSINERGMIN

Periodo de Evaluación	Item	Empresa	Código de Línea	Ubigeo	Clasificación	Formato N° 01
2007		EDLN	L-623	70101	Deficiente	Formato N° 01 Año 2007
2008	88	EDN	L-623	151100	Deficiente	Formato N° 01 Año 2008
2009	91	EDN	L-623	151100	Deficiente	Formato N° 01 Año 2009
2010	91	EDN	L-623	151100	Deficiente	Formato N° 01 Año 2010
2011	209	EDN	L-623	151100	Deficiente	Formato N° 01 Año 2011

Datos de Soporte Anterior					
Periodo de Evaluación	Código de Estructura	Coordenada UTM Este PSAD 56	Coordenada UTM Norte PSAD 56	Tipo de Estructura	Material de la Estructura
2007	P11	269742	8667892	3	4
2008	P11	269742	8667892	Alineamiento	Madera
2009	P11	269742	8667892	Alineamiento	Madera
2010	P11	269742	8667892	Alineamiento	Madera
2011	P11	269742	8667892	Alineamiento	Madera

Datos de Soporte Posterior					
Periodo de Evaluación	Código de Estructura	Coordenada UTM Este PSAD 56	Coordenada UTM Norte PSAD 56	Tipo de Estructura	Material de la Estructura
2007	P12	269572	8667922	3	4
2008	P12	269572	8667922	Alineamiento	Madera
2009	P12	269572	8667922	Alineamiento	Madera
2010	P12	269572	8667922	Alineamiento	Madera
2011	P12	269572	8667922	Alineamiento	Madera

Datos de Construcciones								
Periodo de Evaluación	Fecha de Detección	Viviendas	Colegios	Capillas	Locales	Mercados	Losa deportiva	Grifos
2007	29/12/2005	12	0	0	0	0	0	0
2008	29/12/2005	12	0	0	0	0	0	0
2009	29/12/2005	12	0	0	0	0	0	0
2010	29/12/2005	12	0	0	0	0	0	0
2011	29/12/2005	12	0	0	0	0	0	0

Datos de Construcciones									
Periodo de Evaluación	Hospital posta	Puestos servicio y/o venta	Puente peatonal	Estado puente peatonal	Paradero peatonal	Parques	Terrenos Cercados	Estado Terreno Cercado	Otra construcción
2007	0	0	0	-	0	0	0	-	0
2008	0	0	0	-	0	0	0	-	0
2009	0	0	0	-	0	0	0	-	0
2010	0	0	0	-	0	0	0	-	0
2011	0	0	0	-	0	0	0	-	0

Datos de Construcción				
Periodo de Evaluación	Distancia Vertical	Distancia Horizontal	Observación a Construcciones	Alternativa de Saneamiento
2007	6.4	5.8	-	-
2008	6.4	5.8	-	-
2009	6.4	5.8	-	-
2010	6.4	5.8	-	-
2011	6.4	5.8	-	-

Programa de Saneamiento							
Periodo de Evaluación	Comentarios			Fecha Proy. Inicio Saneamiento	Fecha Proy. Término Saneamiento	Fecha Inicio de Saneamiento Ejecutado	Fecha Término de Saneamiento Ejecutado
2007	Construcciones <= 1.00 m con R.S.			01/01/2014	31/12/2014	-	-
2008	Construcciones <= 1.00 m con R. Serv.			01/01/2014	31/12/2014	-	-
2009	Construcciones <= 1.00 m con R. Serv.			01/01/2014	31/12/2014	-	-
2010	Av. Abancay, Mz. J, Urb. Santa Cruz - Callao			01/01/2014	31/12/2014	-	-
2011	Av. Abancay, Mz. J, Urb. Santa Cruz - Callao			01/01/2014	31/12/2014	-	-

En la **figura 3.2** se muestran las distancias y datos del vano que solicita OSINERGMIN reportar en los expedientes para la justificación técnica.

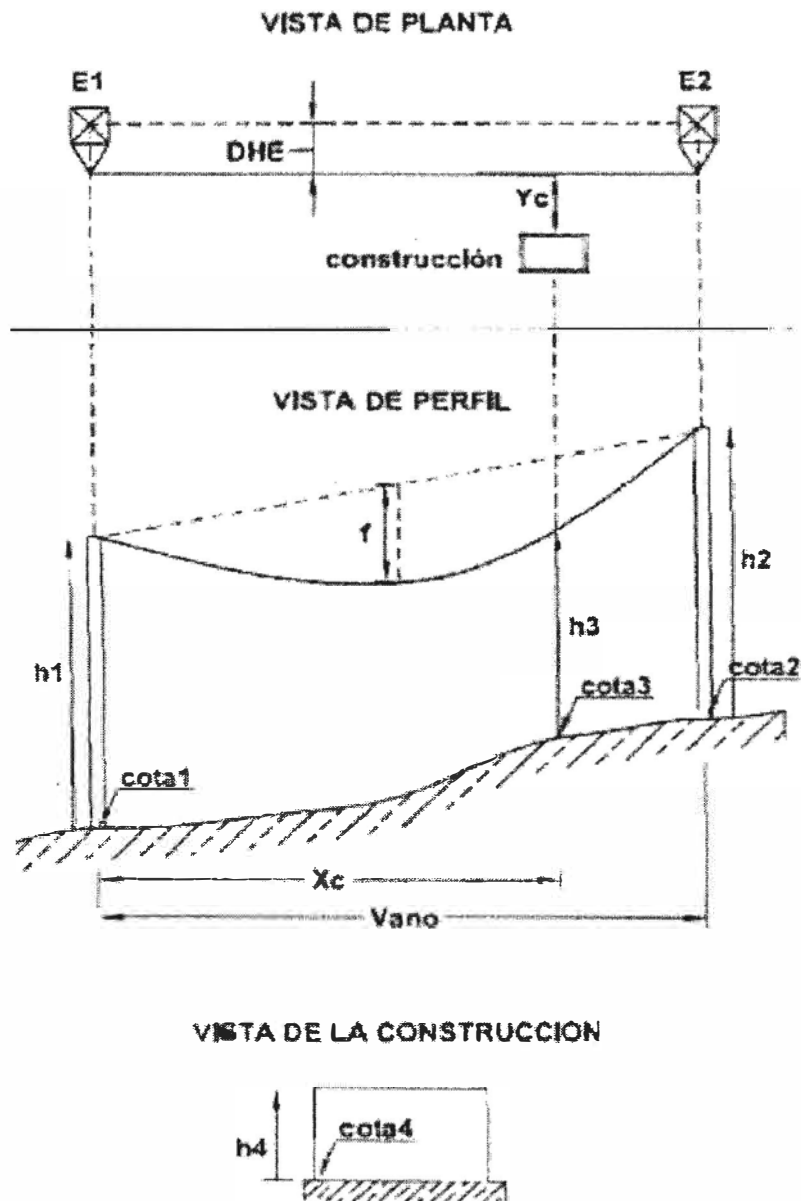


Figura 3.2: Distancias solicitadas según modificatoria OSINERGMIN N° 160-2012-OS/CD

De la **figura 3.2** se tienen las siguientes definiciones de distancias y requerimientos de acuerdo a la modificatoria OSINERGMIN N° 160-2012-OS/CD:

- ✓ Distancia del conductor (en reposo) al eje de la línea (m): **DHE**
- ✓ Coordenadas UTM del soporte 1
- ✓ Coordenadas UTM del soporte 2
- ✓ Altura del soporte 1 (m) (desde la base del soporte hasta el conductor más cercano a la construcción: **h1**
- ✓ Altura del soporte 2 (m) (desde la base del soporte hasta el conductor más cercano a la construcción: **h2**

✓ Vano horizontal (m) (entre soporte 1 y soporte 2): **Vano**

Para cada construcción del vano se solicita

✓ Tipo de construcción.

✓ Distancia horizontal del conductor (en reposo) a la construcción (m) : **Yc**

✓ Distancia vertical del conductor (en reposo) a la construcción (m): **h3**

✓ Distancia horizontal (m) desde el soporte 1 hasta la construcción : **Xc**

✓ Altura de la construcción (m): **h4**

✓ Cota de la construcción (msnm): **cota4**

En base a los requerimientos por OSINERGMIN mostrados en la **figura 3.2** se desarrollaron los siguientes ítems.

3.1.3 Listado de construcciones del vano, que el CNE permite que se ubiquen dentro de la faja de servidumbre

Estas construcciones se encuentran listadas en el cuarto párrafo de la **Regla 219.B del CNE-Suministro 2011**: "...Sobre los bienes de dominio o uso público, tales como: vías públicas, plazas, parques, infraestructura vial, vías férreas, estacionamiento de vehículos, caminos, veredas, paraderos peatonales, puentes peatonales, alamedas, bancas, pérgolas, glorietas, miradores, piletas, parques temáticos, y otras edificaciones decorativas, lozas deportivas, mobiliario para ejercicios físicos, tanques o reservorios de agua, casetas de bombeo, canales de irrigación, baños o servicios higiénicos públicos, casetas de seguridad, y torres de vigilancia; los concesionarios están obligados a velar por el cumplimiento de las distancias de seguridad indicadas en la Sección 23..."

En la **Tabla 3.2** se listan las construcciones que se encontraron dentro de la faja de servidumbre del vano, las cuales son permitidas por el "CNE-Suministro 2011" indicando las distancias y requerimientos solicitados en "Los lineamientos sobre aplicación de Regla 219.B del CNE-Suministro 2011 a Procedimientos de Supervisión", en el "Procedimiento para la Supervisión de Deficiencias en Seguridad en Líneas de Transmisión y en Zonas de Servidumbre" y sus modificatorias (última modificación mediante resolución **OSINERGMIN N° 160-2012-OS/CD**)

Tabla 3.2: Construcciones de dominio público dentro de la faja de servidumbre

N°	Tipo de construcción	Dist. vertical del conductor a la construcción (m)	Dist. horizontal desde la proyección del conductor sobre el terreno hasta la construcción (m)
1	Parque	13.6	5.38
2	Vereda	11.92	4.23
3	Vía férrea	11.16	5.44
4	Pista	12.12	Se encuentra debajo de la línea.

Las construcciones listadas en la **Tabla 3.2** cumplen con las distancias de seguridad verticales indicadas en el CNE-Suministro 2011(ver **Tabla 3.5 y 3.6**).

A modo de resumen presentamos a continuación las distancias de seguridad, indicadas en el CNE-Suministro 2011, con las cuales se ha trabajado el presente informe:

En la **Tabla 3.3** se muestran los valores de distancia horizontal de seguridad en condiciones de desplazamiento del viento de acuerdo a la regla 234.C.1.b. del CNE-Suministro 2011, los valores de esta regla se toma en cuenta para el trazo de la zona de influencia; en la **Tabla 3.4** se muestran los valores máximos de Exposición de campos eléctricos y magnéticos a 60Hz. En la **Tabla 3.5** se muestran las distancias de seguridad corregidas a 66kV y 242 kV Tabla 232-1 de acuerdo al cálculo indicado en el CNE-Suministro 2011. Finalmente en la **Tabla 3.6** se muestra la Tabla 232-1a de mínimas distancias verticales que también se indica en el CNE-Suministro 2011.

Tabla 3.3: Regla 234.C.1.b del CNE-Suministro 2011

Regla 234.C.1.b. del CNE - Suministro 2011			
Distancia Horizontal de Seguridad (en condiciones de desplazamiento de vientos), a:	Distancia para niveles de tensión 750 V a 23 kV (m)	Distancias corregidas a 66 kV (m)	Distancias corregidas a 242 kV (m)
1. Edificaciones (1) A paredes, cercos, proyecciones, balcones, ventanas y otras áreas fácilmente accesibles	1.8	2.23	3.99
2. Letreros, chimeneas, carteles, antenas de radio y televisión, tanques y otras instalaciones no clasificadas como edificios y puentes (vehiculares)			
3. Puentes peatonales A paredes de la estructura o sus proyecciones			

La **tabla 3.3** muestra distancias corregidas en base a la regla 234.G.1 del CNE la cual indica: "...Para tensiones entre 23 y 550 kV, la distancia de seguridad especificada en las Reglas 234.B, 234.C, 234.D, 234.E, 234.F y 234.J deberá ser incrementada a razón de 10 mm por kV que sobrepase de 23 kV...", "...Todas las distancias de seguridad para las líneas de más de 50 kV deberán basarse en la máxima tensión de operación....".

Tabla 3.4: Regla 212 del CNE-Suministro 2011

Regla 212 del CNE-2011 - Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz		
Tipo de Exposición	Intensidad de Campo Eléctrico (kV/m)	Densidad de Flujo Magnético (μT)
- Poblacional	4.2	83.3
- Ocupacional	8.3	416.7

En la **tabla 3.4** se muestran valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz. que no se deben superar en zonas de trabajo (exposición ocupacional), así como en lugares públicos (exposición poblacional).

Tabla 3.5: TABLA 232-1 del CNE-Suministro 2011

Tabla 232-1 (CNE SUMINISTRO 2011) Distancias verticales de seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua		Distancias corregidas para la tensión máxima de operación (1)	
Naturaleza de la superficie que se encuentra debajo de los alambres, conductores o cables	Conductores de suministro expuestos, de más de 750 V a 23 kV; retenidas no puestas a tierra expuestas de 750 V a 23 kV (m)	66 kV	242 kV
Cuando los alambres, conductores o cables cruzan o sobresalen			
1. Vías Férreas de ferrocarriles (excepto ferrovías electrificadas que utilizan conductores de trole aéreos)	8	8,43	10,19
2.a. Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones	7	7,43	9,19
2.b. Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones	6,5	6,93	8,69
3. Calzadas, zonas de parqueo, y callejones	6,5	6,93	8,69
4. Otros terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	6,5	6,93	8,69
5.a. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos	5	5,43	7,19
5.b. Calles y caminos en zonas rurales	6,5	6,93	8,69
6. Áreas de agua no adecuadas para barcos de vela o donde su navegación está prohibida	7	7,43	9,19
7. Áreas de agua para barcos de vela incluyendo lagos, charcas, represas, aguas de marea, ríos, corrientes y canales con un área superficial no obstruida de:			
a. Menos de 8 hectáreas	7,5	7,93	9,69
b. Más de 8 a 80 hectáreas	9	9,43	11,19
c. Más de 80 a 800 hectáreas	11	11,43	13,19
d. Más de 800 hectáreas	12,5	12,93	14,69
8. Rampas para barcos y áreas asociadas para aparejar, áreas destinadas para aparejar o botar barcos de vela	La distancia de seguridad sobre el nivel del piso será de 1,5 m mayor que en 7 anteriormente indicada, para el tipo de áreas de agua servidas por sitios de botadura.		
Cuando los alambres o cables recorren a lo largo y dentro de los límites de las carreteras u otras fajas de servidumbre de caminos pero que no sobresalen del camino			
9.a. Carreteras y avenidas	6,5	6,93	8,69
9.b. Caminos, calles o callejones	6	6,43	8,19
9.c. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículo	5	5,43	7,19
10.a. Calles y caminos en zonas rurales	6	6,43	8,19
10.b. Caminos no carrozables en zonas rurales	5	5,43	7,19

En la **tabla 3.6** se muestra las distancias de seguridad corregidas en base a la regla 232.C.1.a del CNE la cual indica "...Para las tensiones entre 23 y 550 kV, la distancia de

seguridad especificada en la Regla 232.B.1 (Tabla 232-1) o en la Regla 232.B.2 (Tabla 232-2) será incrementada a razón de 10 mm por kilovolt que sobrepase de 23 kV. Todas las distancias de seguridad para las líneas de más de 33 kV se basarán en la máxima tensión de operación...”.

Tabla 3.6: TABLA 232-1a del CNE-Suministro 2011

Tabla 232-1a		
Mínimas Distancias Verticales de Seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso, camino, riel o superficie de agua (en metros)		
DESCRIPCIÓN	NIVEL DE TENSIÓN	
	50 kV - 60 kV	220 kV
	Altitud 3 000 m.s.n.m.	
Al cruce de vías de ferrocarril al canto superior del riel	9.4	11
Al cruce de carreteras y avenidas	7.6	8.5
Al cruce de calles	7.6	8.5
Al cruce de calles y caminos rurales	7.6	8.5
A lo largo de carreteras y avenidas	7	8.5
A lo largo de calles	7	8.5
A lo largo de calles y caminos rurales	7	8.5
A áreas no transitadas por vehículo	5.5	7
Sobre el nivel más alto de río no navegable	7	8
A terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.	7	8.5

Para la **tabla 3.6** se debe tomar en cuenta las siguientes notas indicadas en el CNE-Suministro -2011:

“..Nota 1: Estas son las distancias mínimas que deben emplearse, sin embargo, si al aplicar los demás criterios indicados en esta Sección para determinar las distancias, se obtuvieran valores distintos a los indicados en esta tabla, deberá utilizarse el valor mayor. Véase también la Regla 230.A.2.

Nota 2: Esta tabla es válida hasta 3 000 m.s.n.m. para niveles de tensión menores o iguales a 220 kV y hasta 1 000 m.s.n.m. para nivel de tensión de 500 kV. Para elevaciones mayores se deben aplicar los criterios correspondientes de esta Sección...”

3.1.4 Listado de construcciones del vano, de dominio privado dentro de la Faja de Servidumbre pero fuera de su Zona de Influencia

La zona de influencia se determina con el conductor desplazado bajo condiciones de viento y temperatura de acuerdo a las reglas 234.A.2. y 250.B. del **CNE-Suministro 2011**, este cálculo se ha determinado en el **ítem 3.1.6**, demostrándose que las

construcciones de dominio privado dentro de la faja de servidumbre se encuentran fuera de la zona de influencia, para calificar el vano como saneado en aplicación de la **regla 219.B.6.a del CNE-2011**.

En la **Tabla 3.7** se listan estas construcciones con las distancias y requerimientos que se deben cumplir para la calificación del vano como saneado, de acuerdo al “CNE-Suministro 2011”, a “Los lineamientos sobre aplicación de Regla 219.B del CNE-Suministro 2011 a Procedimientos de Supervisión”, al “Procedimiento para la Supervisión de Deficiencias en Seguridad en Líneas de Transmisión y en Zonas de Servidumbre” y a sus modificatorias (última modificación mediante resolución OSINERGMIN N° 160-2012-OS/CD”).

Tabla 3.7: Construcciones de dominio privado fuera de la zona de influencia

N°	Tipo de construcción	Distancia horizontal del conductor (reposo) a construcción (m)	Distancia vertical del conductor (reposo) a construcción (m)	Distancia horizontal desde soporte 1 hasta la construcción (m)	Altura de la construcción (m)	Cota de la construcción (msnm)	Distancia horizontal desde la construcción al eje de la línea (m)	Distancia horizontal desde la construcción a la zona de influencia de la línea (m)	Intensidad de campo eléctrico (kV/m) Equipo (t)	Densidad de flujo magnético (µT) Equipo (t)	Nombre de la empresa que efectuó las mediciones	Características técnicas del equipo utilizado
1	Vivienda 1	5.71	6.46	3	7.5	25.42	7.09	3.35	0.028420	0.55430	INICTEL-UNI	Medidor de Campo Eléctrico y Magnético EFA-300: -Rango de frecuencia: 30 Hz - 32 KHz -Rango de medida : B : 100 nT - 32 mT E : 10 V/m - 100 kV/m -Rango de medición/ Sobrecarga Límite : 200% -Incertidumbre típica (porcentaje de la lectura): B : ±6%, E : ±4% -Temperatura de operación: 0°C a +50°C -Peso aproximado: 1 kg.
2	Vivienda 2	6.03	7.31	10	6.5	23.31	7.42	3.43	0.028420	0.55430		
3	Vivienda 3	6.01	9.76	29	3.7	25.19	7.40	2.87	0.038840	0.71920		
4	Vivienda 4	5.88	8.35	37	5.0	25.09	7.28	2.57	0.038840	0.71920		
5	Vivienda 5	6.01	5.52	46	7.9	24.97	7.39	2.56	0.061190	0.77300		
6	Vivienda 6	5.95	5.34	54	6.1	24.88	7.33	2.41	0.061190	0.77300		
7	Vivienda 7	5.90	2.67	61	10.5	24.77	7.28	2.26	0.077500	0.88830		
8	Vivienda 8	5.65	8.69	70	6.5	24.70	7.04	1.95	0.077500	0.88830		
9	Vivienda 9	5.87	6.68	78	5.8	24.63	7.26	2.13	0.077500	0.88830		
10	Vivienda 10	5.87	3.61	86	9.5	24.57	7.28	2.13	0.060460	0.96480		
11	Vivienda 11	5.88	7.37	94	5.5	24.52	7.28	2.13	0.060460	0.96480		
12	Vivienda 12	5.63	3.79	103	6.0	24.40	7.01	1.98	0.064350	0.94260		
13	Vivienda 13	5.99	2.13	116	10.7	24.23	7.39	2.17	0.064350	0.94260		
14	Vivienda 14	5.87	9.96	161	2.5	23.79	7.23	3.01	0.041670	0.61500		
15	Vivienda 15	4.92	7.54	170	4.8	23.66	6.32	2.27	0.041670	0.61500		
16	Vivienda 16	4.94	7.20	177	5.0	23.6	6.34	2.58	0.018300	0.57460		
17	Vivienda 17	5.91	8.18	179	4.8	23.58	7.31	3.68	0.018300	0.57460		

Las distancias mostrados en la **Tabla 3.2** y en la **Tabla 3.7** cumplen con las distancias de seguridad de la **Sección 23 del CNE-Suministro 2011**, además se cumple con no sobrepasar los valores máximos de exposición a campos eléctricos (kV/m) y magnéticos (µT) a 60Hz que se indican en el CNE-Suministro 2011 (ver **Tabla 3.4**).

Las mediciones de campos eléctricos y magnéticos fueron realizadas con equipos de INICTEL-UNI, sus resultados se muestran en el **ítem 3.1.7**. Asimismo en el **Anexo C** se

muestran los reportes del monitoreo de las mediciones de densidad de flujo magnético e intensidad de campos electromagnéticos, en este anexo también se muestra los planos donde se indica de manera referencial el lugar donde se realizaron las mediciones

3.1.5 Información adicional del vano analizado

En la **Tabla 3.8** se lista la información adicional solicitada por OSINERGMIN de acuerdo a “Los lineamientos sobre aplicación de Regla 219.B del CNE-Suministro 2011 a Procedimientos de Supervisión” y al “Procedimiento para la Supervisión de Deficiencias en Seguridad en Líneas de Transmisión y en Zonas de Servidumbre”

Tabla 3.8: Información adicional del Vano

Código de Línea	Nombre de línea de transmisión		Nivel de Tensión (kV)	Años de Operación del conductor	Distancia del conductor (en reposo) al eje de la línea (m)	Vano horizontal (m)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media promedio (°C)	Temperatura máxima (°C)	Espesor de hielo máximo (mm)
	Sub-Estación de Salida	Sub-Estación de Llegada								
L-623	Barsi	Santa Marina	60	11	1.40	180.04	10	20	33	0

Datos de Soporte Anterior									
Código de la Estructura 1	Coordenada UTM Este 1	Coordenada UTM Norte 1	Tipo de Estructura	Material de la Estructura	Cota del soporte 1 (msnm)	Altura del soporte 1 (m)	Longitud vertical de cadena de aisladores 1 (m)	Tipo de aislador	Peso de la cadena de aisladores (kg)
P11	269742	8667888	Alineamiento	Madera	25.32	18	0	Line Post	-

Datos de Soporte Posterior									
Código de la Estructura 2	Coordenada UTM Este 2	Coordenada UTM Norte 2	Tipo de Estructura	Material de la Estructura	Cota del soporte 2 (msnm)	Altura del soporte 2 (m)	Longitud vertical de cadena de aisladores 2 (m)	Tipo de aislador	Peso de la cadena de aisladores (kg)
P12	269565	8667920	Alineamiento	Madera	24.00	18	0	Line Post	-

Características mecánicas				Características de Operación			
Tipo de conductor	Sección (mm ²)	Díámetro Exterior (mm)	N° de Hilos	Peso Unitario (kg/m)	Tipo de Rotura (kg)	Módulo de Elasticidad Final (kg/mm ²)	Coefficiente de Dilatación (1/°C)
AAAC	304	22.63	37	0.92	9336	6300	0.000023

Características eléctricas						Coefficientes de Polinomios					
En Baja Temperatura		En Alta Temperatura		Coefficiente de Emisividad	Coefficiente de Absorción Solar	Radio MG (mm)	Esfuerzo_Deformación (kN/mm ²)				
Resistencia AC (Ohms/km)	Temperatura (°C)	Resistencia AC (Ohms/km)	Temperatura (°C)				A0	A1	A2	A3	A4
0.1102	20	0.1312	75	0.7	0.6	8.443	0.003147	0.483919	0.290738	-1.20433	0.749217

Las distancias, en metros, mostradas en las **Tablas 3.2, 3.7 y 3.8** son el resultado de los trabajos de topografía realizados durante los meses de julio y agosto del año 2012.

3.1.6 Cálculos justificativos, planos y gráficos

Los cálculos justificativos para calificar el vano como saneado han sido realizados mediante el siguiente software de ingeniería:

PLS-CADD v12.10 : Software especializado en diseño de líneas de transmisión, desarrollado por: Power Line Systems Inc. A continuación se muestra sus aplicaciones:

- ✓ Cálculo de la Capacidad Térmica del conductor.
- ✓ Simulación de la catenaria para diversas Hipótesis de Trabajo.
- ✓ Simulación del conductor desplazado por el viento.
- ✓ Determinación de la Zona de Influencia.
- ✓ Verificación de distancias de seguridad.
- ✓ Vistas de Planta, Perfil y Secciones (gráficos exportables en formato .dxf “autocad”).
- ✓ Cálculo de Campos Electromagnéticos.

a) Cálculo de la catenaria y su desviación por efecto del viento

Se ha empleado el software PLS-CADD para obtener la gráfica de la catenaria que describe el conductor en los casos climáticos planteados por la Regla 219.B para la verificación de la faja de servidumbre del vano en estudio. A continuación mostramos el procedimiento de cálculo:

- ✓ **Ingreso de datos del conductor:** El vano en estudio conforma una línea de transmisión en **60 kV** que emplea conductores **AAAC 304mm²** cuyas características se encuentran en la **Tabla 3.7**. En la **Figura 3.3** se muestran los datos de entrada que se ingresan al software.

Cable Data

Cable Model

Nonlinear cable model (separate polynomials for initial and creep behavior for inner and outer materials)

Linear elastic with permanent stretch due to creep proportional to creep weather case tension

Linear elastic with permanent stretch due to creep specified as a user input temperature increase

Name: c:\users\public\documents\pls\pls_cadd\examples\cables\aaac304vanos.wir

Description: AAAC 304

Stock Number: _____

Cross section area (mm ²)	304	Unit weight (N/m)	9.0252	Number of independent wires (1 unless messenger supporting other wires with a spacer)	1
Outside diameter (mm)	22.63	Ultimate tension (N)	91586.2		

Conductor is a J-Power Systems GAP type conductor strung with core supporting all tension.

Temperature at which strand data below obtained (deg C) 23.3333

Outer Strands					Core Strands (if different from outer strands)				
Final modulus of elasticity (see note below) (MPa/100)	618.03				Final modulus of elasticity (see note below) (MPa/100)	_____			
Thermal expansion coeff. (/100 deg)	0.0023				Thermal expansion coeff. (/100 deg)	_____			
Polynomial coefficients (all strains in %, stresses in MPa, see note)					Polynomial coefficients (all strains in %, stresses in MPa, see note)				
a0	a1	a2	a3	a4	b0	b1	b2	b3	b4
3.14745	483.919	290.738	-1204.35	749.217	_____	_____	_____	_____	_____
Stress-strain					Stress-strain				
c0	c1	c2	c3	c4	d0	d1	d2	d3	d4
4.91733	203.241	470.244	-982.715	474.227	_____	_____	_____	_____	_____
Creep					Creep				

Note: Final modulus, stress-strain and creep are actual material values multiplied by ratio of outer strand area to total area.

Note: Final modulus, stress-strain and creep are actual material values multiplied by ratio of core strand area to total area.

Bimetallic Conductor Model...

Aluminum has a larger thermal expansion coefficient than steel. If Aluminum is used as the outer material over a steel core there is a temperature transition point at which the aluminum is no longer under tension.

Select the behavior you want for temperatures above the transition point

Use behavior from Criteria/Bimetallic Conductor Model

Aluminum does not take compression at high temperature (Bird Cage)

Aluminum can go into compression at high temperature

Thermal Rating Properties

Resistance at two different temperatures

Resistance (Ohm/km)	0.1102	at (deg C)	20
Resistance (Ohm/km)	0.1312	at (deg C)	75

Maximum initial compressive stress (MPa) 63947.4

Emissivity coefficient 0.7

Solar absorption coefficient 0.6

Outer strands heat capacity (Watt-s/m-deg C) _____

Core heat capacity (Watt-s/m-deg C) _____

Generate Coefficients from points on stress-strain curve Composite cable properties OK Cancel

Figura 3.3: Datos de entrada del conductor

- ✓ **Cálculo de la capacidad térmica del conductor:** Se ha empleado el método **IEEE Std 738-2006** "IEEE Standard for Calculating the Current-Temperature Relationship of Bare Overhead Conductors" para obtener la curva de capacidad térmica del conductor. Dicha curva muestra el comportamiento de la temperatura del conductor ante una elevación en la corriente que circula por el circuito; cuyos valores van desde cero hasta una corriente de contingencia de 660 A, valor límite según los estándares operativos de Edelnor para las LLTT en 60 kV. En la **Figura 3.4** se muestran los datos de ingreso requeridos por el software para la obtención de la curva de capacidad térmica.

IEEE Std 738-2006 Steady-State Thermal Rating - C:\Program Files\PLS-CADD\bin\p2002.m

THERMAL CALCULATIONS METHOD

IEEE Standard 738-2006 CIGRE Brochure 207

SOLAR HEATING DATA

Use specified global solar radiation

Calculate global solar radiation by using the parameters below

Day of year

Use day of year producing maximum solar heating

Use specified day of year

Line direction

Line perpendicular to solar azimuth (maximum solar heating)

Use specified line azimuth

Conductor latitude [deg]

Sun time (10=10am, 14=2pm, 99=no sun)

Atmosphere

WEATHER DATA

Air temperature [deg C]

Wind speed [m/s]

Wind to conductor angle (0=parallel) [deg]

Conductor elevation [m]

CONDUCTOR DATA

Cable file name

CALCULATION DATA

Steady-state wire temperature [deg C]

Override air temp. with span specific one from a structure comment

Override wire temp. with span specific one from a structure comment

Provide a label for the graph

Figura 3.4: Datos para cálculo de capacidad térmica

- ✓ **Reporte cálculo de la capacidad térmica del conductor:** a continuación se reportan los resultados del cálculo de capacidad térmica y en la **Figura 3.5** se muestra la curva "corriente (A) versus temperatura (C°)", calculada con el software PLS-CADD.

IEEE Std. 738-2006 método de cálculo

- La temperatura del aire es 33,00 (° C)

- Velocidad del viento es 0,56 (m / s)
- Ángulo entre el viento y el conductor será de 45 (grados)
- La elevación del conductor por encima del nivel del mar es de 25 (m)
- Temperatura de Sol a las 12 horas (altitud solar es de 90 grados. Solar y el azimut es de 180 grados).
- Latitud del conductor es de -12,0 (grados)
- El ambiente es industrial
- Día del año es de 50 (corresponde al 19 febrero en el año 2012) (día del año más caluroso)
- Descripción Conductor: AAAC 304
- Diámetro del conductor es 2,263 (cm)
- Resistencia del conductor es 0.1102 (Ohm / km) a 20,0 (° C) y 0.1312 (Ohm / km) a 75,0(° C)
- La emisividad es 0,7 y la capacidad de absorción solar es de 0,6
- Entrada de calor solar es 14.130 (Watt / m) (corresponde a la radiación solar global de 1,040.652 (Watt / m ^ 2) - que fue calculado)
- Enfriamiento por radiación es 65.644 (vatios / m²)
- Enfriamiento por convección es 116.998 (vatios / m²)

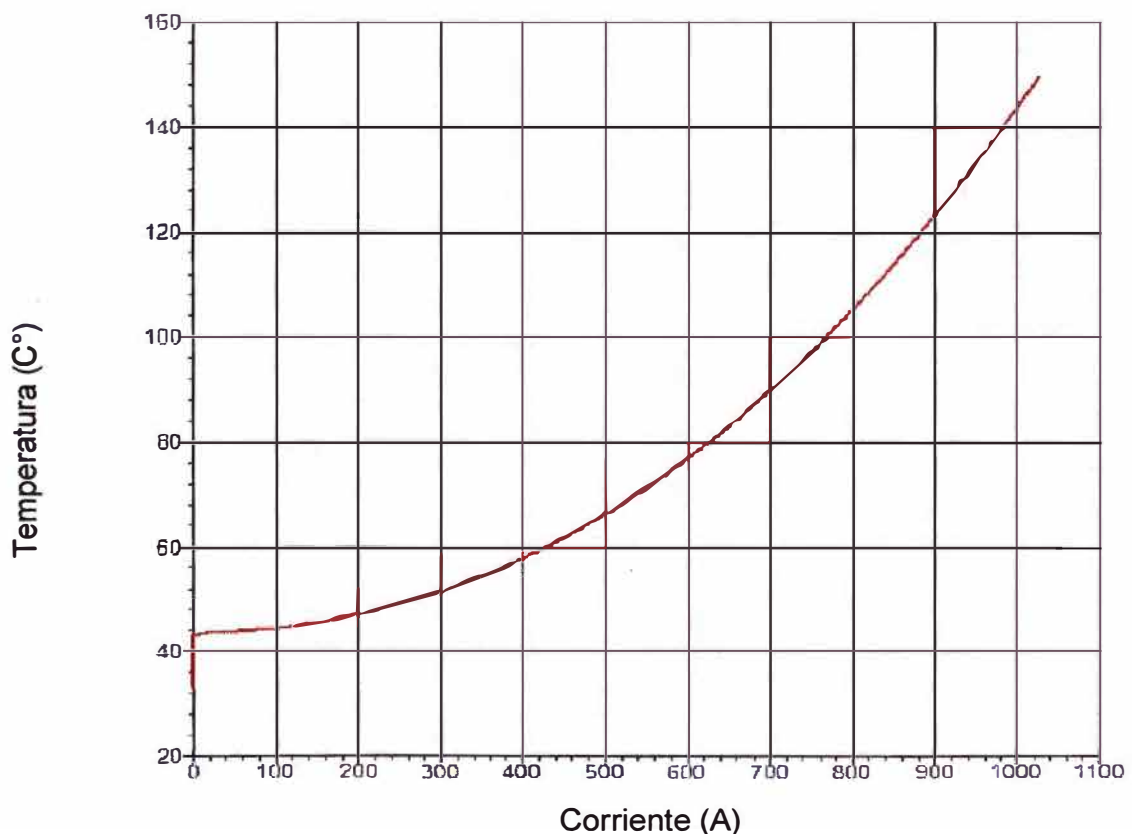


Figura 3.5: Curva de capacidad térmica

Como se observa en la **Figura 3.5**, el cálculo de capacidad térmica se ha evaluado a una temperatura de 33°C correspondiente a la temperatura ambiente más elevada para Lima, según registros históricos del SENAMHI.

Sin embargo, el mismo procedimiento es seguido para temperaturas ambiente de 25°C, 20°C y 15°C; cuyo sustento y resultados se muestran a continuación.

Casos climáticos: Para la determinación de los casos climáticos (Hipótesis de cálculo mecánico de conductor) que permiten el modelamiento de los conductores del vano en diversas situaciones de trabajo, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

Hipótesis I: Costa de Lima (CNE)

Objeto: Verificación de la faja de servidumbre.

Temperatura ambiente : 25°C

Según la **Regla 234.A.2**, que considera tal temperatura para la verificación de distancias de seguridad horizontal al conductor desplazado por el viento.

Velocidad de viento : 50 km/h

Según la **Nota 2** de la **Tabla 250-1-B** del CNE-Suministro 2011, que señala textualmente: “en el caso de la costa de Lima hasta una altitud de 1000 msnm, podrá continuarse utilizando una velocidad de viento de 50 km/h, mientras los estudios de viento no indiquen lo contrario.

Corriente del circuito : 540 A

Correspondiente a la corriente de operación, según estándar de Edelnor.

Hipótesis II: EDS

Objeto: Modelamiento de los conductores en la situación cotidiana de trabajo.

Temperatura ambiente : 20°C

Según registros históricos del SENAMHI.

Velocidad de viento : 0 km/h

Según registros históricos del SENAMHI.

Corriente del circuito : 540 A

Correspondiente a la corriente de operación, según estándar de Edelnor.

Hipótesis III: Viento Máximo

Objeto: Modelamiento de los conductores trabajando bajo carga.

Temperatura ambiente : 15°C

Según registros históricos del SENAMHI.

Velocidad de viento : 50 km/h

Según la **Nota 2** de la **Tabla 250-1-B** del CNE-Suministro 2011.

Corriente del circuito : 540 A

Correspondiente a la corriente de operación, según estándar de Edelnor.

Hipótesis IV: Temperatura Máxima

Objeto: Modelamiento de los conductores en máxima flecha y verificación de la distancia de seguridad vertical.

Temperatura ambiente : 33°C

Según registros históricos del SENAMHI.

Velocidad de viento : 0 km/h

Según registros históricos del SENAMHI.

Corriente del circuito : 660 A

Correspondiente a la corriente más elevada para el cálculo de la flecha máxima (corriente de contingencia), según estándar de Edelnor.

Hipótesis V: Campo

Objeto: Modelamiento de los conductores vistos en campo y a partir del cual se realizan los cambios de estado.

Temperatura ambiente : 20°C

Según registro de campo al momento del levantamiento topográfico de la catenaria.

Velocidad de viento : 0 km/h

Según registro de campo al momento del levantamiento topográfico de la catenaria.

Corriente del circuito : 202 A

Según registro del Centro de Control de Edelnor al momento del levantamiento topográfico de la catenaria.

En la **Tabla 3.9** se muestran el resumen de las 05 Hipótesis de cálculo descritas:

Tabla 3.9: Resumen de hipótesis de cálculo

Nº	Hipótesis	T ambiente (°C)	Corriente (A)	T conductor (°C)
I	Costa de Lima (CNE)	25	I operación = 540	62
II	EDS	20	I operación = 540	57
III	Viento Máximo	15	I operación = 540	52
IV	Temperatura Máxima	33	I contingencia = 660	84
V	Campo	20	I campo = 202	34

Las temperaturas del conductor mostradas en la **Tabla 3.9** son obtenidas de la curva de capacidad térmica (**ver Figura 3.5**), para cada combinación de temperatura ambiente y corrientes indicadas.

En la **Figura 3.6** se muestra la ventana de ingreso de datos al software para las hipótesis mencionadas.

Determinación del estado V (Campo): Es el punto de partida para efectuar los cambios de estado. En base a los puntos topográficos de la catenaria levantada en campo, el software PLS-CADD permite trazar una catenaria que pase por dichos puntos topográficos; y a la cual le es calculado el tiro al que se encuentra templada la línea.

Considerando que lo visto en campo corresponde a conductores con más de 10 años en servicio, estos estarían asentados por el envejecimiento (efecto creep).

En la **Figura 3.7** se muestra que a la situación inicial de estado (Campo) le corresponde un tiro de 9616.3 N ó **980.25 kg** equivalente a un tiro de templado de $980.25/9336 = 10.5\%$.

Weather Cases

See Criteria/Code Specific Wind and Terrain Parameters for more information on height adjustments and gust response factors.

	Description	Air Density Factor (Q) (kg/m ³) (Pa/(m/s) ²)	Wind Velocity (m/s)	Wind Pressure (Pa)	Wire Ice Thickness (mm)	Wire Ice Density (N/m ³)	Wire Ice Load (N/m)	Wire Temp. (deg C)	Ambient Temp. (deg C)
1	COSTA DE LIMA (CNE)	0.613	13.8889	118.248				62.0	25.0
2	EDS	0.613	0	0				57.0	20.0
3	VIENTO MÁXIMO	0.613	13.8889	118.248				52.0	15.0
4	FLECHA MÁXIMA	0.613	0	0				84.0	33.0
5	CAMPO	0.613	0	0				34.0	20.0

Figura 3.6: Ingreso de casos climáticos

Section Table

Sort Sections by:

- Section number
- Structure number section starts upon
- Attachment set section starts upon
- Voltage
- Cable file name

Displayed Phase will not take effect until override in Section/Display Options is disabled.

Sec #	Start Str #	End Str #	Ruling Span (m)	Insul. Clipped	Cable File Name	Voltage (KV)	Wires Per Phase	Sag Condition	Sag Temp. (deg C)	Sag Horiz. Ten. (N)	Display Weather Case	Display Condition	Disp. Wind Front	Disp. Phase
1	1	1:1	2:1	180	No	Ivanos.wir	60	1 Initial F	20.0	9616.5	CAMPO	Creep RS	Both	1
2	2	1:2	2:2	180	No	Ivanos.wir	60	1 Initial F	20.0	9616.5	CAMPO	Creep RS	Both	1
3	3	1:3	2:3	180	No	Ivanos.wir	60	1 Initial F	20.0	9616.5	CAMPO	Creep RS	Both	1

Figura 3.7: Resultados del tensado de la línea en campo

Con el tiro de templado calculado, se efectúan los demás cambios de estados descritos.

Estado I: "Costa de Lima (CNE)": En la **Figura 3.8** se muestra la ventana que permite el cambio al Estado I, situación en la cual se obtiene el gráfico de la zona de influencia.

En esta zona de influencia se verificará la faja de servidumbre.

Section Table

Sort Sections by:

- Section number
- Structure number section starts upon
- Attachment set section starts upon
- Voltage
- Cable file name

Displayed Phase will not take effect until override in Section/Display-Options is disabled.

Sec #	Start Str # Set #	End Str # Set #	Routing Span (m)	Insul. Clipped	Cable File Name	Voltage (kV)	Wires Per Phase	Sag Condition	Sag Temp. (deg C)	Sag Horiz. Ten. (N)	Display Weather Case	Display Condition	Disp. Wind From	Disp. Phase
1	1	1:1	2:1	180	No	Ivanos.wir	60	1 Initial F	20.0	9616.5	COSTA DE LI	Creep RS	Both	1
2	2	1:2	2:2	180	No	Ivanos.wir	60	1 Initial F	20.0	9616.5	COSTA DE LI	Creep RS	Both	1
3	3	1:3	2:3	180	No	Ivanos.wir	60	1 Initial F	20.0	9616.5	COSTA DE LI	Creep RS	Both	1

Figura 3.8: Ingreso de datos del Estado I: Costa de Lima

- ✓ Estado II y III: “EDS y Viento Máximo”: Estos estados sirven para determinar las condiciones del conductor “después de creep” o “después de carga”, respectivamente. Los cuales permiten combinar cualquier condición del conductor con cualquier caso climático, permitiendo así la precisión en los resultados. En la Figura 3.9 se muestra la ventana que permite asignar las condiciones climáticas señaladas.

Weather cases for permanent stretch due to Creep and Load

Weather case for final after Creep

Creep is permanent stretching of wire in response to application of tension over time. This permanent stretch results in lower tensions for wires in the after creep condition than in the initial condition.

PLS-CADD needs to know what weather case it should use for the calculation of permanent stretch due to creep. This weather case is normally an everyday type case that the wires are exposed to over long periods of time.

Weather case for final after Creep	
1	EDS

Weather case(s) for final after Load

Wires can be permanently stretched due to short exposures to extreme load. Calculations done in the after load condition will include an adjustment for the permanent stretch caused by a short term exposure to the weather case(s) specified below.

If more than one weather case is specified below then PLS-CADD will select the one that results in the largest load and hence the most stretch. This weather case selected could potentially vary between different wires.

Weather case(s) for final after Load	
1	VIENTO MÁXIMO
2	
3	
4	
5	

OK Cancel

Figura 3.9: Ingreso de Condición EDS y Viento Máximo

Estado IV: “Temperatura Máxima”: En la **Figura 3.10** se muestra la ventana que permite el cambio al Estado IV, donde se verificará la distancia de seguridad vertical para la flecha máxima del conductor.

Section Table

Sort Sections by

- Section number
- Structure number section starts upon
- Attachment set section starts upon
- Voltage
- Cable file name

Displayed Phase will not take effect until override in Section/Display-Options is disabled.

Sec #	Start Str #	End Str #	Routing Span (m)	Insul. Clipped	Cable File Name	Voltage (kV)	Wires Per Phase	Sag Condition	Sag Temp. (deg C)	Sag Horiz. Ten. (N)	Display Weather Case	Display Condition	Disp. Wind From	Disp. Phase
1	1	1:1	4:1	160	No	aaac 304	60	1 Initial F	20.0	9616.5	FLECHA MÁX	Max Sag RS	Both	1
2	2	1:2	4:2	160	No	aaac 304	60	1 Initial F	20.0	9616.5	FLECHA MÁX	Max Sag RS	Both	1
3	3	1:3	4:3	160	No	aaac 304	60	1 Initial F	20.0	9616.5	FLECHA MÁX	Max Sag RS	Both	1

Figura 3.10: Ingreso de Condición Temperatura Máxima

b) Planos y gráficos

Con el software PLSCADD se ha simulado la catenaria de los conductores para los casos climáticos anteriormente señalados, obteniéndose gráficos exportables a formato **dxf** (autocad) y que permiten dar detalle de la “Vista en planta de la zona de influencia” y “Vista de corte de las estructuras”, estas vistas fueron calculada para la **Hipótesis I: Costa de Lima (CNE)** el plano de estas vistas se muestra en el **ANEXO A**, donde claramente se ve que las viviendas se encuentran fuera de la zona de influencia. Además en el **ANEXO B** se muestra la vista de “Perfil de la línea en flecha máxima” el cual fue calculado para la **Hipótesis IV: Temperatura Máxima**, donde se demuestra que el vano cumple con la distancia vertical de seguridad al suelo.

En la **Figura 3.11** se muestra el registro fotográfico del año 2012, donde se ven las viviendas que se plasmaron en los planos (ver **ANEXOS A y B**). Asimismo las vistas mostradas en los planos se han basado en las vistas de zona de influencia dadas por el CNE-Suministro 2011.

Como se puede apreciar en la **Figura 3.12** para el trazo de la zona de influencia se considera el desplazamiento del conductor por efecto del viento (calculado con el software PLSCADD) más la distancia de seguridad horizontal que de acuerdo a lo calculado según el CNE-Suministro 2011 resulta 2.23m para una línea en 60kV que es el caso que estamos analizando (ver **Tabla 3.4 del ítem 3.1.3**)

Registro Fotográfico – Vano P11_P12 de la L-623**Vano N° 20 (Av. Abancay, Mz. J, Urb. Santa Cruz - Callao):**

En las fotos las edificaciones en el margen derecho están dentro de la faja de servidumbre del vano, para las cuales se ha corroborado que se encuentran fuera de la zona de influencia haciendo que este vano sea calificado como saneado.



Foto N° 01

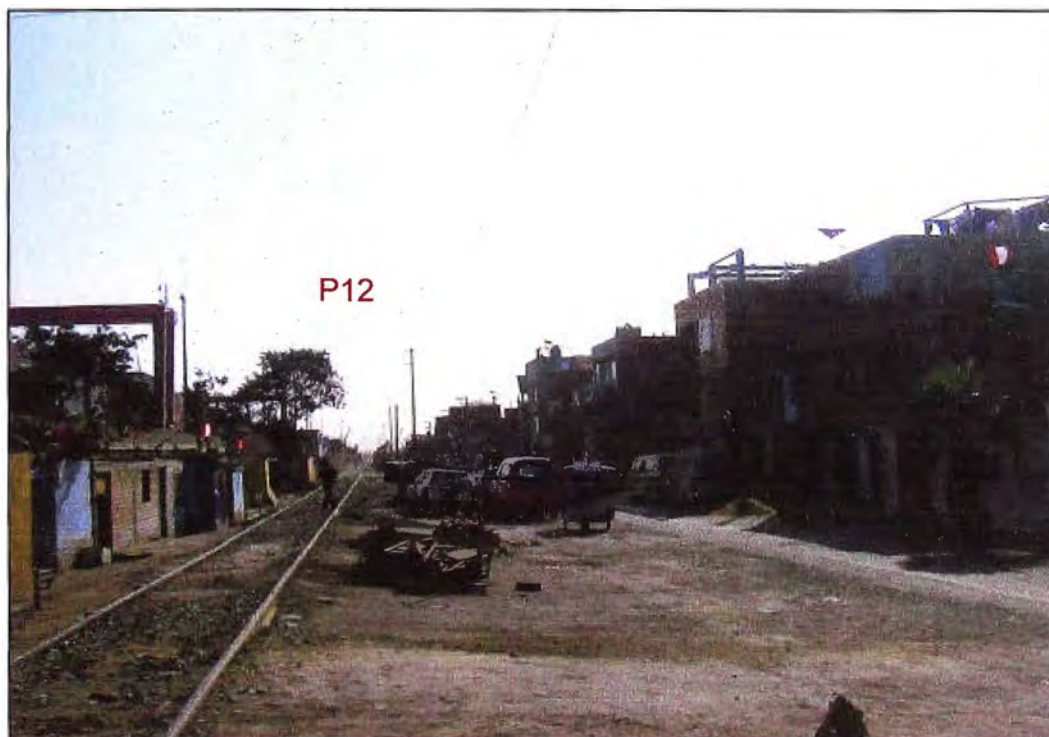


Foto N° 02

Figura 3.11: Registro Fotográfico Año 2012

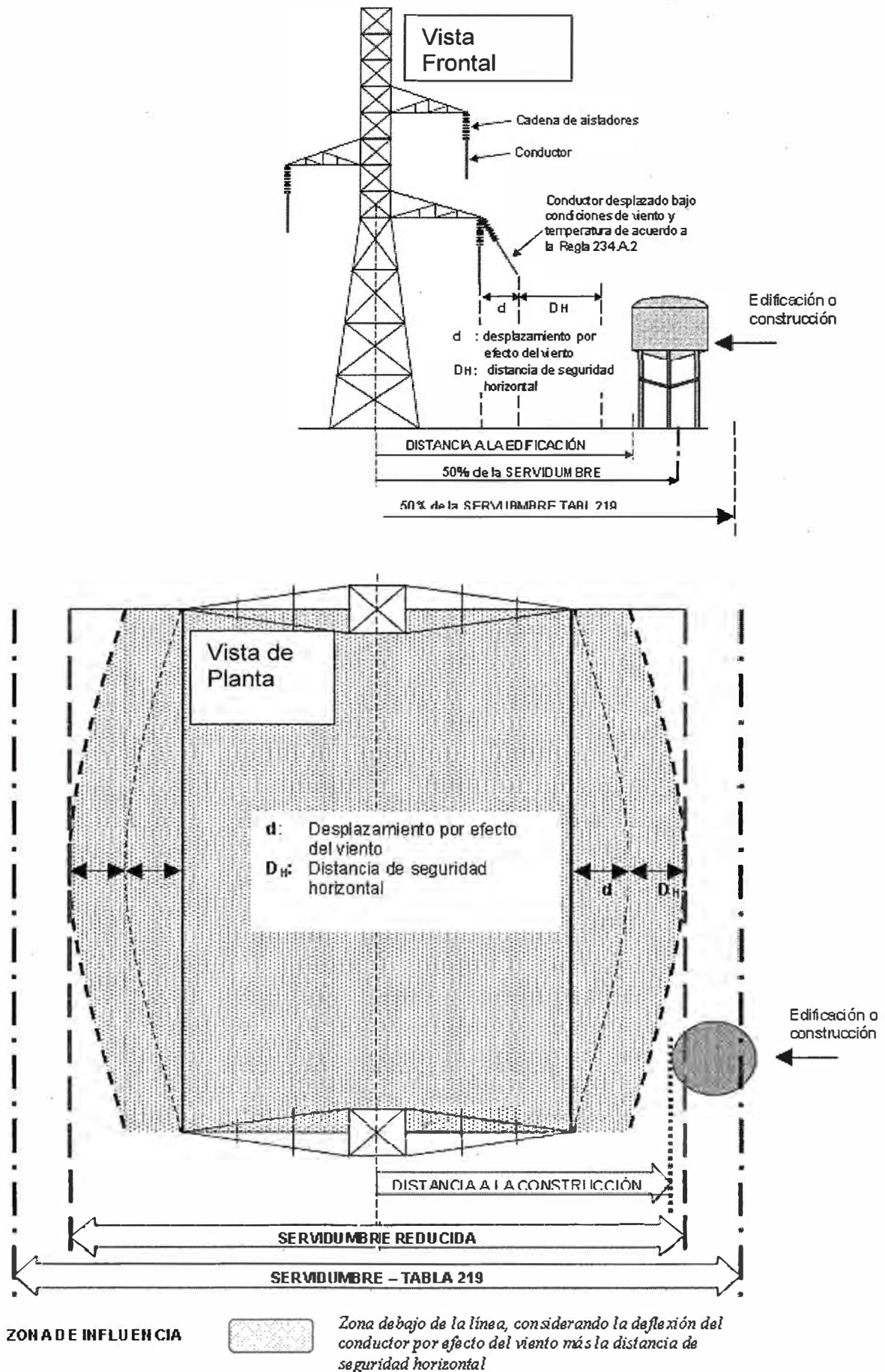


Figura 3.13: Esquema del CNE-Suministro 2011

3.1.7 Mediciones de campos electromagnéticos

Los valores de intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético deben estar por debajo de los valores máximos permitidos por la regla 212 del CNE – Suministro 2011 para un tipo de exposición poblacional, estos valores máximos son 4.2 kV/m y 83.3 μ T (ver **Tabla 3.4 del ítem 3.1.3**).

En la **Tabla 3.10** se muestran el resumen de los datos obtenidos durante las mediciones en trabajo de campo realizados por INICTEL-UNI, estos valores son los mismos a los reportados en la **Tabla 3.7 del ítem 3.1.4**.

Tabla 3.10: Mediciones Campos Electromagnéticos a 1 metro sobre el nivel del piso

Ítem	Construcción	Intensidad de campo eléctrico (kV/m)	Densidad de Flujo Magnético (μ T)
1	vivienda 1	0.02842	0.5543
2	vivienda 2	0.02842	0.5543
3	vivienda 3	0.03884	0.7192
4	vivienda 4	0.03884	0.7192
5	vivienda 5	0.06119	0.773
6	vivienda 6	0.06119	0.773
7	vivienda 7	0.0775	0.8883
8	vivienda 8	0.0775	0.8883
9	vivienda 9	0.0775	0.8883
10	vivienda 10	0.06046	0.9648
11	vivienda 11	0.06046	0.9648
12	vivienda 12	0.06435	0.9426
13	vivienda 13	0.06435	0.9426
14	vivienda 14	0.04167	0.615
15	vivienda 15	0.04167	0.615
16	vivienda 16	0.0183	0.5746
17	vivienda 17	0.0183	0.5746

Los valores mostrados en la **Tabla 3.10** fueron medidos en el frontis de la edificación a 1 metro sobre el nivel del piso y a una distancia de 2.5 metros como mínimo del límite de propiedad de acuerdo al Estándar IEEE 644 y la regla 212 del CNE Suministro 2011, el equipo de monitoreo de campo utilizado fue el Analizador de Campo Electromagnético para baja frecuencia, marca W&G–NARDA, modelo EFA-300, equipado con sondas (sensores) de campo magnético y de campo eléctrico (cada sensor con características isotrópicas). Este Analizador de Campo Electromagnético, consta de un módulo principal de procesamiento y dos sensores independientes, uno para campo eléctrico y otro para

campo magnético. Cada sensor, de características isotrópicas, toma muestras de campo electromagnético en los tres ejes que luego son procesadas digitalmente en el equipo., estos equipos cuentan con certificados de calibración vigentes y han sido emitidos por los Laboratorios de NARDA en Alemania.

Como podemos apreciar en la **Tabla 3.10** los valores de **intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético** medidos en campo están por debajo de los valores máximos permitidos por el CNE para un tipo de exposición poblacional.

En el **ANEXO C** se muestran los resultados de las mediciones de campos electromagnéticos a 1 metro sobre el nivel del piso realizadas por INICTEL – UNI.

Además en cumplimiento a lo solicitado por OSINERGMIN y acorde a lo que se indica en el CNE-2011 se realizaron mediciones de campos electromagnéticos en puntos críticos (mediciones en las azoteas de las edificaciones). Se realizaron 4 mediciones de 4 vanos seleccionados de Edelnor para los cuales se gestionó el permiso con el propietario de la edificación para realizar la medición de intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético en la parte accesible más alta de la edificación, en la **Tabla 3.11** se muestra el resumen de las mediciones realizadas por INICTEL-UNI.

En el **ANEXO D** se muestran los resultados de las mediciones de campos electromagnéticos en la azotea de las edificaciones realizadas por INICTEL – UNI.

Tabla 3.11: Mediciones de Campos Electromagnéticos en puntos Críticos

N°	Nro. de Vano Edelnor	Dirección	Características técnicas del equipo utilizado	Nombre de la empresa que efectuó las mediciones	Construcción	Intensidad de campo eléctrico (kV/m)	Densidad de flujo magnético (µT)
1	13	Av. Nicolas Dueñas, cdra. 3 - Cercado de Lima	Medidor de Campo Eléctrico y Magnético EFA-300: - Rango de frecuencia: 30 Hz - 32 KHz - Rango de medida: B: 100 nT - 32 mT E: 10 V/m - 100 kV/m - Rango de medición/ Sobrecarga Límite: 200% - Incertidumbre típica (porcentaje de la lectura): B: ±6%, E: ±4% - Temperatura de operación: 0°C a +50°C - Peso aproximado: 1 kg.	INICTEL-UNI	Vivienda 1	0,04513	5,451
2	17	Av. Nicolas Dueñas, cdra. 2 - Cercado de Lima			Vivienda 4	0,2173	10,08
3	23	Av. Abancay, Mz. Z Urb. Santa Cruz - Callao			Vivienda 14	0,4108	1,896
4	24	Av. Abancay, cdra. 3, Urb. Bella Unión - Callao			Vivienda 16	0,2342	2,107

Los valores de intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético de **Tabla 3.10** no sobrepasan los valores máximos permitidos por el CNE para un tipo de exposición poblacional. Para corroborar los valores de las mediciones de campo electromagnéticos se realizaron las siguientes simulaciones con el Software PLSCADD.

Cabe indicar que el software PLSCADD se basa en el “EPRI Red Book methodology (EPRI, 1982)” para el cálculo de campos electromagnéticos.

a) **Simulación 1:** Para verificar los valores de intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético obtenidos durante el trabajo de campo.

Esta simulación se realizó en el límite de propiedad a 1 metro sobre el nivel del piso y se consideró la corriente de operación en el momento de las labores de topografía la cual fue **198.85 amperios** de acuerdo al registro del centro de control de Edelnor.

En la **Figura 3.14 y 3.15** se muestra el reporte gráfico de campos electromagnéticos de la simulación realizada con el software PLSCADD.

A continuación se hace una pequeña descripción del reporte gráfico del PLSCADD:

- Todos los reportes gráficos de la **simulación 1** son valores de campo electromagnético a una altura igual a 1m sobre el nivel del piso (dato de ingreso mostrado al inicio del reporte: “Meter height above centerline ground: 1.00 (m)”).
- En cada reporte gráfico se muestra la distancia horizontal desde el soporte 1 hasta la construcción (dato de ingreso para cada construcción: “Station”).
- La curva color azul representa el valor de densidad de flujo magnético.
- La curva color fucsia representa el valor de intensidad de campo eléctrico.
- La recta verde representa la ubicación del conductor.
- El eje de la línea se ubica en el punto 0 del eje X, los valores del eje X representa la distancia horizontal al eje de la línea.
- Antes del reporte gráfico se muestran los valores máximos de densidad de flujo magnético y de intensidad de campo eléctrico.
- El valor de la **densidad de flujo magnético (B)** y la **intensidad de campo eléctrico (E)** para cada construcción se obtiene de su respectivo gráfico de acuerdo a la distancia horizontal desde la construcción al eje de la línea.

Reporte PLS-CADD

Notas EMF cálculo:

- 1.-Todos los cálculos son basados en los métodos “Reserve EPRI Rojo” (2^a edición, 1982 - Línea recta infinita y considerando que la tierra es plana).
- 2.-Estas aproximaciones son válidas sólo para baja frecuencia (50-60Hz) líneas de transmisión de corriente alterna.
- 3.-Conjunto de conductores se modelan con un conductor equivalente según EPRI Libro Rojo 8.3.1.
- 4.- Los efectos de las corrientes de retorno de tierra (tierra resistividad) no se tienen en cuenta en el cálculo del campo magnético.
- 5.- La posición del alambre se determina de acuerdo al caso de tiempo ingresado para la

simulación.

6.- La altura del conductor usada es la altura del conductor proyectado en el suelo.

7.- Todos los cálculos asumen que la tierra es plana con la misma elevación que de la línea central. Consideraciones adicionales para los reportes:

- Altura sobre el suelo: 1,00 (m)
- Sección transversal de desplazamiento de gráfico + / -: 8,00 (m)
- Intervalo del gráfico: 1,00 (m)
- Límite del campo eléctrico: 4,20 (kV / m)
- Límite de campo magnético: 83.30 (UT)

Los datos EMF del circuito:

Tabla 3.12: Datos técnicos de la línea ingresados al software PLSCADD

N° de cable	N° de fases	Conductores por fase	Tensión fase-fase (kV)	Corriente (A)	Angulo entre fases (°)	Diametro del conductor (cm)
1	1	1	60	198.85	0	2.263
2	1	1	60	198.85	-120	2.263
3	1	1	60	198.85	120	2.263

Vivienda 1:

Tabla 3.13: Datos de la disposición e información adicional sobre la línea y vivienda

N° de Cable	N° de fases	Caso Climático	Condición del Cable	Viento viene de	Distancia Horizontal desde el soporte 1 (m)	Distancia al eje de la línea (m)
1	1	CAMPO	Creep	Izquierda	3	-1.4
2	1	CAMPO	Creep	Izquierda	3	1.4
3	1	CAMPO	Creep	Izquierda	3	-1.4

Para una distancia paralela al eje de la línea de 7.09m se obtienen de la **Figura 3.15 y 3.16** los siguientes datos de densidad de flujo magnético e intensidad de campo magnético:

$$\text{Brms } (\mu\text{T}) = 0.44 - \text{Erms (kV/m)} = 0.081$$

El máximo campo magnético es de 0.53 μT encontrado a una distancia horizontal desde el soporte 1 hasta la construcción de 3.00 m y a una distancia paralela al eje de la línea de 0.00m.

El máximo campo eléctrico es de 0.118 kV/m a una distancia horizontal desde el soporte 1 hasta la construcción de 3.00 m, y a una distancia paralela al eje de la línea de -4.00 m (desplazamiento).

La simulación 1 descrita se realizó con el software PLS-CADD para el frontis de cada vivienda del vano, en la **Tabla 3.14** se muestra el resultado de las simulaciones realizadas.

Donde la distancia horizontal desde la construcción al eje de la línea se saca del eje X de la **Figura 3.14 y 3.15** para obtener los valores de campos electromagnéticos.

Tabla 3.14: Resumen Campos Electromagnéticos-Simulación 1

Ítem	Construcción	Distancia horizontal desde la construcción al eje de la línea (m)	PLS – CADD	
			Simulación 1	
			B (uT)	E (kV/m)
1	vivienda 1	7,09	0,44	0,081
2	vivienda 2	7,42	0,46	0,086
3	vivienda 3	7,40	0,54	0,101
4	vivienda 4	7,28	0,57	0,107
5	vivienda 5	7,39	0,60	0,113
6	vivienda 6	7,33	0,63	0,118
7	vivienda 7	7,28	0,65	0,122
8	vivienda 8	7,04	0,68	0,126
9	vivienda 9	7,26	0,68	0,129
10	vivienda 10	7,28	0,69	0,130
11	vivienda 11	7,28	0,69	0,131
12	vivienda 12	7,01	0,70	0,130
13	vivienda 13	7,39	0,66	0,125
14	vivienda 14	7,23	0,50	0,093
15	vivienda 15	6,32	0,49	0,087
16	vivienda 16	6,34	0,45	0,082
17	vivienda 17	7,31	0,43	0,081

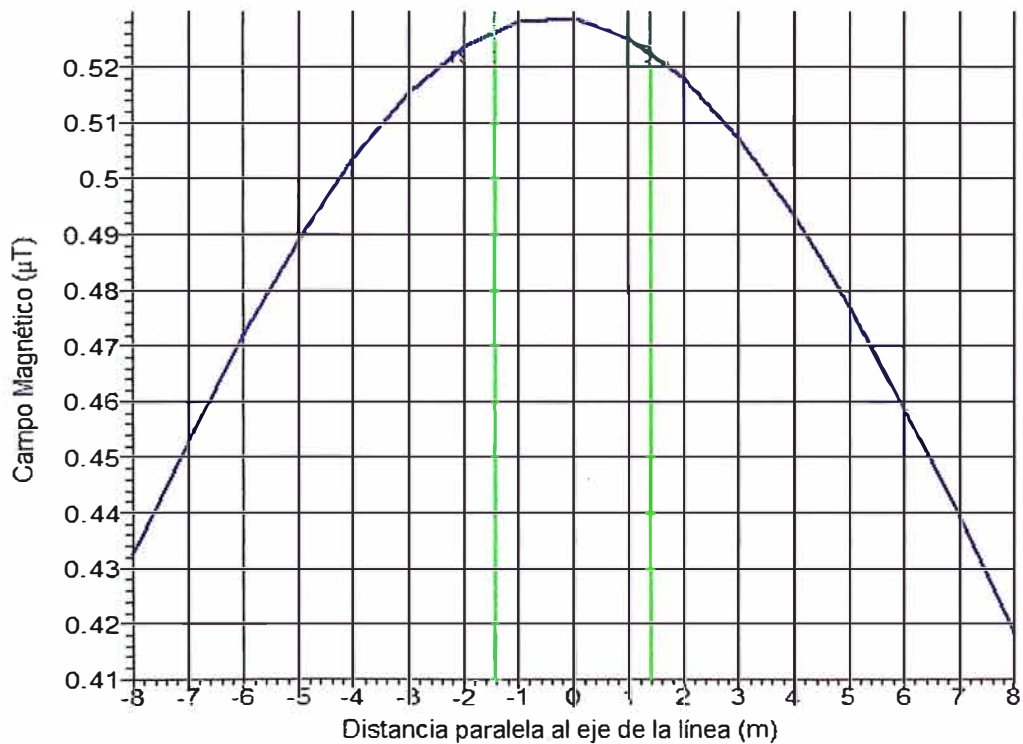


Figura 3.14: Campo Magnético Vs. Distancia paralela al eje de la línea

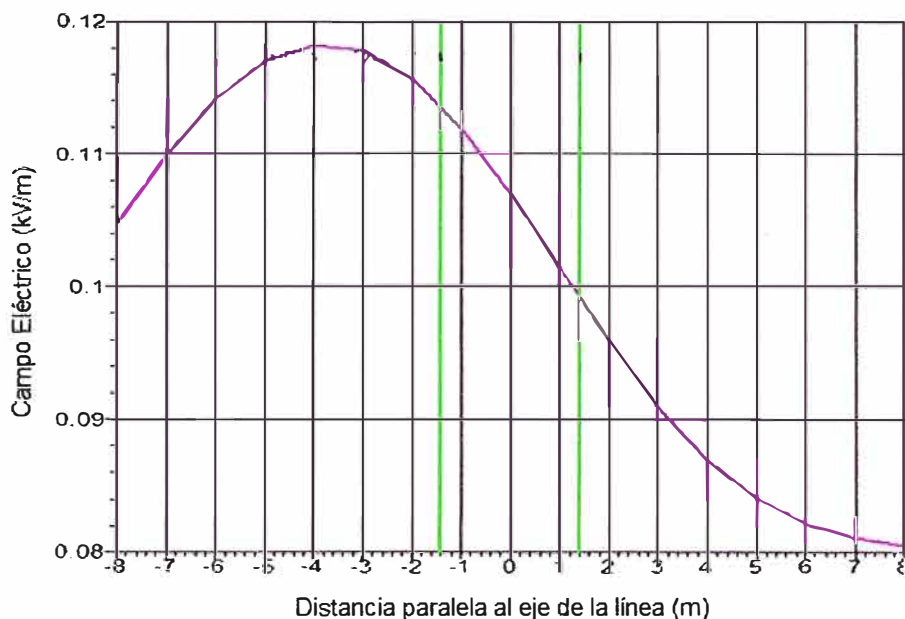


Figura 3.15: Campo Eléctrico Vs. Distancia paralela al eje de la línea

- b) Simulación 2:** Para la verificación de los campos electromagnéticos de acuerdo a los requerimientos de la faja de servidumbre (regla 219.B.6.a del CNE-Suministro 2011) y la regla 212 para una Exposición Poblacional la cual indica "...para la medición se debe tomar en cuenta las distancias de seguridad o los puntos críticos, tales como lugares habitados o edificaciones cercanas a la línea eléctrica...", se calculó la **densidad de flujo magnético (B)** y la **intensidad de campo eléctrico (E)** bajo la desviación del conductor por efecto del viento (condición climática "Costa de Lima (CNE)" descrita en la **parte a) del ítem 3.1.6**), con la corriente máxima continua de operación que **según estándares operativos es de 540 amperios** y para el lugar más cercano entre la construcción y conductor máxima altura de las construcciones. En la **Figura 3.16 y 3.17** se muestra el reporte gráfico de campos electromagnéticos de la simulación realizada con el software PLSCADD.

A continuación se hace una pequeña descripción del reporte gráfico del PLSCADD:

- Los reportes gráficos de la **simulación 2** son valores de campo electromagnético a una altura sobre el nivel del piso igual a la altura de la construcción indicada en cada reporte como: "Meter height above centerline ground".
- En cada reporte gráfico se muestra la distancia horizontal desde el soporte 1 hasta la construcción (dato de ingreso para cada construcción: "Wire Station").
- La curva color azul representa el valor de densidad de flujo magnético.
- La curva color fucsia representa el valor de intensidad de campo eléctrico.
- La recta verde representa la ubicación del conductor.
- El eje de la línea se ubica en el punto 0 del eje X, los valores del eje X representa la distancia horizontal al eje de la línea.

- Antes del reporte gráfico se muestran los valores máximos de densidad de flujo magnético y de intensidad de campo eléctrico.

En caso se supere los valores máximos se muestra una recta de color rojo en el gráfico.

- El valor de la densidad de flujo magnético (B) y la intensidad de campo eléctrico (E) para cada construcción se obtiene de su respectivo gráfico de acuerdo a la distancia horizontal desde la construcción al eje de la línea.

Reporte PLS-CADD

Notas EMF cálculo:

1.-Todos los cálculos son basados en los métodos "Reserve EPRI Rojo" (2^a edición, 1982 - Línea recta infinita y considerando que la tierra es plana).

2.-Estas aproximaciones son válidas sólo para baja frecuencia (50-60Hz) líneas de transmisión de corriente alterna.

3.-Conjunto de conductores se modelan con un conductor equivalente según EPRI Libro Rojo 8.3.1.

4.- Los efectos de las corrientes de retorno de tierra (tierra resistividad) no se tienen en cuenta en el cálculo del campo magnético.

5.- La posición del alambre se determina de acuerdo al caso de tiempo ingresado para la simulación.

6.- La altura del conductor usada es la altura del conductor proyectado en el suelo.

7.- Todos los cálculos asumen que la tierra es plana con la misma elevación que de la línea central. Consideraciones adicionales para los reportes:

- Sección transversal de desplazamiento de gráfico + / -: 8,00 (m)
- Intervalo del gráfico: 1,00 (m)
- Límite del campo eléctrico: 4,20 (kV / m)
- Límite de campo magnético: 83.30 (UT)
- Los datos EMF del circuito:

Tabla 3.15: Datos técnicos de la línea ingresados al software PLSCADD

N° de cable	N° de fases	Conductores por fase	Tensión fase-fase (kV)	Corriente (A)	Angulo entre fases (°)	Diametro del conductor (cm)
1	1	1	60	540.00	0	2.263
2	1	1	60	540.00	-120	2.263
3	1	1	60	540.00	120	2.263

Vivienda 1:

Altura de la vivienda sobre el nivel del suelo es 7.50m

Tabla 3.16: Datos de la disposición e información adicional sobre la línea y vivienda

N° de Cable	N° de fases	Caso Climático	Condición del Cable	Viento viene de	Distancia Horizontal desde el soporte 1 (m)	Distancia al eje de la línea (m)
1	1	COSTA DE LIMA (CNE)	Creep	Izquierda	3	-1.29
2	1	COSTA DE LIMA (CNE)	Creep	Izquierda	3	1.51
3	1	COSTA DE LIMA (CNE)	Creep	Izquierda	3	-1.29

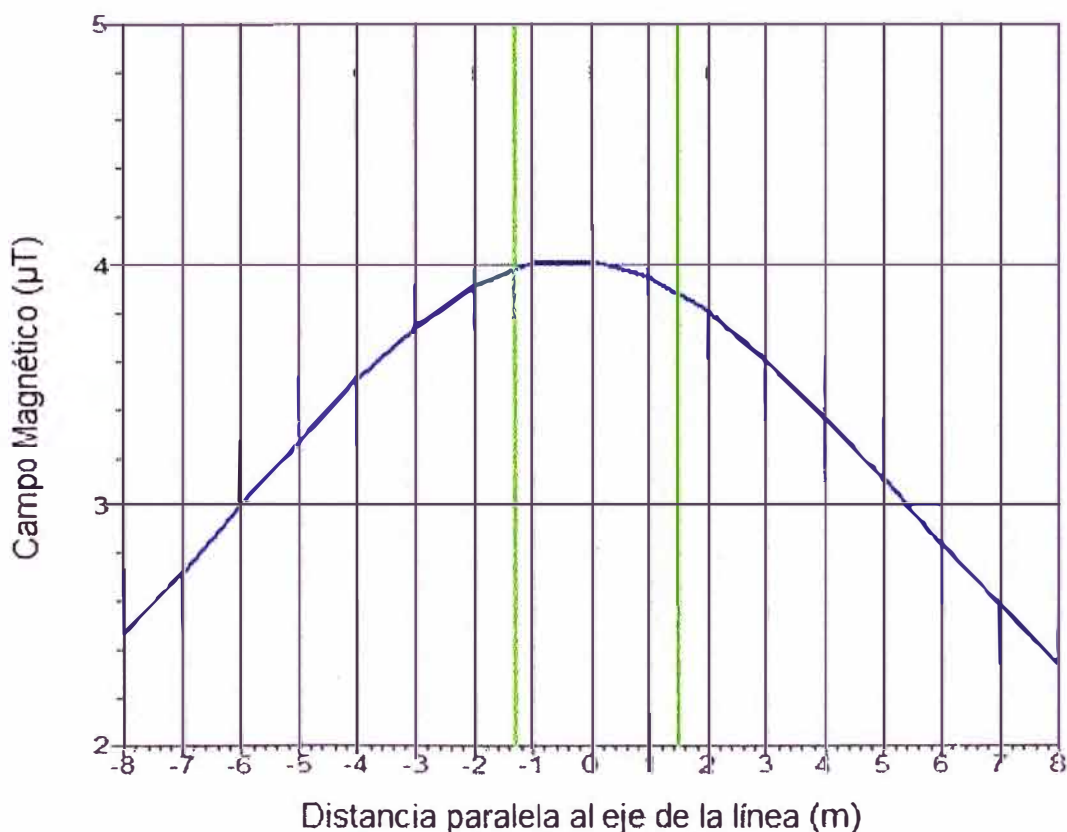
Para una distancia paralela al eje de la línea de 7.09m se obtienen de la **Figura 3.16 y 3.17** los siguientes datos de densidad de flujo magnético e intensidad de campo magnético: B_{rms} (μT) = 2.56 - E_{rms} (kV/m) = 0.124

El máximo campo magnético es de 4.02 μT encontrado a una distancia horizontal desde el soporte 1 hasta la construcción de 3.30 m y a una distancia paralela al eje de la línea de 0.00 m.

El máximo campo eléctrico es de 0.218 kV/m a una distancia horizontal desde el soporte 1 hasta la construcción de 3.30 m, y a una distancia paralela al eje de la línea de -2.00 m (desplazamiento).

La simulación 1 descrita se realizó con el software PLS-CADD para el frontis de cada vivienda del vano, en la **Tabla 3.14** se muestra el resultado de las simulaciones realizadas.

Donde la distancia horizontal desde la construcción al eje de la línea se saca del eje X de la **Figura 3.16 y 3.17** para obtener los valores de campos electromagnéticos.

**Figura 3.16: Campo Magnético Vs. Distancia paralela al eje de la línea**

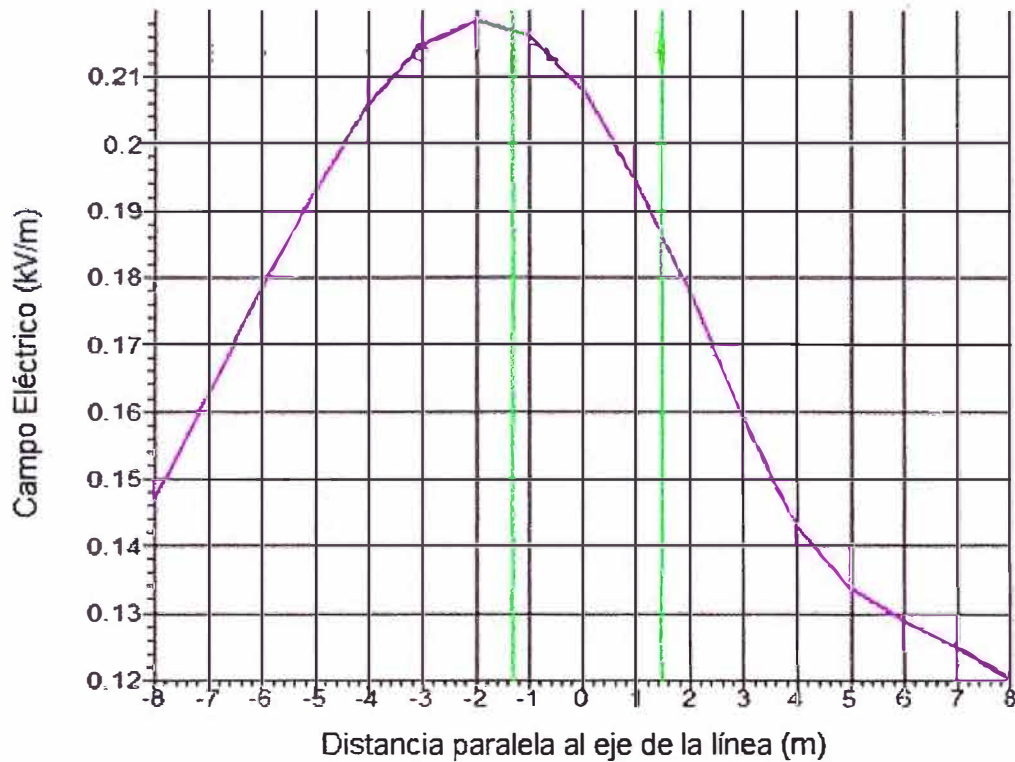


Figura 3.17: Campo Eléctrico Vs. Distancia paralela al eje de la línea

Tabla 3.17: Resumen Campos Electromagnéticos-Simulación 1

Ítem	Construcción	Distancia horizontal desde la construcción al eje de la línea (m)	PLS - CADD	
			Simulación 2	
			B (uT)	E (kV/m)
1	vivienda 1	7,09	2,56	0,124
2	vivienda 2	7,42	2,44	0,121
3	vivienda 3	7,40	2,20	0,116
4	vivienda 4	7,28	2,90	0,143
5	vivienda 5	7,39	4,90	0,254
6	vivienda 6	7,33	4,05	0,202
7	vivienda 7	7,28	8,58	0,475
8	vivienda 8	7,04	5,05	0,252
9	vivienda 9	7,26	4,52	0,225
10	vivienda 10	7,28	8,39	0,461
11	vivienda 11	7,28	4,39	0,218
12	vivienda 12	7,01	4,87	0,240
13	vivienda 13	7,39	8,86	0,495
14	vivienda 14	7,23	1,72	0,099
15	vivienda 15	6,32	2,14	0,103
16	vivienda 16	6,34	1,97	0,095
17	vivienda 17	7,31	1,80	0,093

Con las simulaciones y valores medidos en campo se corroboró que en cualquier caso la intensidad de campo eléctrico y densidad de flujo magnético no superan los valores máximos permitidos por la Regla 212 del CNE-Suministro 2011.

3.2 Justificación técnica de invasión de zona de influencia

3.2.1 Objetivo

Justificar que el vano de línea de transmisión eléctrica administrada por EDELNOR S.A.A. no cumple con la regla 219.B.6.a del CNE – Suministro 2011, haciendo que el vano se calificado como deficiente.

El presente ítem se centra en el cálculo de la zona de influencia de un vano de EDELNOR en el cual existe una edificación que se encuentra dentro de la zona de influencia.

3.2.2 Información del vano analizado

- Nombre de la Línea de Transmisión : **Chavarría – Mirones**
- Nivel de Tensión : **60 kV**
- Código de la Línea de Transmisión : **L-622**
- Número de soporte anterior : **P27**
- Número de soporte posterior : **P28**

En la **Figura 3.18** se muestra el registro fotográfico del vano analizado, el cual fue presentado por Edelnor ante Osinergmin, como podemos apreciar en el bosquejo de la foto las edificaciones se encuentran dentro de la faja de servidumbre establecida.

Este vano se encuentra ubicado en Av. Nicolas Dueñas, cdra. 6 - Cercado de Lima, y OSINERGMIN lo tiene registrado como vano deficiente desde el 8 de noviembre del año 2005.

En la **Tabla 3.19** se muestra el listado de construcciones dentro de la faja de servidumbre el vano analizado.

Tabla 3.19: Construcciones de dominio privado dentro de la faja de servidumbre

N°	Tipo de construcción	Distancia horizontal del conductor (reposo) a construcción (m)	Distancia vertical del conductor (reposo) a construcción (m)	Distancia horizontal desde soporte 1 hasta la construcción (m)	Altura de la construcción (m)	Cota de la construcción (msnm)	Distancia horizontal desde la construcción al eje de la línea (m)	Distancia horizontal desde la construcción a la zona de influencia de la línea (m)
1	Fábrica (caseta de vigilancia)	3.90	0.00	49.93	8.87	100.5	2.10	Dentro de zona de influencia
2	Colegio	3.90	7.82	151.25	2.60	100.6	2.10	0.80

La alternativa de saneamiento que presentó EDELNOR es el retiro de construcciones, solución que no ha podido lograr. Con el trazo de la zona de influencia se demuestra que si se logra retirar solamente la caseta de vigilancia el vano sería calificado como

“Saneado”. En la **Figura 3.19** se muestra el registro fotográfico realizado durante los trabajos de topografía entre los meses de julio y agosto del año 2012.

En **Tabla 3.20** se muestran las características de la línea con las cuales se han realizado los cálculos de desviación del conductor por efecto del viento.

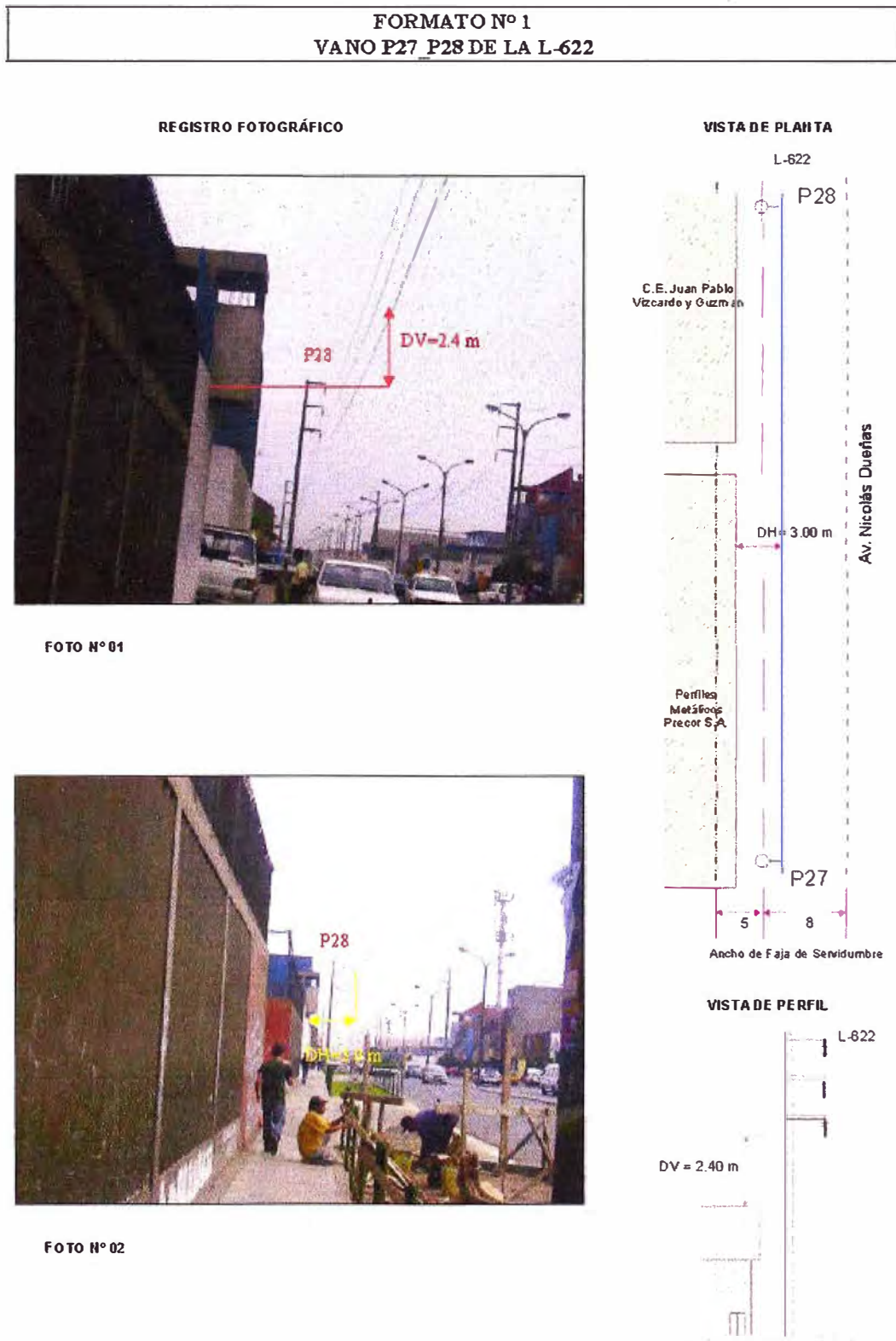


Figura 3.18: Registro Fotográfico – Supervisión Año 2006

VANO P27_P28 DE LA L-622**Vano N° 14 (Av. Nicolas Dueñas, cdra. 6 - Cercado de Lima):**

En la foto 2 la Caseta de vigilancia de la fábrica se encuentra dentro de la zona de influencia haciendo que el vano sea deficiente.



Foto N° 1



Foto N° 2

Figura 3.19: Registro Fotográfico-Año 2012

Tabla 3.20: Características Técnicas de la Línea de Transmisión Analizada

Código de Línea	Nombre de línea de transmisión		Nivel de Tensión (kV)	Años de Operación del conductor	Distancia del conductor (en reposo) al eje de la línea (m)	Vano horizontal (m)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media promedio (°C)	Temperatura máxima (°C)	Espesor de hielo máximo (mm)
	Sub-Estación de Salida	Sub-Estación de Llegada								
L-622	Chavarria	Mirones	60	15	1.8	171.80	10	20	33	0

Datos de Soporte Anterior									
Código de la Estructura 1	Coordenada UTM Este 1 PSAD 56	Coordenada UTM Norte 1 PSAD 56	Tipo de Estructura	Material de la Estructura	Cota del soporte 1 (msnm)	Altura del soporte 1 (m)	Longitud vertical de cadena de aisladores 1 (m)	Tipo de aislador	Peso cadena de aisladores (kg)
P27	275343	8668540	Alineamiento	Concreto Armado Centrifugado	100.47	12.52	0.82	Cadena de Aisladores (Porcelana)	28

Datos de Soporte Posterior									
Código de la Estructura 2	Coordenada UTM Este 2 PSAD 56	Coordenada UTM Norte 2 PSAD 56	Tipo de Estructura	Material de la Estructura	Cota del soporte 2 (msnm)	Altura del soporte 2 (m)	Longitud vertical de cadena de aisladores 2 (m)	Tipo de aislador	Peso cadena de aisladores (kg)
P28	275361	8668369	Alineamiento	Concreto Armado Centrifugado	100.7	12.52	0.82	Cadena de Aisladores (Porcelana)	28

Características mecánicas				Características de Operación			
Tipo de conductor	Sección (mm ²)	Diámetro Exterior (mm)	N° de Hilos	Peso Unitario (kg/m)	Tiro de Rotura (kg)	Módulo de Elasticidad Final (kg/mm ²)	Coefficiente de Dilatación (1/°C)
AAAC	304	22.63	37	0.92	9336	6300	0.000023

Características eléctricas						Coeficientes de Polinomios					
En Baja Temperatura		En Alta Temperatura		Coeficiente de Emisividad	Coeficiente de Absorción Solar	Radio MG (mm)	Esfuerzo_Deformación (kN/mm ²)				
Resistencia AC (Ohms/km)	Temperatura (°C)	Resistencia AC (Ohms/km)	Temperatura (°C)				Ao	A1	A2	A3	A4
0.1102	20	0.1312	75	0.7	0.6	8.443	0.003	0.484	0.291	-1.204	0.749

3.2.3 Zona de influencia con el software PLSCADD

En base a las características técnicas mostradas en la **Tabla 3.20** y siguiendo el mismo procedimiento indicado en la **parte a)** del ítem 3.1.6 en la **Tabla 3.21** se muestra el resumen de las hipótesis de calculo del vano.

Tabla 3.21: Resumen hipótesis de calculo

N°	Hipótesis	T ambiente (°C)	Corriente (A)	T conductor (°C)
I	Costa de Lima (CNE)	25	I operación = 540	63
II	EDS	20	I operación = 540	58
III	Viento Máximo	15	I operación = 540	53
IV	Temperatura Máxima	33	I contingencia = 660	85
V	Campo	20	I campo = 349	42

Las temperaturas del conductor indicadas en la **Tabla 3.21** son obtenidas de la curva de capacidad térmica para cada combinación de temperatura ambiente y corriente indicada.

a) Determinación del Estado V: Campo.

Es el punto de partida para efectuar los cambios de estado. En base a los puntos topográficos de la catenaria levantada en campo, el software PLS-CADD permite trazar una catenaria que pase por dichos puntos topográficos; obteniendo de esta manera el tiro en el momento de las mediciones topográficas, el tiro obtenido es el punto de partida para realizar los cambios de estado. Considerando que los conductores tienen más de 10 años en servicio (dato proporcionado por EDELNOR), estos estarían asentados por el envejecimiento (efecto creep). En la **Figura 3.20** se muestra que a la situación inicial de estado (Campo) le corresponde un tiro de 10101.4 N ó **1029.7 kg** equivalente a un tiro de templado de $1029.7/9336 = 11.03\%$.

Sec #	Start Str #	End Str #	Span (m)	Insul. Clip-ped	Cable File Name	Voltage (kV)	Wires Per Phase	Sag Condition	Sag Temp. (deg C)	Sag Horiz. Ten. (N)	Display Weather Case	Display Cond-ition	Disp. Wind From	Disp. Phase	Disp. Color	Command To Apply
1	1	1:1	6:1	162 No	svanos.wir	60	1	Initial F	20.0	10101.4	CAMPO	Creep RS	Both	1		
2	2	1:2	6:2	162 No	svanos.wir	60	1	Initial F	20.0	10101.4	CAMPO	Creep RS	Both	1		
3	3	1:3	6:3	162 No	svanos.wir	60	1	Initial F	20.0	10101.4	CAMPO	Creep RS	Both	1		

Figura 3.20: Resultados del tensado de la línea en campo

b) Cambio al Estado Costa de Lima (CNE)

En la **Figura 3.21** se muestra la ventana que permite el cambio al Estado I, situación en la cual se obtiene el gráfico de la zona de influencia.

Con el gráfico de zona de influencia se verificará la zona de influencia.

Sec #	Start Str #	End Str #	Span (m)	Insul. Clip-ped	Cable File Name	Voltage (kV)	Wires Per Phase	Sag Condition	Sag Temp. (deg C)	Sag Horiz. Ten. (N)	Display Weather Case	Display Cond-ition	Disp. Wind From	Disp. Phase	Disp. Color	Command To Apply
1	1	1:1	6:1	162 No	svanos.wir	60	1	Initial F	20.0	10101.4	COSTA DE LIMA	Creep RS	Both	1		
2	2	1:2	6:2	162 No	svanos.wir	60	1	Initial F	20.0	10101.4	COSTA DE LIMA	Creep RS	Both	1		
3	3	1:3	6:3	162 No	svanos.wir	60	1	Initial F	20.0	10101.4	COSTA DE LIMA	Creep RS	Both	1		

Figura 3.21: Ingreso de datos del Estado I: Costa de Lima

En el estado “Costa de Lima (CNE)” se obtiene el gráfico exportable en formato **dxf** (autocad) con el conductor desplazado por el viento más la distancia de seguridad horizontal de 2.23 m, distancia de seguridad que corresponde a una línea de 60kV (ver **Tabla 3.3 del ítem 3.1.3**).

3.2.4 Zona de influencia mediante diagrama de cuerpo libre

En el vano analizado se tienen estructuras de madera con cadena de aisladores de porcelana, en este ítem se realiza un sencillo diagrama de cuerpo libre aplicado a la cadena de aisladores. En la cadena de aisladores actúan fuerzas horizontales por acción del viento sobre el aislador y el conductor; y también actúan fuerzas verticales debido al peso de la cadena de aisladores y el peso del conductor.

Para el cálculo de la fuerza del viento sobre el conductor y el peso del conductor se necesita el dato del vano viento, razón por la que durante los trabajos de topografía se tomaron las distancias de los vanos contiguos del vano analizado.

En la **Figura 3.22** se muestra un esquema que nos permite mostrar el ángulo de desviación “ α ” de la longitud de la cadena, que aplicado a la longitud de la cadena más la longitud del conductor; que en una vista frontal sería la flecha máxima bajo la hipótesis de cálculo “Costa de Lima (CNE)”, (ver **Tabla 3.15**), se obtiene el desplazamiento por efecto del viento “d”.

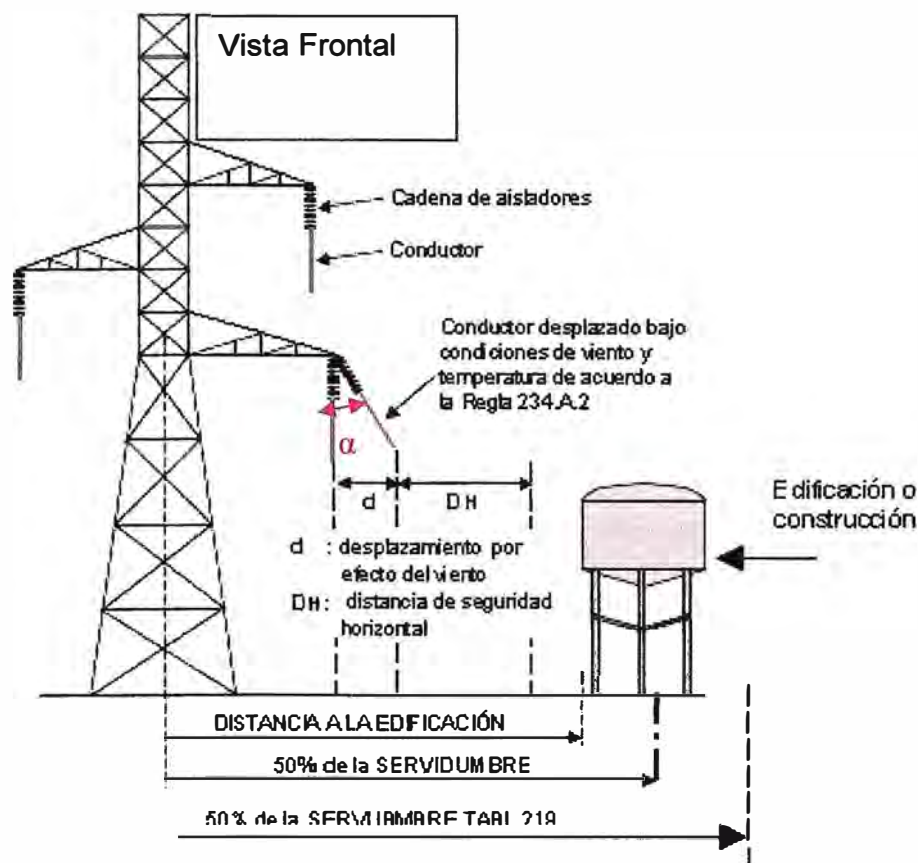


Figura 3.22: Esquema desviación de la cadena por efecto del viento

Para el ángulo de desviación se elaboró una hoja de cálculo en Excel, en la siguiente tabla se muestra los datos de entrada y salida de la hoja de cálculo elaborada.

Tabla 3.22: Cálculo de desviación de la cadena de aisladores “ α ” y distancia “d”

VANO P27 P28 DE LAL-622

Configuración Suspensión

Cálculo ángulo sobre la cadena y conductor

Datos de entrada (Estructura P27)	
Presión del viento a 50km/hr (Pa)=	118
Tiro (kg)	1169.59
Peso unitario del aislador (kg)	4
Cantidad de aisladores	4
Peso herraje (Kg)	10
Diametro aislador (m)	0.254
Altura aislador (mm)	146
Casquillo ojo alargado (mm)	130
Adaptador anillo bola (mm)	102
Vano (m)	171.8
Vano contiguo (m)	162.9
Diametro conductor (mm) =	22.63
Alfa(ángulo topográfico grados)	0
Flecha (m) (ver Nota)=	4.77
Wc peso unitario conductor (kg/m) =	0.92
Sección Conductor AAAC (mm2)=	304

Datos de entrada (Estructura P28)	
Presión del viento a 50km/hr (Pa)=	118
Tiro (kg)	1169.59
Peso unitario del aislador (kg)	4
Cantidad de aisladores	4
Peso herraje (Kg)	10
Diametro aislador (m)	0.254
Altura aislador (mm)	146
Casquillo ojo alargado (mm)	130
Adaptador anillo bola (mm)	102
Vano (m)	171.8
Vano contiguo (m)	174.28
Diametro conductor (mm) =	22.63
Alfa(ángulo topográfico grados)	0
Flecha (m) (ver Nota)=	4.77
Wc peso unitario conductor (kg/m) =	0.92
Sección Conductor AAAC (mm2)=	304

Cálculo longitud cadena	
Lc (m)	0.82
Sección del aislador donde actúa fuerza del viento	
Sa (m2)	0.21
Cálculo vano viento	
Vv (m)	167.35

Cálculo longitud cadena	
Lc (m)	0.82
Sección del aislador donde actúa fuerza del viento	
Sa (m2)	0.21
Cálculo vano viento	
Vv (m)	173.04

Cálculo Fuerzas Actuales y angulo de desviación	
Fviento-aislador (kg)	2.493
Fviento-conductor (kg)	45.554
Peso aisladores + herraje (Kg)	26
Peso del Conductor (kg)	153.962

Cálculo Fuerzas Actuales y angulo de desviación	
Fviento-aislador (kg)	2.493
Fviento-conductor (kg)	47.103
Peso aisladores + herraje (Kg)	26
Peso del Conductor (kg)	159.1968

Cálculo ángulo de desviación	
α (grados) =	15.66

Cálculo ángulo de desviación	
α (grados) =	15.68

Distancia de seguridad horizontal para 60 kV	
DH(m)=	2.23

Distancia de seguridad horizontal para 60 kV	
DH(m)=	2.23

Desplazamiento por efecto del viento	
Desviación Horizontal C_aisladores (m) =	0.220
Desviación Horizontal Conductor (m) =	1.287
d (m)	1.508

Desplazamiento por efecto del viento	
Desviación Horizontal C_aisladores (m) =	0.221
Desviación Horizontal Conductor (m) =	1.289
d (m)	1.510

Distancia de seguridad total	
d+DH (m)=	3.738

Distancia de seguridad total	
d+DH (m)=	3.740

NOTA: Hipótesis para el cálculo de la flecha

AAAC 304 mm2: Flecha calculada con el software DLTCAD, bajo las siguientes condiciones

Hipótesis 1

Tiro (i): 10%

Temp (i): 20°C

Hipótesis 2

Temp (f): 63°C

Viento (f): 50km/hr

Con los datos de entrada, mostrados en la tabla anterior, se calcula el ángulo de desviación en ambas estructuras; para el trazo de la zona de influencia tomamos el ángulo de desviación más desfavorable que sería en la estructura P28 con un ángulo de 15.68°, para finalmente hallar el desplazamiento por efecto del viento.

Con el dato del desplazamiento por efecto del viento se traza en AutoCAD un arco a través de tres puntos, primero en los 2 puntos fijos en las estructuras y el tercer punto es el trazado a la altura del punto medio del conductor desplazado la distancia por desplazamiento por efecto del viento calculada, para luego trazar otro arco paralelo y desplazado la distancia de seguridad horizontal de 2.23 m, obteniéndose la zona de influencia mostrada en forma esquemática en la **Figura 3.23**.

Las flechas ingresadas en la data de entrada de la hoja de cálculo fueron calculadas mediante el software DLTCAD 2010, sus resultados se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.23: Cálculo mecánico de conductores-DLTCAD 2010

CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES - Software DLTCAD 2010

CONDUCTOR :	AAAC-304					
Sección	Diam. Exterior	Nro. de Hilos	Peso Unit.)	Tiro de Rot.	M.E. Final	Coef. Dilatación
(mm ²)	(mm)		(Kg/m)	(Kg)	(Kg/mm ²)	(1/°C)
304,00	22,63	37	0,92	9336,00	6300,00	0,00002300
HIPOTESIS DE CALCULO :						
DESCRIPCION	Hip. 1	Hip. 2				
NOMBRE	Templado	Z1 Viento Máx.				
%TIRO	10,00	-----				
Temperatura (°C)	20,00	63,00				
V.Viento(km/h)	0,00	50,00				
M.Hielo(mm)	0,00	0,00				

Vano	Desnivel	Hip. 1			Hip. 2		
		TiroH(Kg)	TMax(Kg)	Flecha(m)	TiroH(Kg)	TMax(Kg)	Flecha(m)
170,00	0,00	933,60	936,88	3,56	723,86	728,24	4,68
172,00	0,00	933,60	936,95	3,65	727,02	731,49	4,77
174,00	0,00	933,60	937,03	3,73	730,12	734,68	4,86
176,00	0,00	933,60	937,11	3,82	733,17	737,81	4,95
178,00	0,00	933,60	937,19	3,91	736,16	740,89	5,05
180,00	0,00	933,60	937,27	3,99	739,10	743,91	5,14

Para el vano en análisis de una longitud de 172m le corresponde una flecha de 4.77m.

En el **ANEXO E** se muestra un plano de vista de planta con el límite de la zona de influencia calculado con el software PLSCADD y mediante el diagrama de cuerpo libre; demostrándose que los límites de zona de influencia para ambos casos son muy cercanos.

Con el diagrama de cuerpo libre se ha podido validar los resultados del software PLSCADD, y verificar que la caseta de vigilancia es la única edificación privada dentro de

la zona de influencia, dando como alternativa de solución retirar solamente la caseta de vigilancia de la fábrica, para poder calificar el vano como saneado.

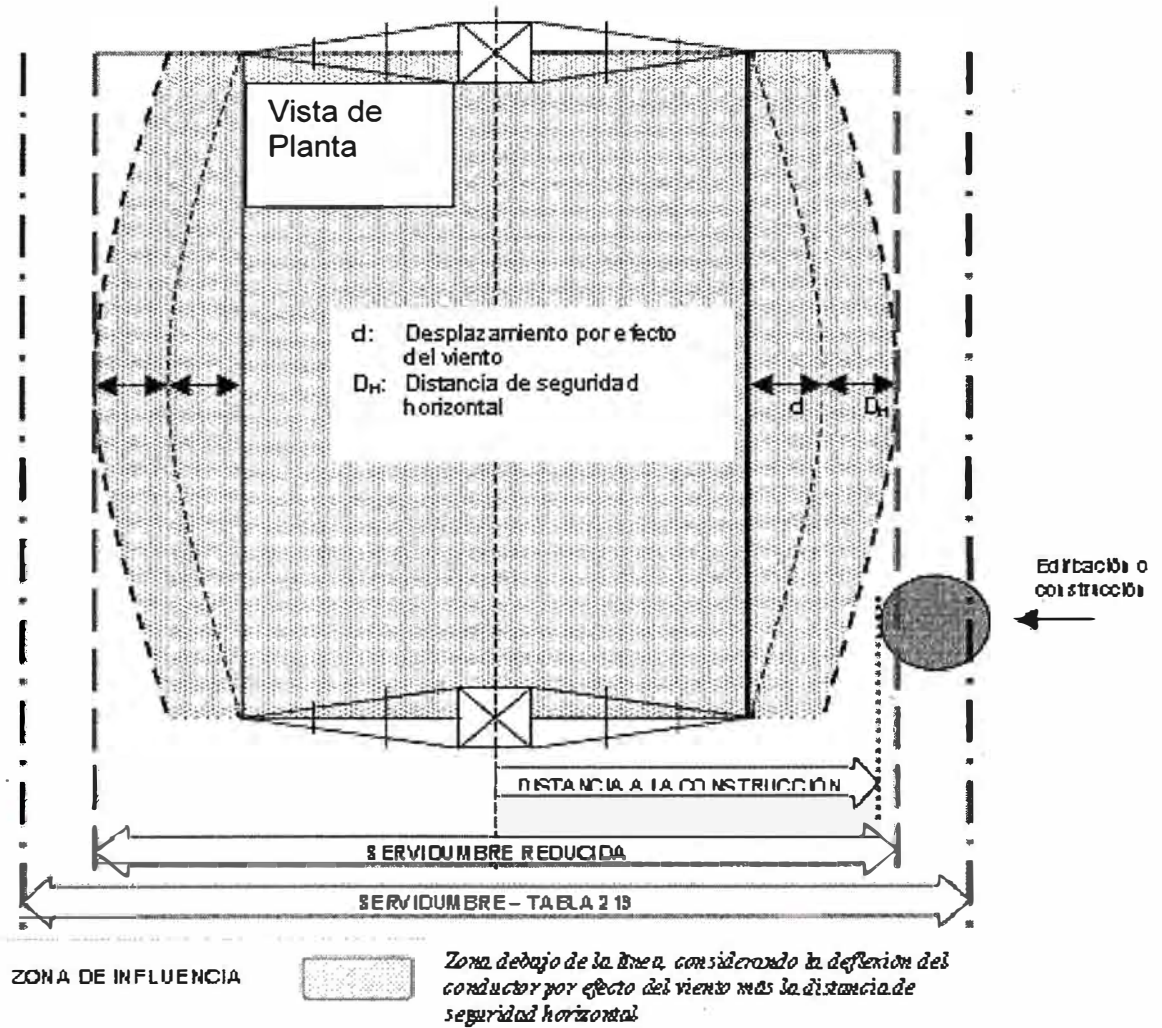


Figura 3.23: Esquema zona de influencia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El presente informe de suficiencia plantea el problema de la invasión de las fajas de servidumbre de líneas de transmisión por edificaciones o construcciones de dominio privado; este problema es importante porque trata de salvaguardar la vida de las personas. En el informe se establece la servidumbre reduciendo el ancho indicado en la Tabla 219 del CNE-Suministro 2011, para lo cual se establece una Zona de Influencia que considera la desviación del conductor por efecto del viento más la distancia horizontal de seguridad, de acuerdo a la regla 219.B.6 del CNE-Suministro 2011, la cual no debe ser invadida por las edificaciones de dominio privado. Asimismo se ha demostrado que en los vanos analizados no se superan los valores máximos de exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60 Hz dados en la tabla de la Regla 212 del CNE-Suministro 2011.
2. El presente informe muestra la aplicación del software PLSCADD, para el cálculo de la desviación del conductor por efecto del viento y el cálculo de campos electromagnéticos. Además el cálculo de la desviación del conductor por efecto del viento del PLSCADD ha sido corroborada mediante un diagrama de cuerpo libre y cálculos mediante una hoja Excel, obteniéndose valores de distancias de desplazamiento del conductor por efecto del viento bastante aproximadas al software PLSCADD.
3. Los objetivos del presente informe han sido cumplidos, se presentaron 2 vanos de líneas de transmisión, en un vano se demostró que las viviendas que se encontraban dentro de la faja de servidumbre no afectan la Zona de Influencia y no se superan los valores máximos de exposición a campos electromagnéticos; calificando este vano como saneado, y en el otro caso se demostró que las edificaciones invaden la Zona de Influencia calificando este último vano como deficiente.
4. La incorporación de la regla 219.B.6. al CNE-Suministro 2011 permite a las empresas distribuidoras sanear sus vanos, a través de un estudio que verifique que no se afecta la zona de influencia y no se superan los valores máximos de exposición a campos electromagnéticos en líneas existentes de alta tensión. Un estudio representa generalmente el 10% de una obra, en caso los estudios indicaran que se cumple con

no afectar la zona de influencia la empresa distribuidora se estaría ahorrando el 90% de una eventual inversión entre las alternativas de soterramiento, variante de línea o retiro de construcciones que invaden la zona de influencia.

5. Las mediciones de campos electromagnéticos se encuentran muy por debajo de los valores máximos permitidos, alcanzando el 10.6% del valor máximo, se recomienda establecer distancias de seguridad que permitan fijar límites máximos de campos electromagnéticos establecidos en el CNE-Suministro 2011. Estas distancias de seguridad deberían ser establecidas como producto de mediciones de campos electromagnéticos en vanos donde no se encuentren edificaciones, sólo en este tipo de vanos se puede cumplir al 100% con las recomendaciones de medición del estándar IEEE Std 644-1944.

Las mediciones de los campos electromagnéticos se realizaron en el frontis de las viviendas que se encuentran a lo largo del vano, tratando de cumplir en la medida de lo posible con lo indicado en la norma IEEE Std 644-1994, es decir se trató de tener un radio de 2.5 metros sin obstáculos para el caso de las mediciones de campo eléctrico, lo indicado anteriormente no es necesario para la medición de campos magnéticos. Las mediciones son realizadas sin presencia de lluvias de acuerdo a lo indicado en especificaciones del equipo, es la única restricción que se tuvo.

6. Se recomienda el uso del software PLSCADD el cual le da un respaldo al trabajo o estudio que se está realizando, debido a que este software toma en cuenta para sus cálculos procedimientos estandarizados por normas como las IEEEs.
7. Se recomienda que en el CNE-Suministro 2011 se especifique que, para las mediciones de campos electromagnéticos se debe considerar el contenido armónico, de acuerdo a lo indicado en el estándar IEEE Std 644-1944 (ítem 5.4.3 y 7.4.1), es decir que las mediciones no se realicen sólo para frecuencias de 60Hz según lo estipulado en el CNE-Suministro 2011, sino para un rango mayor de frecuencia para poder detectar la presencia como por ejemplo de la tercera armónica, la cual se encuentra a 180Hz, los equipos usados para las mediciones de campos electromagnéticos, como el NARDA modelo EFA-300, dan todas las facilidades para la medición de los armónicos, solamente se debe configurar el equipo para que pueda captar ondas electromagnéticas de mayores frecuencias. El contenido armónico de las líneas de transmisión hace que se obtengan mediciones más elevadas de campos electromagnéticos y es en base a estas mediciones que se deberían establecer las distancias de seguridad recomendadas en la conclusión 5.

ANEXOS

ANEXO A: Plano de Vista de Planta y Secciones

ANEXO B: Plano de Vista de Planta y Perfil

**ANEXO C: Reporte de Mediciones de Campos
Electromagnéticos a 1 metro sobre el nivel del piso**



Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones

TABLA 1.- MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

Ubicación	Ubicación Geográfica				E (kV/m)		Tipo de Exp.	Observaciones
	Coordenadas UTM Zona 18 L				RMS 60 Hz	% ICNIRP 5Hz-32kHz		
V20_01	269512	E	8667504	N	0.02842	14.65%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 1 y 2: Av. Abancay Mz. K.Lt. 12/13, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_02	269488	E	8667501	N	0.03884	14.47%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 3 y 4: Av. Abancay Mz. J.Lt. 2/3, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_03	269476	E	8667501	N	0.05119	13.78%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 5 y 6: Av. Abancay Mz. J.Lt. 4/5, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_04	269442	E	8667506	N	0.07750	14.58%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 7, 8 y 9: Av. Abancay Mz. J.Lt. 6/7/8, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_05	269416	E	8667507	N	0.06046	14.39%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 10 y 11: Av. Abancay Mz. J.Lt. 9/10, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_06	269398	E	8667499	N	0.06435	14.15%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 12 y 13: Av. Abancay Mz. J.Lt. 11/12, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_07	269315	E	8667533	N	0.04167	14.17%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 14 y 15: Av. Abancay Mz. J.Lt. S/N, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_08	269337	E	8667519	N	0.01830	14.78%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 16 y 17: Av. Abancay Mz. J.Lt. S/N, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.

E_{rms} (kV/m): 60Hz Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz
 E_{rms} (kV/m): 5Hz-32kHz Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP [98]
 $\% E_{exp}$: 5Hz-32kHz Valor medido de la exposición a la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP [98]

TABLA 2.- MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Ubicación	Ubicación Geográfica				B (μT)		Tipo de Exp.	Observaciones
	Coordenadas UTM Zona 18 L				RMS 60 Hz	% ICNIRP 5Hz-32kHz		
V20_01	269512	E	8667504	N	0.5543	1.012%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 1 y 2: Av. Abancay Mz. K.Lt. 12/13, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_02	269488	E	8667501	N	0.7192	1.191%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 3 y 4: Av. Abancay Mz. J.Lt. 2/3, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_03	269476	E	8667501	N	0.773	1.214%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 5 y 6: Av. Abancay Mz. J.Lt. 4/5, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_04	269442	E	8667506	N	0.8883	1.345%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 7, 8 y 9: Av. Abancay Mz. J.Lt. 6/7/8, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_05	269416	E	8667507	N	0.9648	1.421%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 10 y 11: Av. Abancay Mz. J.Lt. 9/10, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_06	269398	E	8667499	N	0.9426	1.414%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 12 y 13: Av. Abancay Mz. J.Lt. 11/12, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_07	269315	E	8667533	N	0.615	1.023%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 14 y 15: Av. Abancay Mz. J.Lt. S/N, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.
V20_08	269337	E	8667519	N	0.5748	0.965%	Poblacional	Vano 20: P11-P12 de la línea L-623 (60 kV). Viviendas 16 y 17: Av. Abancay Mz. J.Lt. S/N, Urb. Bella Unión - Callao. Medición a 2.5 metros del frente de las viviendas.

B_{rms} (μT): 60Hz Valor rms de la inducción magnética medida en 60Hz
 B_{rms} (μT): 5Hz-32kHz Valor rms de la inducción magnética medida en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP [98]
 $\% B_{exp}$: 5Hz-32kHz Valor medido de exposición a la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP [98]



TABLA 3.-EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

Ubicación	Coordenadas UTM Zona 18 L		E_{rms} (kV/m): 60Hz	% $E_{VME,CNE}$ 60Hz	% $E_{5-32KHz}$	EVALUACIÓN
V20_01	269512	E 8667504	N 0.02842	0.68%	14.65%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_02	269488	E 8667501	N 0.03884	0.92%	14.47%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_03	269476	E 8667501	N 0.06119	1.46%	13.78%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_04	269442	E 8667506	N 0.07750	1.85%	14.58%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_05	269416	E 8667507	N 0.06046	1.44%	14.19%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_06	269398	E 8667499	N 0.06435	1.53%	14.15%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_07	269345	E 8667533	N 0.04167	0.99%	14.17%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_08	269337	E 8667519	N 0.01830	0.44%	14.76%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL

E_{rms} (kV/m): 60Hz Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

% $E_{VME,CNE}$ 60Hz Relación entre el valor de la medición de la intensidad de campo eléctrico y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 4.2 kV/m y el VMP para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 8.3 kV/m

% $E_{5-32KHz}$ Valor de la medición de la exposición de la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNRP (98)

VME: Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 037-2006-MEM/DM.

CNE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 214-2011-MEM/DM.

TABLA 4.-EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A LA INDUCCION MAGNÉTICA

Ubicación	Coordenadas UTM Zona 18 L		B_{rms} (μT): 60Hz	% $B_{VME,CNE}$ 60 Hz	% $B_{5-32KHz}$	EVALUACIÓN
V20_01	269512	E 8667504	N 0.5543	0.67%	1.01%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_02	269488	E 8667501	N 0.7192	0.86%	1.19%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_03	269476	E 8667501	N 0.7730	0.93%	1.21%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_04	269442	E 8667506	N 0.8883	1.07%	1.32%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_05	269416	E 8667507	N 0.9648	1.16%	1.42%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_06	269398	E 8667499	N 0.9425	1.13%	1.41%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_07	269345	E 8667533	N 0.6150	0.74%	1.03%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V20_08	269337	E 8667519	N 0.5746	0.69%	0.97%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL

B_{rms} (μT): 60Hz Valor rms de la inducción magnética medida en 60Hz

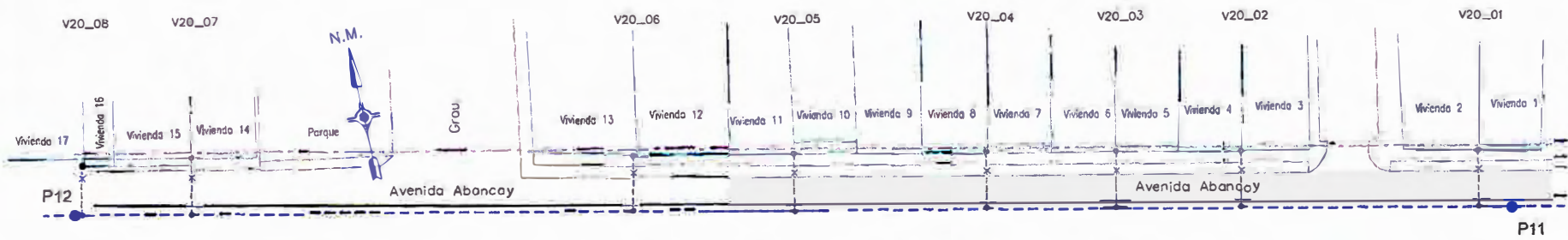
% $B_{VME,CNE}$ 60Hz Relación entre el valor de la medición de la inducción magnética y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 83.3μT y el VMP para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 416.7μT

% $B_{5-32KHz}$ Valor de la medición de la exposición de la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32KHz con respecto a la Rec. ICNRP (98)

VME: Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 037-2006-MEM/DM.

CNE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. N° 214-2011-MEM/DM.



Planta

Puntos de Medición	
Punto	Distancia al frente de la vivienda
V20_01	2.5 m
V20_02	2.5 m
V20_03	2.5 m
V20_04	2.5 m
V20_05	2.5 m
V20_06	2.5 m
V20_07	2.5 m
V20_08	2.5 m

Leyenda

Árboles	—
Vereda	—
Tierra	—
Límite de Propiedad	—
LP	—
Estación Fuera de Fase de Servidumbre	—
Eje de la LT	—
Faja de Servidumbre	—
Ejes de Medición	—
Punto de Medición	×

Nota:
1. 8 Ejes de Medición



Servicio de Elaboración de Proyectos AT..I.T. 60 KV	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTROELECTRÓNICA	Vano P11 - P12 de la L-623 Plano Puntos de Medición	Vano Nro.20
	Estudios de Ingeniería de Vanos de Líneas de Transmisión		Octubre 2012 C.C.A. - 12300

**ANEXO D: Reporte de Mediciones de campos
Electromagnéticos en azotea de edificaciones**



Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones

TABLA 1.- MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

Ubicación	Ubicación Geográfica				E (kV/m)		Tipo de Exp.	Observaciones
	Coordenadas UTM Zona 18 L				RMS 60 Hz	% ICNIRP 5Hz-32kHz		
V17_C1	275093	E	8668389	N	0.2173	16.83%	Poblacional	Vano 17: T25-P26 de la línea L-622 (60 kV). Vivienda 4 - Azotea (4to piso): Pasaje Ayllu 297 /esquina Av. Nicolás Dueñas, cdra. 2 - Cercado de Lima
V13_C2	275104	E	8668329	N	0.0451	14.41%	Poblacional	Vano 13: P26-P27 de la línea L-622 (60 kV). Vivienda 1 - Azotea (4to piso): Av. Nicolás Dueñas 319 - Cercado de Lima
V23_C3	270121	E	8667420	N	0.4108	20.09%	Poblacional	Vano 23: P7-P8 de la línea L-623 (60 kV). Vivienda 14 - Azotea (4to piso): Av. Abancay, Mz. Z. Urb. Santa Cruz - Callao
V24_C4	269908	E	8667461	N	0.2342	16.88%	Poblacional	Vano 24: P8-P9 de la línea L-623 (60 kV). Vivienda 16: Azotea (5to piso) de Institución Educativa Primaria Bella Unión: Av. Abancay, cdra 3, Urb. Bella Unión - Callao

E_{60} (kV/m): 60 Hz Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz
 E_{5-32} (kV/m): 5Hz-32kHz Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP [98]
 $\%E_{exp}$: 5 Hz-32kHz Valor medido de la exposición a la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP [98]

TABLA 2.- MEDICIONES DE EXPOSICIÓN A LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Ubicación	Ubicación Geográfica				B (μT)		Tipo de Exp.	Observaciones
	Coordenadas UTM Zona 18 L				RMS 60 Hz	% ICNIRP 5Hz-32kHz		
V17_C1	275093	E	8668389	N	10.08	13.570%	Poblacional	Vano 17: T25-P26 de la línea L-622 (60 kV). Vivienda 4 - Azotea (4to piso): Pasaje Ayllu 297 /esquina Av. Nicolás Dueñas, cdra. 2 - Cercado de Lima
V13_C2	275104	E	8668329	N	5.451	6.848%	Poblacional	Vano 13: P26-P27 de la línea L-622 (60 kV). Vivienda 1 - Azotea (4to piso): Av. Nicolás Dueñas 319 - Cercado de Lima
V23_C3	270121	E	8667420	N	1.896	2.409%	Poblacional	Vano 23: P7-P8 de la línea L-623 (60 kV). Vivienda 14 - Azotea (4to piso): Av. Abancay, Mz. Z. Urb. Santa Cruz - Callao
V24_C4	269908	E	8667461	N	2.107	2.561%	Poblacional	Vano 24: P8-P9 de la línea L-623 (60 kV). Vivienda 16: Azotea (5to piso) de Institución Educativa Primaria Bella Unión: Av. Abancay, cdra 3, Urb. Bella Unión - Callao

B_{60} (μT): 60Hz Valor rms de la inducción magnética medida en 60Hz
 B_{5-32} (μT): 5Hz-32kHz Valor rms de la inducción magnética medida en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP [98]
 $\%B_{exp}$: 5Hz-32kHz Valor medido de exposición a la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP [98]



Instituto Nacional de Investigación y Capacitación de Telecomunicaciones

TABLA 3.- EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A LA INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

Ubicación	Coordenadas UTM Zona 18 L			E_{rms} (kV/m): 60Hz	% $E_{VME_{CNE}}$ 60Hz	% E_{CNE} 5Hz-32kHz	EVALUACIÓN	
V17_C1	275093	E	8668389	N	0.2173	5.17%	16.83%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V13_C2	275104	E	8668329	N	0.0451	1.07%	14.41%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V23_C3	270121	E	8667420	N	0.4108	9.78%	20.09%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V24_C4	269908	E	8667161	N	0.2342	5.58%	16.88%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL

E_{rms} (kV/m): 60Hz Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en 60Hz

% $E_{VME_{CNE}}$ 60Hz Relación entre el valor de la medición de la intensidad de campo eléctrico y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 4.2 kV/m y el VMP para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 8.3 kV/m

% E_{CNE} 5Hz-32kHz Valor de la medición de la exposición de la intensidad de campo eléctrico en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

VME: Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. Nº 037-2006-MEM/D.M.

CNE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. Nº 214-2011-MEM/D.M.

TABLA 4.- EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A LA INDUCCION MAGNÉTICA

Ubicación	Coordenadas UTM Zona 18 L			B_{rms} (µT): 60Hz	% $B_{VME_{CNE}}$ 60 Hz	% B_{CNE} 5Hz-32kHz	EVALUACIÓN	
V17_C1	275093	E	8668389	N	10.08	12.10%	13.57%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V13_C2	275104	E	8668329	N	5.451	6.54%	6.85%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V23_C3	270121	E	8667420	N	1.896	2.28%	2.41%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL
V24_C4	269908	E	8667461	N	2.107	2.53%	2.56%	NO SUPERA EL VME POBLACIONAL

B_{rms} (µT): 60Hz Valor rms de la inducción magnética medida en 60Hz

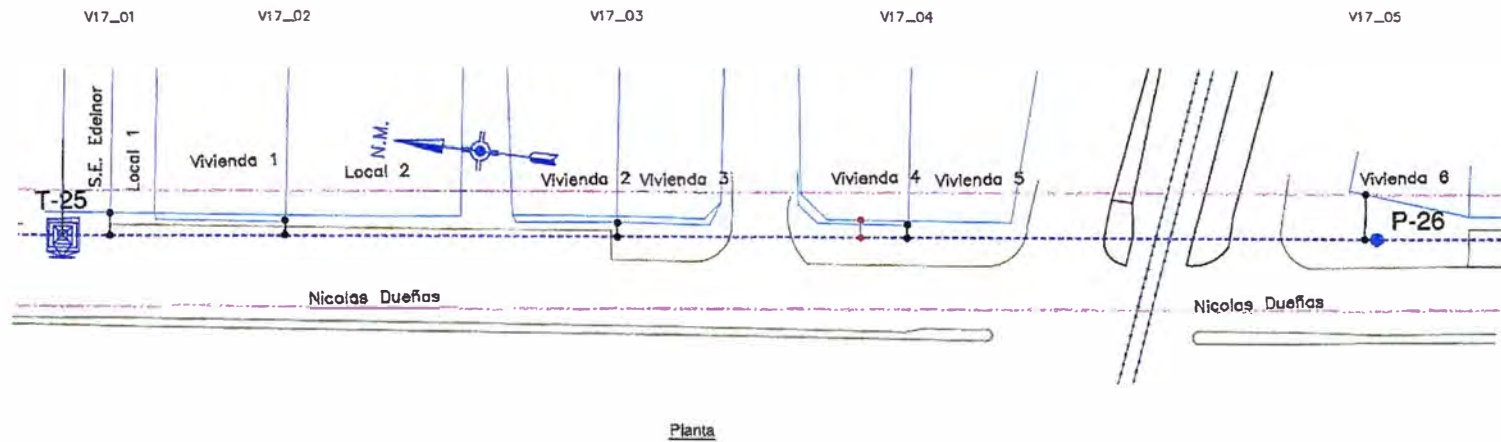
% $B_{VME_{CNE}}$ 60Hz Relación entre el valor de la medición de la inducción magnética y el Valor Máximo de Exposición. El VME para Exposición Poblacional en 60Hz es 83.3µT y el VMP para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 416.7µT

% B_{CNE} 5Hz-32kHz Valor de la medición de la exposición de la inducción magnética en el rango desde 5Hz hasta 32kHz con respecto a la Rec. ICNIRP (98)

VME: Valor Máximo de Exposición

CNE UTILIZACION Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. Nº 037-2006-MEM/D.M.

CNE SUMINISTRO Establece el Valores Máximos de Exposición a Campos Eléctricos y Magnéticos a 60Hz mediante R.M. Nº 214-2011-MEM/D.M.



Leyenda

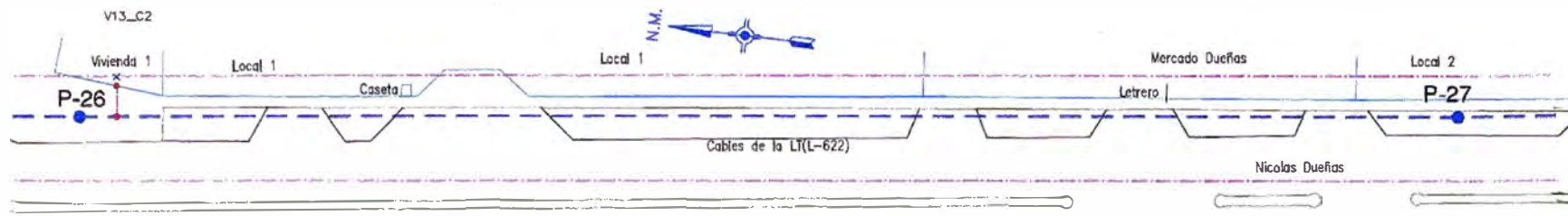
Pista	—
Vereda	—
Tierra	—
Límite de Propiedad	—
LP	—
Edificación Frente de	—
Faja de Servidumbre	—
Eje de la LT	—
Faja de Servidumbre	—
Eje de Medición	—
Punto de Medición	—

Puntos de Medición:	
Punto	Distancia al frente de la vivienda
V17_01	2.5 m
V17_02	2.5 m
V17_03	2.5 m
V17_04	2.5 m
V17_05	5.0 m

Nota:
1. 5 Ejes de Medición



Servicio de Elaboración de Proyectos AT.LT. 60 kV	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTROTECNIA	Vano T25 - P26 de la L-622 Plano Puntos de Medición	Vano Cálculo Int. 17 APODO. No. 020 No. 17 de REG. No. 00000000000000000000 OCTUBRE 2012 DIMA 1/500
	PROYECTO: Estudios de Ingeniería de Vano de Líneas de Transmisión		



Planta

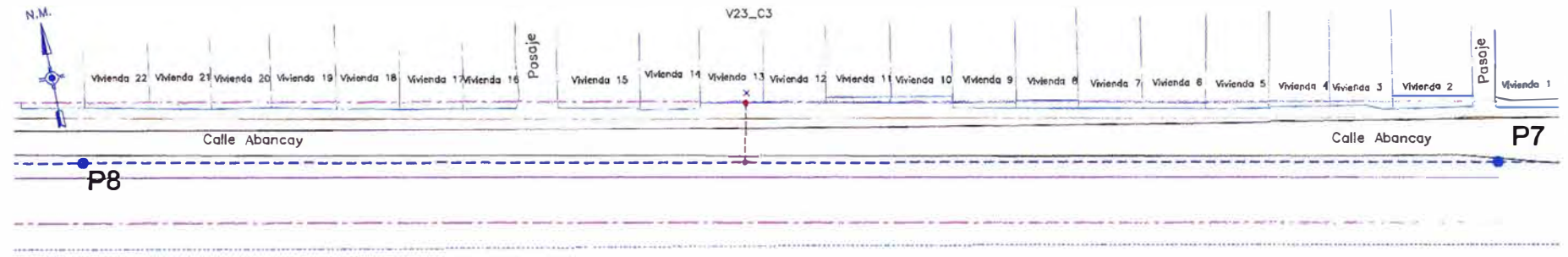
Puntos de Medición	
Valor	Distancia al frente de la vivienda
V13_C2	1.0 m

Leyenda	
Planta	—
Vivienda	—
Local	—
Límite de Propiedad	—
LP	—
Edificación Fuera de	—
Faja de Servidumbre	—
Eje de la LT	—
Faja de Servidumbre	—
Ejes de Medición	—
Punto de Medición	X

Nota:
1. 2 Ejes de Medición



Servicio de Elaboración de Proyectos AT, LT, 60 kV	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	VANO P26 - P27 de la L-622 Plano Punto de Medición	Vano Civil No. 13
	PROYECTO: Estudios de Ingeniería de Vares de Líneas de Transmisión		FECHA: 08 de Octubre 2012 ESCALA: 1/500



Planta

Leyenda

Plata	—
Vereda	—
Tierra	—
Límite de Propiedad	—
EP	—
Edificación Fuera de	—
Faja de Servidumbre	—
Eje de la LI	—
Faja de Servidumbre	—
Ejes de Medición	—
Punto de Medición	×

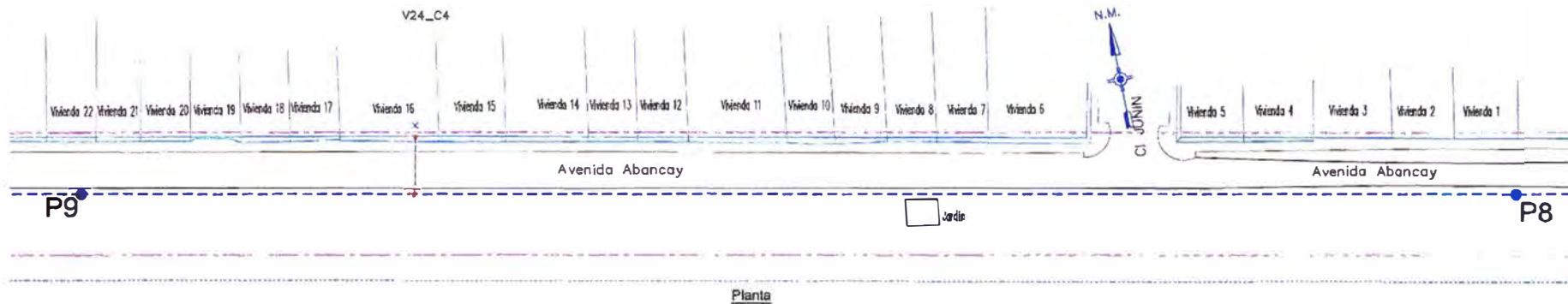
Puntos de Medición

Punto	Distancia al frente de la vivienda
V23_C3	1.0 m

Nota:
1. 11 Ejes de Medición



Servicio de Elaboración de Proyectos AT-LT. 60 kV	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA	Vano P7 - P8 de la L-623 Plano Punto de Medición	Vano Crítico Nro.23
	PROYECTO: Estudios de Ingeniería de Vanos de Líneas de Transmisión		FECHA: Octubre 2012 ESCALA: 1/300



Legenda

Foto	
Vereda	
Tierra	
Límite de Propiedad	
LP	
Edificación Fuera de	
Faja de Servidumbre	
Eje de la LT	
Faja de Servidumbre	
Eje de Medición	
Punto de Medición	X

Puntos de Medición

Punto	Distancia al frentis de la vivienda
V24_C4	1.0 m

Nota:
1. 12 Ejes de Medición



Servicio de Elaboración de Proyectos AT..T. 60 kV	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	Vano P8 - P9 de la L-623 Plano Punto de Medición	Vano Crítico No.24 MODELO: 1000 0000 0000 FECHA: Octubre 2012 ESCALA: 1/500
	PROYECTO: Estudio de Ingeniería de Vanos de Líneas de Transmisión		

ANEXO E: Plano de Vista de Planta – Vano 14

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Energía y Minas, “Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011(CNE 2011)”, MINEM – Perú, 2011.
- [2] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, “Procedimiento para la Supervisión de Deficiencias en Seguridad en Líneas de Transmisión y en Zonas de Servidumbre, Procedimiento OSINERGMIN N° 264-2005.OS/CD y Modificatorias”, OSINERGMIN – Perú, 2005.
- [3] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, “Proyecto de Modificación del Procedimiento en Seguridad en Líneas de Transmisión y en Zonas de Servidumbre, Resolución de Consejo Directivo OSINERGMIN N° 160-2012-OS/CD”, OSINERGMIN – Perú 2012.
- [4] Gas Natural Fenosa, “Cálculo y diseño de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, Aplicación al Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT RD 223/2008 de 15 de Febrero)”, Garceta Editorial – España, 2008.
- [5] Ing. Bautista Juan Bautista Ríos, “Líneas de Transmisión de Potencia Volumen I: Aspectos Mecánicos y Conductores – Pre Edición 2001”, Lima-Perú, 2001
- [6] IEEE, “644-1944 - IEEE Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields From AC Power Lines”, IEEE, 1995
- [7] IEEE, “738-2006 - IEEE Standard for Calculating the Current Temperature of Bare Overhead Conductors”, IEEE, 2007