ANEXO XXIII. ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

PROYECTO

PARQUE SOLAR EL VALLE Y LÍNEA DE TRANSMISIÓN 1X110 KV

NOVIEMBRE 2026

EL VALLE SPA

SOCOAM - Sociedad de Consultoría Ambiental Ltda.
Fono: (56-32) 2683222
contacto@socoam.cl
www.socoam.cl

INFORME

ESTUDIO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

PARQUE SOLAR EL VALLE Y LÍNEA DE TRANSMISIÓN 1x110 KV

Nelson Morales Osorio

Septiembre 2026

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción 6
2. Objetivos 6
3. Metodología 7
4. Descripción del Proyecto 8
4.1 Parque Fotovoltaico y Sistema BESS 8
4.2 Línea de transmisión de media tensión 10
4.3 Subestación Elevadora 12
4.4 Línea de transmisión 110 kV 12
4.4.1 Línea de transmisión 110kV aérea 13
4.4.2 Línea de transmisión soterrada de 110kV 18
5. Campo Electromagnético en Alta Tensión 19
5.1 Normas de exposición humana a campos electromagnéticos de 50 Hz 20
5.2 Normativa de referencia para Radio interferencia 22
6. Campo electromagnético generado por Parque Fotovoltaico y Sistema BESS 22
7. Campo electromagnético generado por red MT 23
8. Campo electromagnético generado por la Subestación 25
8.1 Campo generado por paños de línea 25
8.2 Campo electromagnético generado por transformador 33/110 kV, 210MVA 28
9 Campos generados por la línea de transmisión de 110kV 30
9.1 Línea de transmisión aérea 30
9.2 Línea de transmisión soterrada 30
10 Radio interferencia generada por la línea de 110 kV aérea 32
11 Interacción con fuentes existentes 32
12 Campo en Receptores 35
13. Síntesis de resultados 36
14. Área de estudio 38
15. Conclusión 39
Referencias 41
APÉNDICE 1 42
Cálculo de campo eléctrico e inducción magnética generado por la línea de transmisión aérea 42
A1.1 Estructura S110, altura conductor 13.75m 43
A1.2 Estructura A110.30, altura conductor 11.25 45
A1.3 Estructura A110.75, altura conductor 12.50 47
A1.4 Estructura A110.90, altura conductor 11.25 49

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

A1.5 Estructura R110T, altura poste 13,75 51
APÉNDICE 2 53
CÁLCULO DE RADIO INTERFERENCIA DE LA LÍNEA 53
A2.1 Estructura S110, altura poste 13.75m 53
A2.3 Estructura TA110.6, altura poste 13,75 56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proyecto Parque Solar El Valle y línea de transmisión 1x110 KV 6
Figura 2 Parque Fotovoltaico Proyecto Solar El Valle 9
Figura 3 Sistema BESS 10
Figura 4 Circuito MT desde Salas de Celdas hacia lado 33kV del transformador 11
Figura 5 Dimensiones zanja MT ocho circuitos 11
Figura 6 Esquema Subestación 33/110kV 12
Figura 7 Línea de 110kV PS El Valle – SE La Estrella 13
Figura 8 Estructura de suspensión S110 14
Figura 9 Estructura de remate AR110.75 15
Figura 10 Estructura de anclaje /remate A110.30 16
Figura 12 Estructura de remate TA 110.60 17
Figura 13 Estructura de remate para transición aéreo subterráneo R110T 18
Figura 14 Trazado de línea soterrada e instalaciones existentes 19
Figura 15 Zanja representativa de línea soterrada 19
Figura 16 Malla de elementos finitos zanja de MT 24
Figura 17 Trayectoria para estudio de campos en la Subestación 26
Figura 18 Malla de elementos finitos para trayectoria A1-A2 27
Figura 19 Transformador de 150/20 KV, 100MVA [8] 29
Figura 20 Campo eléctrico evaluado en el lado de 150kV del transformador 29
Figura 21 Malla de elementos finitos línea soterrada 31
Figura 22 Estructura líneas 2x110kV 33
Figura 23 Malla de elementos finitos en cruce de línea soterrada con línea 110kV 34
Figura 24 Ubicación Receptores 35
Figura 25 Área de Influencia CE 39
Figura 26. Malla de elementos finitos estructura S110, H13.75 43
Figura 27 Malla de elementos finitos, estructura A110.30, H 11.25 45
Figura 28. Malla de elementos finitos, estructura A110.75, H 12.50 47
Figura 29 Malla de elementos finitos, Estructura A110.90, H 11.25 49
Figura 30 Malla de elementos finitos, estructura R110T, H 13.75 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características generales de las estructuras 13
Tabla 3 Límites internacionales según país para campo eléctrico e inducción magnética 21
Tabla 4 Nivel de Radio interferencia aceptable a 0,5 MHz. 22
Tabla 5 Variación de la inducción magnética con distancia al transformador de 8.800 kVA 23
Tabla 6 Variación de la inducción magnética con distancia al transformador de 5.140 kVA 23
Tabla 7 Magnitudes de campo en borde de la subestación 28
Tabla 8 Variación de la inducción magnética con distancia al transformador de 210MVA 30
Tabla 9 Magnitud de campos a 1m sobre el suelo generado por línea aérea 30
Tabla 10 Inducción magnética generada por línea de 110kV soterrada 32

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Tabla 11 Radio interferencia de línea de 110kV soportada por distintas estructuras 32
Tabla 12 Inducción magnética en cruce con línea de 110kV 35
Tabla 13 Ubicación Receptores y su distancia a instalaciones del Proyecto 36
Tabla 14 Resumen de valores resultantes de campo electromagnético. 36
Tabla 15. Resultados de Radio interferencia. 37
Tabla 16. Características y ubicación de conductores Estructura S110 53
Tabla 17 Radio interferencia según norma 54
Tabla 18 Características y ubicación de conductores Estructura A110.30 55
Tabla 19 Radio Interferencia según norma 56
Tabla 20 Características y ubicación de conductores Estructura TA110.6 57
Tabla 21. Radio interferencia según norma 59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

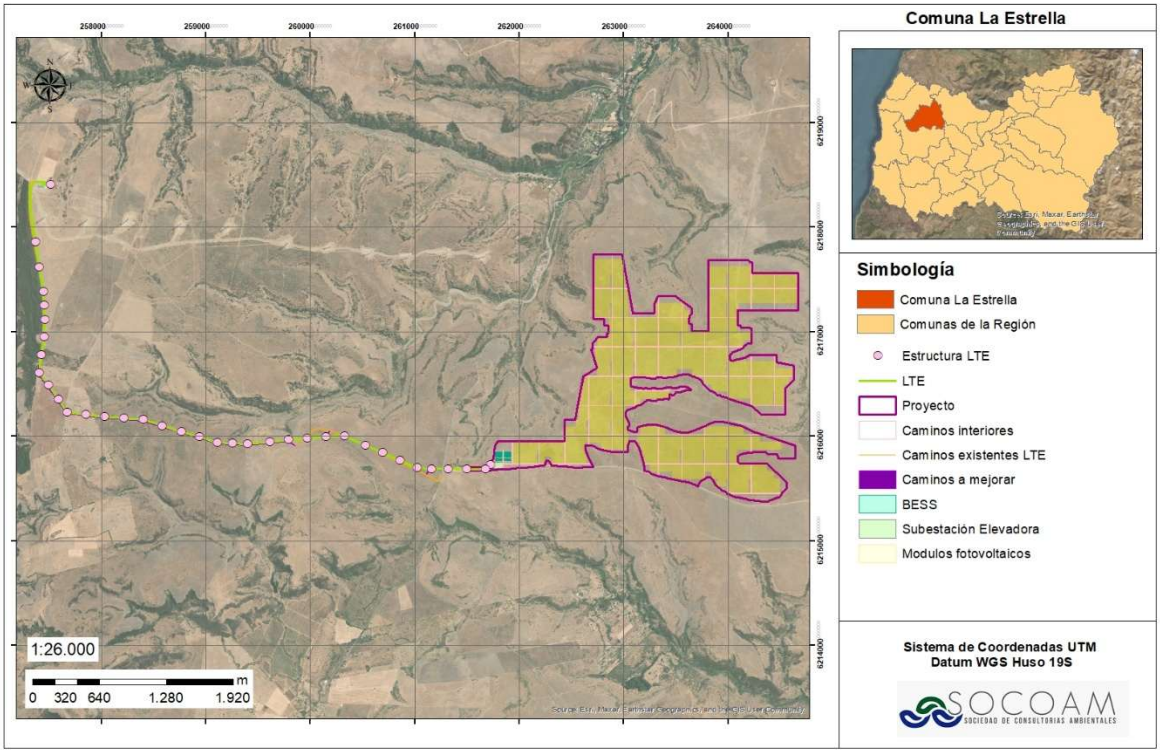
Gráfico 1. Inducción magnética en torno a zanja de MT 25
Gráfico 2. Campo eléctrico a 1m sobre el suelo en trayectoria A1-A2 27
Gráfico 3 Inducción magnética a 1m sobre el suelo en trayectoria A1-A2 28
Gráfico 4. Magnitud de inducción magnética a 1m de altura sobre el suelo 31
Gráfico 5. Magnitud de inducción magnética a 1 m sobre el suelo en cruce 34
Gráfico 6. Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, estructura S110, H13.75 43
Gráfico 7 Inducción magnética a 1m sobre el suelo, estructura S110, H13.75 44
Gráfico 8 Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, Estructura A110.30 45
Gráfico 9. Inducción magnética a 1m sobre el suelo, Estructura A110.30 46
Gráfico 10 Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, estructura A110.75, H 12.50 47
Gráfico 11 Inducción magnética a 1m sobre el suelo, estructura A110.75, H 12.50 48
Gráfico 12 Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, estructura A110.90, H 11.25 49
Gráfico 13 Inducción magnética a 1m sobre el suelo, estructura A110.90, H 11.25 50
Gráfico 14 Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, estructura R110T, H 13.75 51
Gráfico 15 Inducción magnética a 1m sobre el suelo, estructura R110T, H 13.75 52
Gráfico 16. Variación de RI con la distancia 54
Gráfico 17. Variación de RI con distancia 56
Gráfico 18 Variación de RI con la distancia 59

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

1. Introducción

El Proyecto **Parque Solar El Valle y Línea de Transmisión 1x110 kV** comprende como instalaciones eléctricas principales, un parque fotovoltaico con una potencia instalada de 210,89 MWp, un Sistema de almacenamiento de energía en baterías (Sistema BESS) con una capacidad instalada de 842,5 MWh, una subestación elevadora de 33/110kV y una línea de transmisión de 110 kV de 6,7 km de longitud que conectará estas instalaciones con la Subestación La Estrella. El Proyecto se ubica en la comuna de La Estrella, Provincia de Cardenal Caro, Región del Libertador General Bernardo O´Higgins.

Figura 1 Proyecto Parque Solar El Valle y línea de transmisión 1x110 KV



Fuente: Elaboración propia

2. Objetivos

Este Informe presenta una estimación de los campos electromagnéticos de baja frecuencia y alta frecuencia que pueden generarse en el entorno de las instalaciones del Proyecto Parque Solar El Valle y línea de transmisión 1x110 KV durante su operación, con el propósito de evaluar el cumplimiento de la normativa vigente respecto de la componente campos electromagnéticos y comprobar que no representa riesgo para las personas. El área de estudio considera por lo tanto el área comprendida por las instalaciones del parque fotovoltaico, el sistema BESS, la subestación

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

elevadora más la franja de servidumbre de la línea de transmisión, en toda su extensión. Los objetivos específicos son:

- Efectuar una evaluación del campo eléctrico y del campo magnético de frecuencia industrial generado por las instalaciones del parque fotovoltaico, el sistema BESS, la subestación elevadora y la línea de transmisión,
- Evaluar radio interferencia generada por la línea de 110kV,
- Calcular campo electromagnético en interacción con instalación existente,
- Evaluar magnitudes de campo electromagnético en la ubicación de receptores cercanos,
- Concluir respecto del cumplimiento normativo de las instalaciones del Proyecto referente a los campos electromagnéticos de baja y alta frecuencia generados por sus instalaciones y la seguridad de las personas.

3. Metodología

Se describe en primer lugar las características generales de las instalaciones eléctricas principales del Proyecto, pertinentes al estudio. Se presenta luego las normas aplicables en Chile para la exposición humana a campos electromagnéticos de 50 Hz, [2], [3], el criterio de seguridad del SEIA [4] y la norma internacional referente a generación de radio interferencia [6] con el propósito de confrontar estos valores con las estimaciones realizadas y evaluar el efecto de las nuevas instalaciones desde el punto de vista técnico de cumplimiento normativo y de seguridad para las personas.

Con apoyo de información recopilada en base a la bibliografía técnica, se entrega la estimación de los valores del campo eléctrico y del campo magnético de frecuencia industrial generados por los equipos concentrados que presenta el Proyecto, (transformadores, en particular).

Luego se desarrolla una modelación de las estructuras y conductores de la subestación y de la línea, mediante la aplicación del software QuickField, [1], que utiliza el método de elementos finitos, para obtener el campo eléctrico y el campo magnético de baja frecuencia generado en el entorno de dichas instalaciones. El software utilitario QuickField, es un software de amplia aplicación en varias ramas de la ingeniería, como se puede observar en la página https://quickfield.info/es/appl.htm; el método es fácilmente adaptable a problemas de campo electromagnético, como también en transmisión de calor, mecánica de fluidos, etc.

En frecuencia 50Hz, el campo eléctrico se resuelve por las mismas metodologías de solución del campo estático, en QuickField existe la opción Electrostatic; el análisis se efectúa en un instante específico en que una fase se encuentra en su valor de voltaje máximo efectivo y por lo tanto, las otras dos fases se encuentran en el 50% negativo de este valor. En QuickField se tiene la opción de resolver campo magnético variable en el tiempo mediante la opción AC Magnetics, de modo que la corriente por las fases se entrega con módulo y ángulo. Las condiciones de borde para el campo

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

eléctrico son voltaje nulo en el contorno externo y en el plano de tierra y para el campo magnético, potencial magnético nulo en el contorno externo.

El método de los elementos finitos es muy usado debido a su generalidad y a la facilidad de introducir dominios de cálculo complejos en dos o tres dimensiones. El Método de elementos finitos permite obtener una solución numérica en un medio continuo sobre el que está propuesto un problema que obedece a ecuaciones diferenciales, fraccionándolo en un número elevado de subdominios denominados “elementos finitos” mediante un “generador de malla” incluido en el software QuickField.

En el caso particular de líneas de transmisión, por su simetría y la orientación de los campos generados, normalmente se puede limitar el análisis a un plano perpendicular a los conductores y se genera esta partición mediante triángulos, cuyo tamaño se adapta a las zonas donde se requiere mayor precisión con elementos de área menor. Normalmente se requiere mayor precisión a nivel del suelo, bajo los conductores, por lo tanto, en dicha zona se densifica los triángulos para discretización del dominio. Este procedimiento permite obtener el campo eléctrico y el campo magnético de baja frecuencia generado en el entorno de los conductores.

Los valores resultantes de campos se confrontan con los límites admisibles de normativas nacionales [3] e internacionales [2] y con el criterio definido por el SEIA respecto a radiación electromagnética y seguridad de las personas [4]. La evaluación de radio interferencia generada por la línea se confronta con el valor límite establecido para 110kV por la única norma internacional específica para radio interferencia generada por líneas de alta tensión [6].

4. Descripción del Proyecto

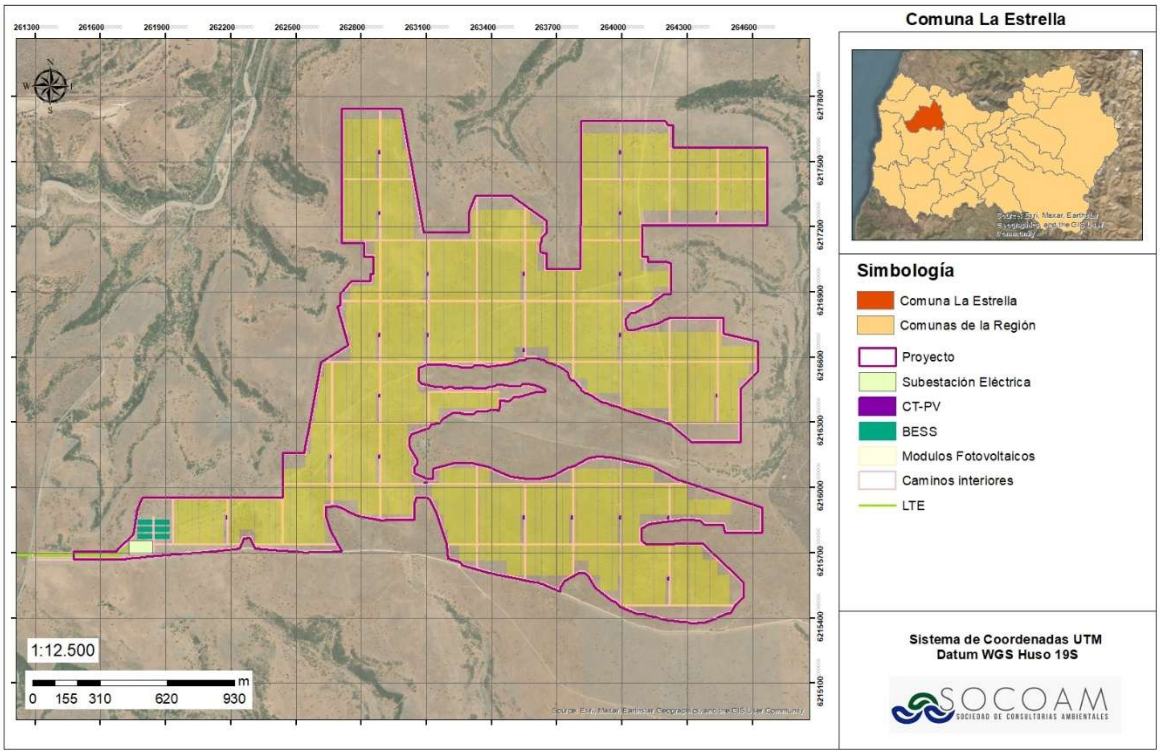
Se incluye a continuación una breve descripción de las instalaciones eléctricas principales del Proyecto, pertinentes al estudio.

4.1 Parque Fotovoltaico y Sistema BESS

El Parque Fotovoltaico incluye 340.140 módulos fotovoltaicos de 620 W de potencia cada uno, con una potencia instalada de 210,89 MWp y 23 Centros de Transformación con capacidad total de 202,4 MVA; la potencia de los transformadores del parque será 8,8 MVA.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Figura 2 Parque Fotovoltaico Proyecto Solar El Valle



Fuente: Elaboración propia.

El sistema BESS contendrá 168 contenedores totales y 42 Centros de Transformación con capacidad de 215,88 MVA totales, una capacidad instalada de las BESS 702,1 MWh (capacidad en el proceso de interconexión); la capacidad de reemplazo (del 20% de las BESS) será de 140,42 MWh, cuyo objetivo es mantener la capacidad instalada en el tiempo. La potencia de los transformadores del Sistema BESS será 5,140 MVA.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Figura 3 Sistema BESS



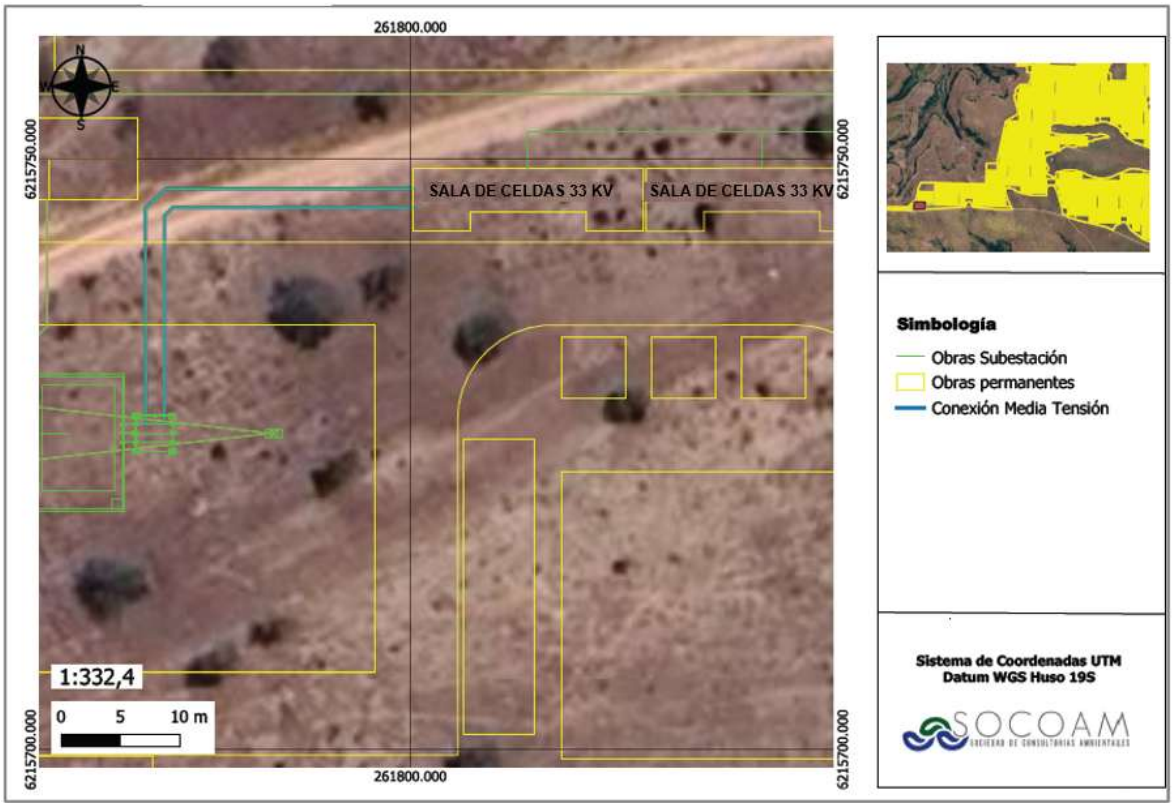
Fuente: Elaboración propia.

4.2 Línea de transmisión de media tensión

Desde las Salas de Celdas, donde se recibe o entrega la energía desde el parque fotovoltaico y el sistema BESS, esta energía se traslada a la subestación mediante líneas de media tensión subterráneas. En la Figura siguiente se presenta la conexión de MT desde las Salas de Celdas al transformador en el lado de 33 kV.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

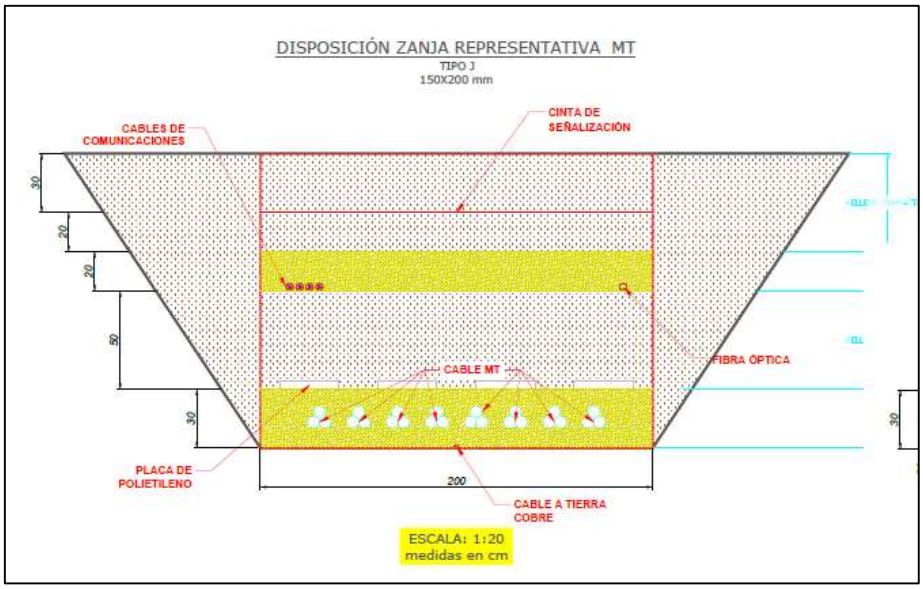
Figura 4 Circuito MT desde Salas de Celdas hacia lado 33kV del transformador



Fuente: Extracto Planimetría Anexo IV. Planimetría y KMZ de las Instalaciones de la DIA.

Para analizar la condición más desfavorable, en la siguiente Figura se ilustra, de forma referencial, las dimensiones de la zanja MT de ocho circuitos en 33 kV.

Figura 5 Dimensiones zanja MT ocho circuitos

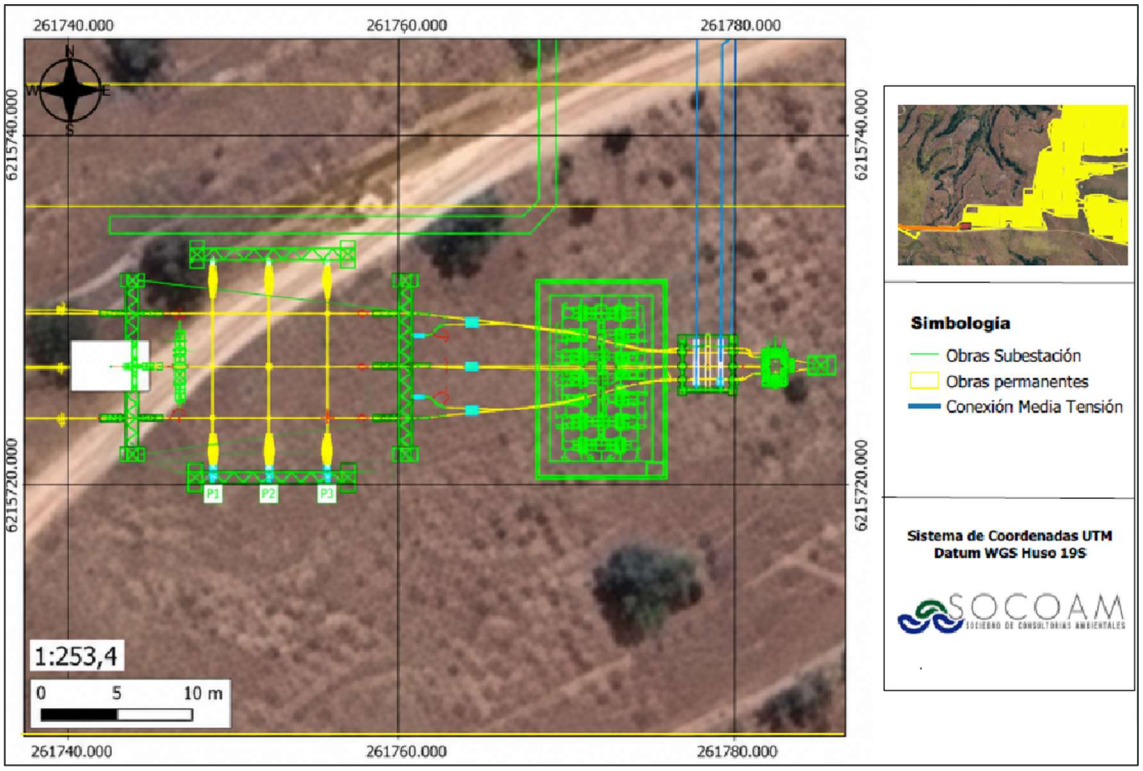


Fuente: Elaboración propia

4.3 Subestación Elevadora

La Subestación elevadora tendrá una configuración del tipo barra simple, con una potencia instalada de 210 MVA, tensión primaria de 33kV y secundaria de 110kV.

Figura 6 Esquema Subestación 33/110kV



Fuente: Extracto Planimetría Anexo IV. Planimetría y KMZ de las Instalaciones de la DIA.

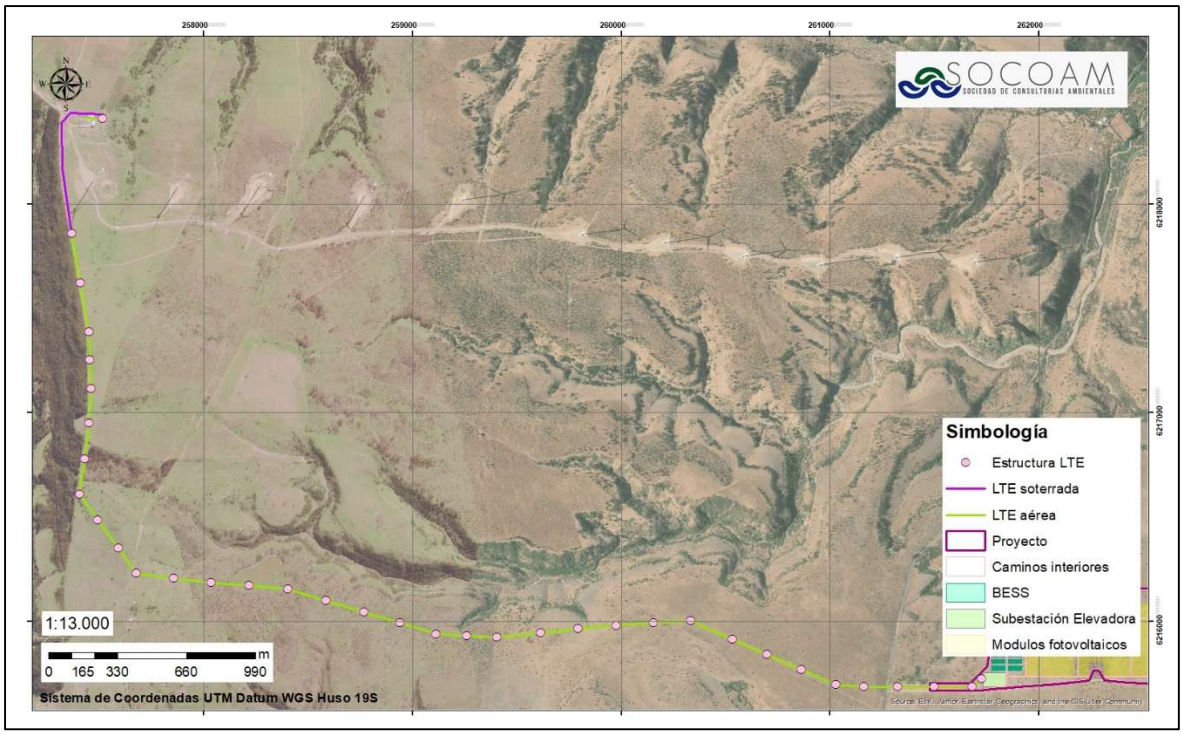
La Potencia nominal del Transformador general es 210 MVA, tensión primaria/secundaria de 33/110 kV. La subestación incluye los equipos normales: Interruptor, desconector, transformador de corriente, pararrayos en ambos lados, celdas de 33kV y un patio de maniobras de 110 kV.

4.4 Línea de transmisión 110 kV

La línea de transmisión tendrá una longitud aproximada de 6,7 km, con 6 km aéreos y 771 m soterrados; el tramo aéreo es de circuito simple, con un conductor por fase tipo AAAC GREELEY; el tramo soterrado considera cable aislado tipo XLPE-TR, con aislación de polietileno reticulado.

(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl

Figura 7 Línea de 110kV PS El Valle – SE La Estrella



Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Línea de transmisión 110kV aérea

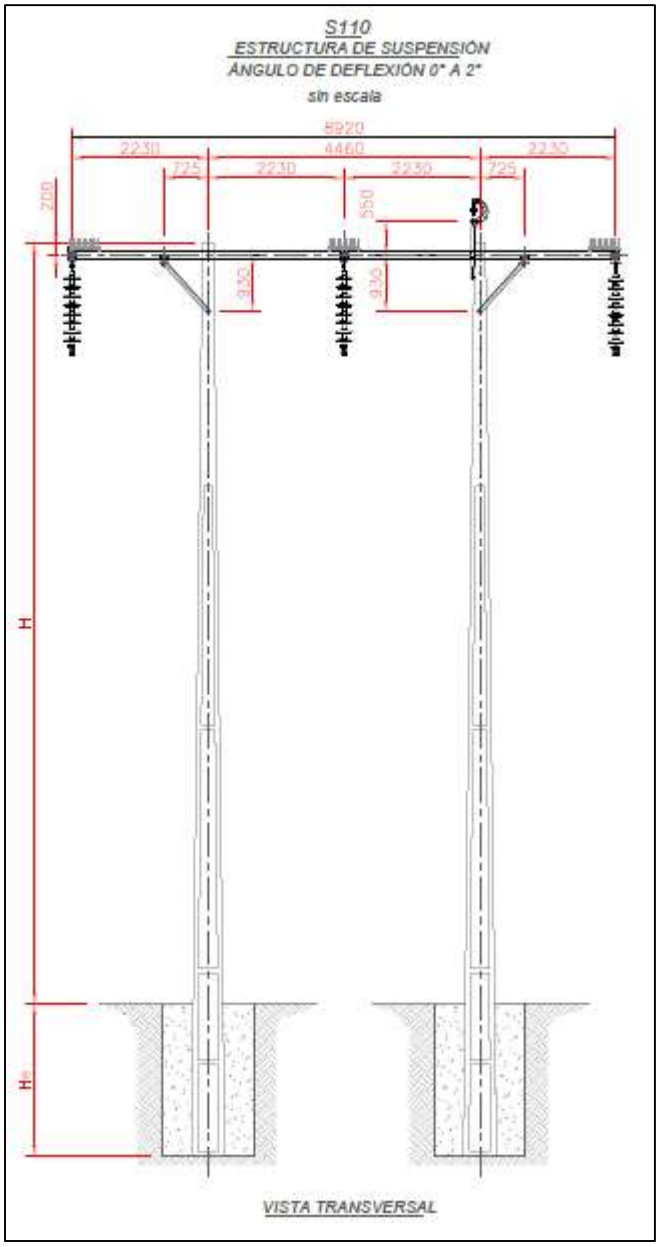
La línea aérea incluye 36 estructuras; en la siguiente Tabla se presentan sus características generales y en las Figuras siguientes las respectivas siluetas.

Tabla 1 Características generales de las estructuras

Tipo de estructura	Altura total poste	H(m)	He (m)	Ángulo de deflexión máxima (deg)	Número de postes por estructura
S110	16,50	13,75	2,75	0° - 2°	19
	18	15,00	3,00		
A110.30	13,50	11,25	2,25	0° - 30°	8
	15	12,50	2,50		
	16,50	13,75	2,75		
	18	15,00	3,00		
AR110.75	15	12,50	2,50	0° - 30° 30°-75°	2
	16,50	13,75	2,75		
	18	15,00	3,00		
TA110.60	16,50	13,75	2,75	0°	5

Fuente: Extracto Planimetría Anexo IV. Planimetría y KMZ de las Instalaciones de la DIA.

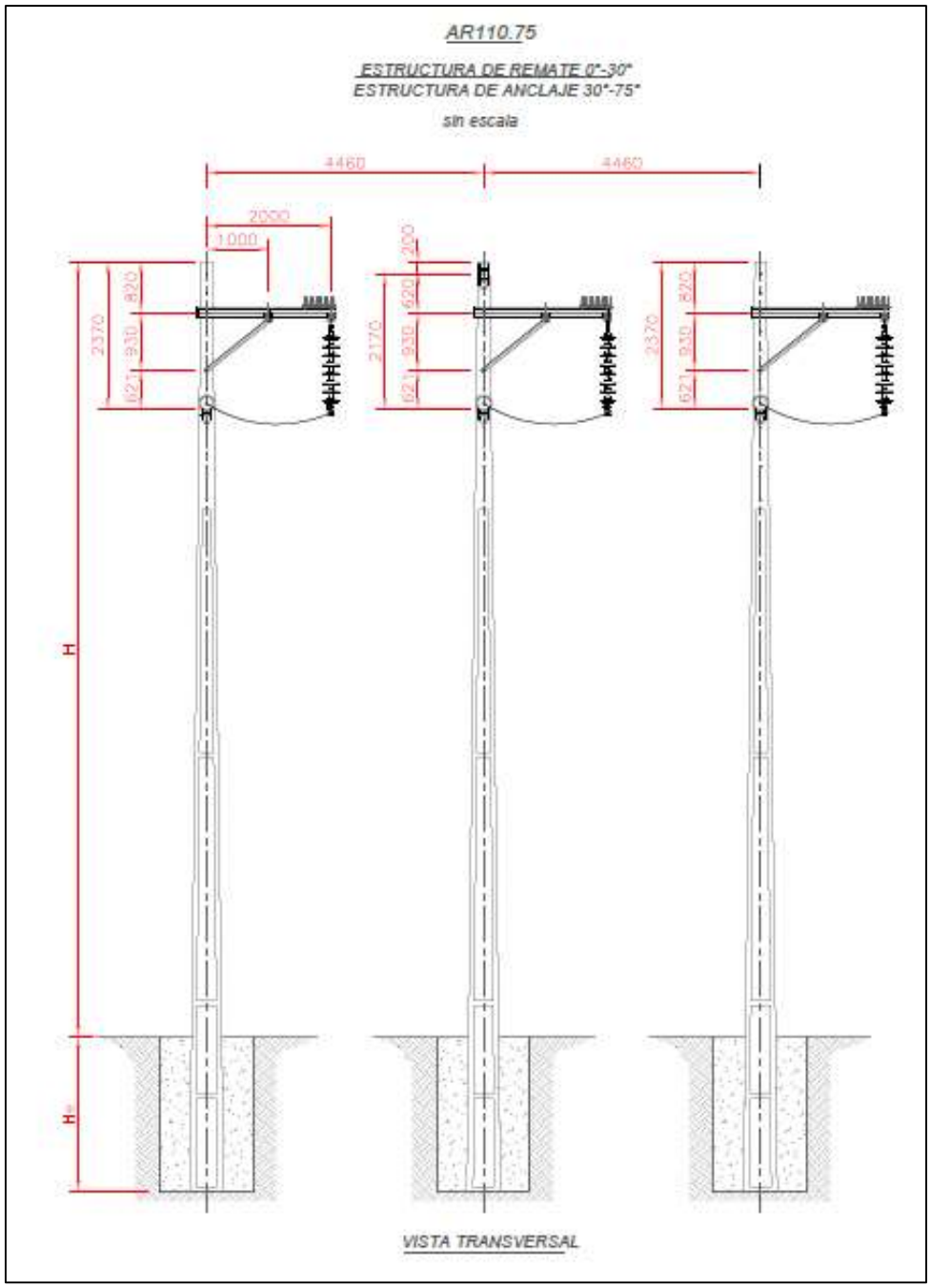
Figura 8 Estructura de suspensión S110



Fuente: Extracto Planimetría Anexo IV. Planimetría y KMZ de las Instalaciones de la DIA.

(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl

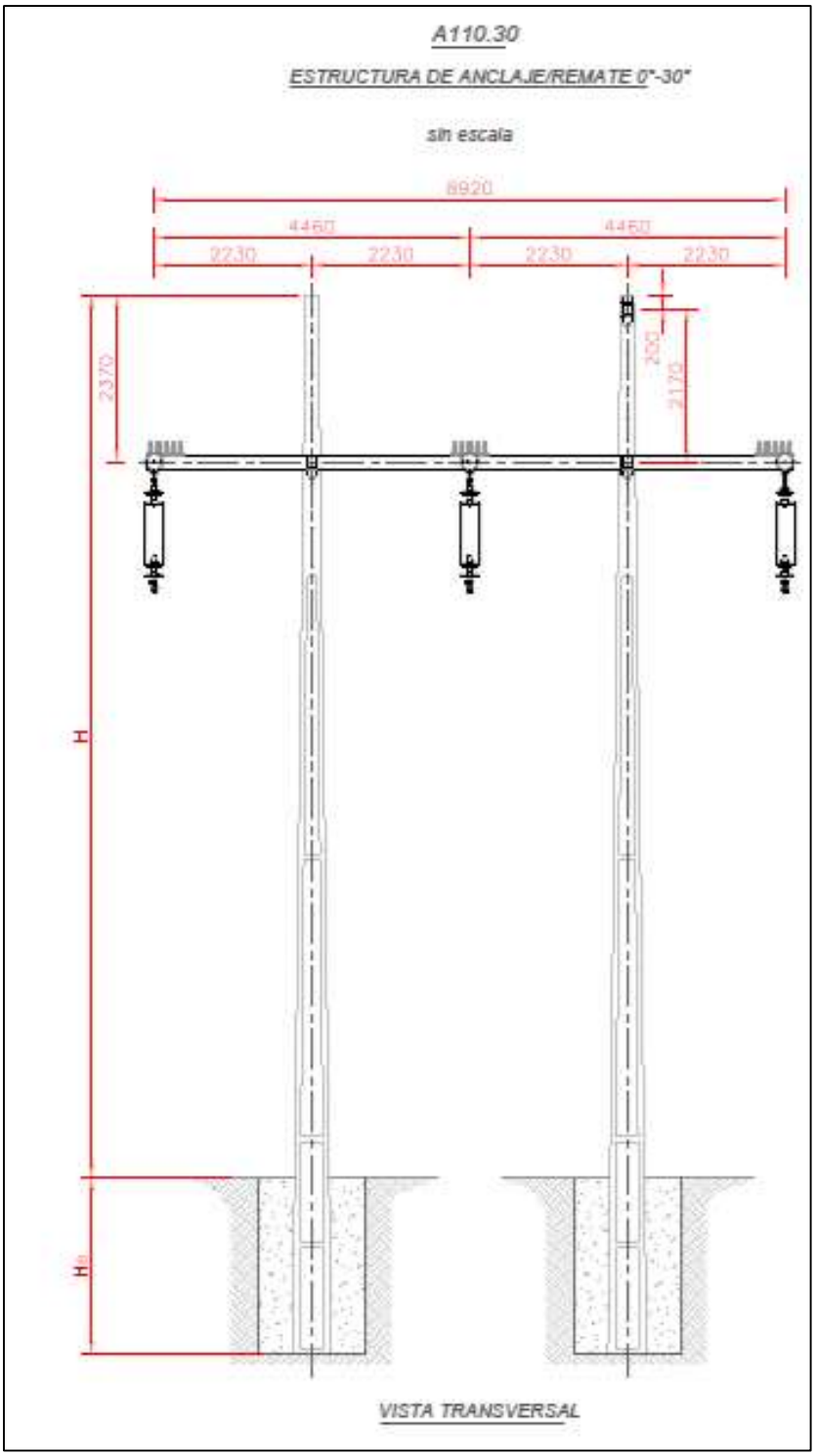
Figura 9 Estructura de remate AR110.75



Fuente: Extracto Planimetría Anexo IV. Planimetría y KMZ de las Instalaciones de la DIA.

(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl

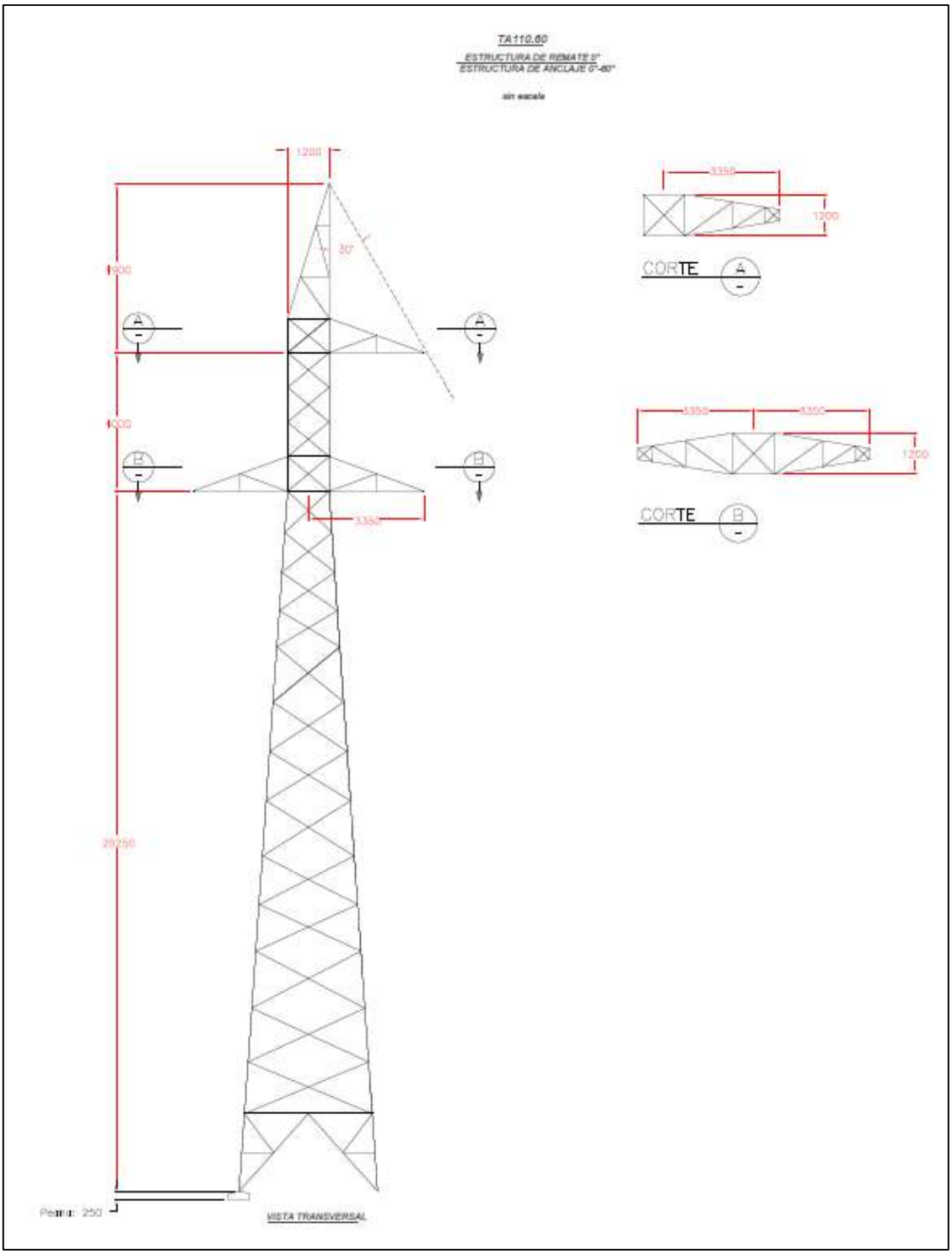
Figura 10 Estructura de anclaje /remate A110.30



Fuente: Extracto Planimetría Anexo IV. Planimetría y KMZ de las Instalaciones de la DIA.

(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl

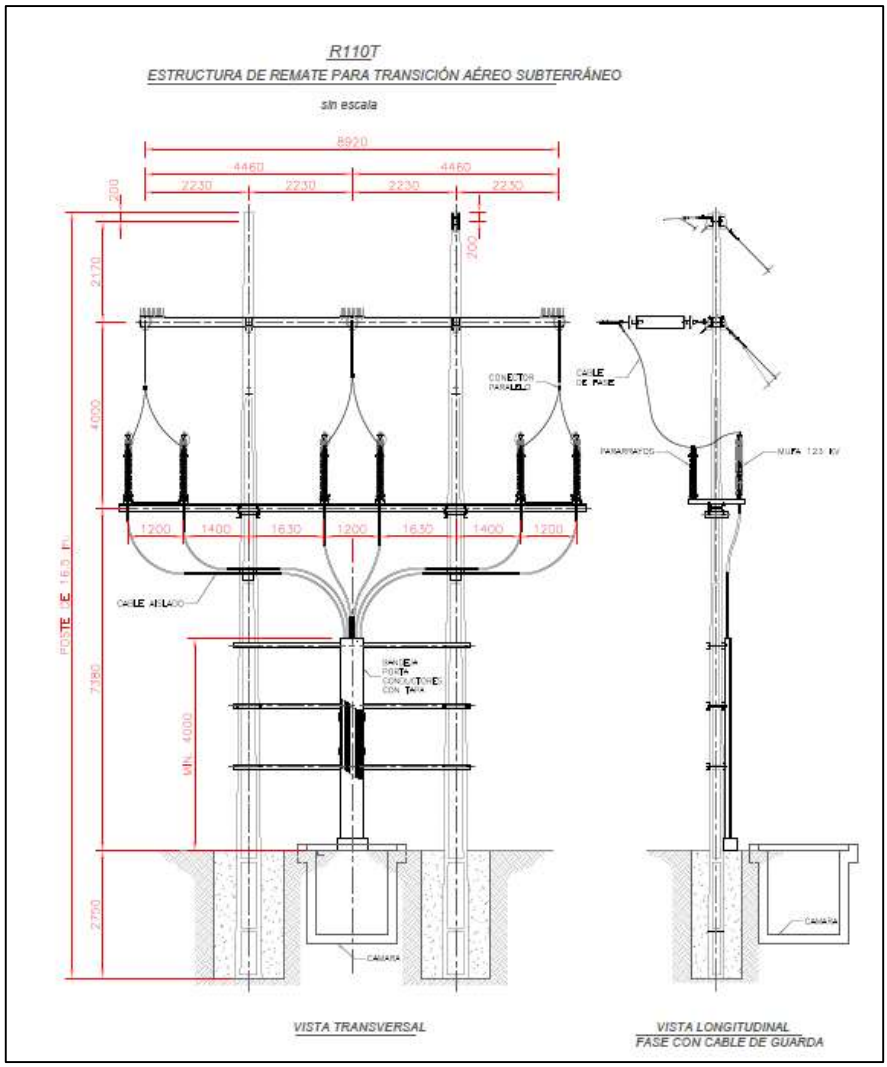
Figura 11 Estructura de remate TA 110.60



Fuente: Extracto Planimetría Anexo IV. Planimetría y KMZ de las Instalaciones de la DIA.

(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl

Figura 12 Estructura de remate para transición aéreo subterráneo R110T



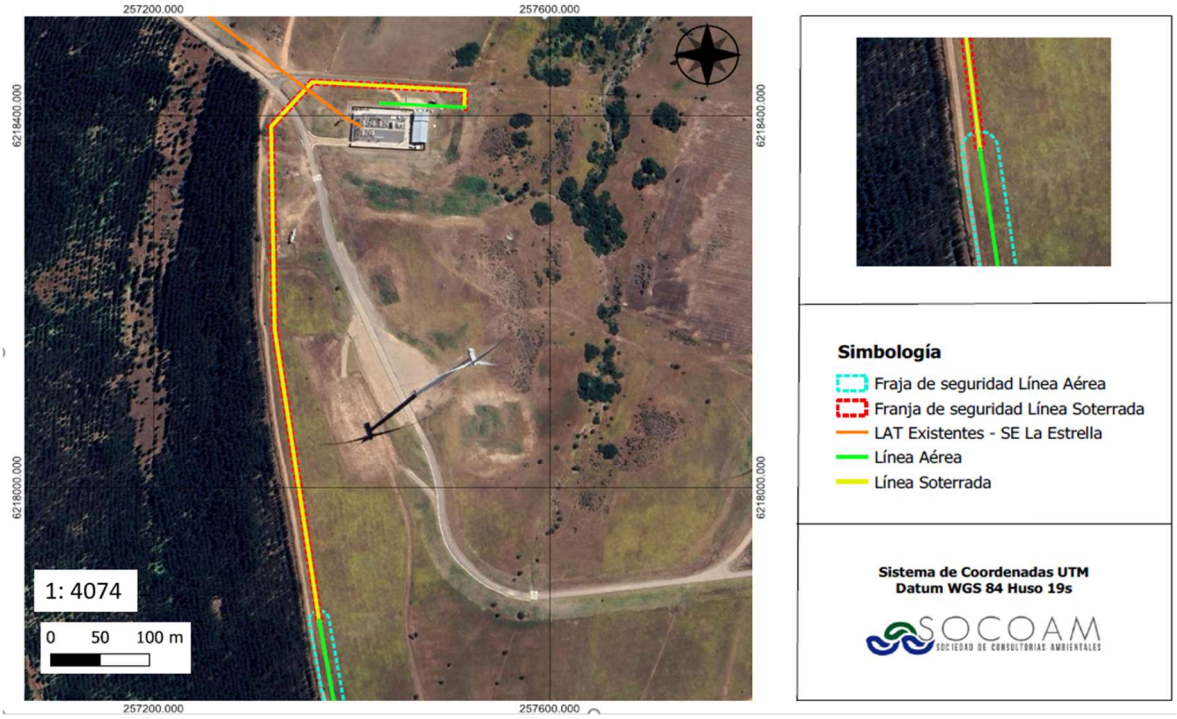
Fuente: Extracto Planimetría Anexo IV. Planimetría y KMZ de las Instalaciones de la DIA.

4.4.2 Línea de transmisión soterrada de 110kV

La Figura siguiente muestra parte del trazado de la línea soterrada, un cruce de camino y el cruce con dos líneas que comparten la misma estructura: la línea 1x110 kV La Estrella - Quelentaro y la línea 1x110 kV Portezuelo - La Estrella.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

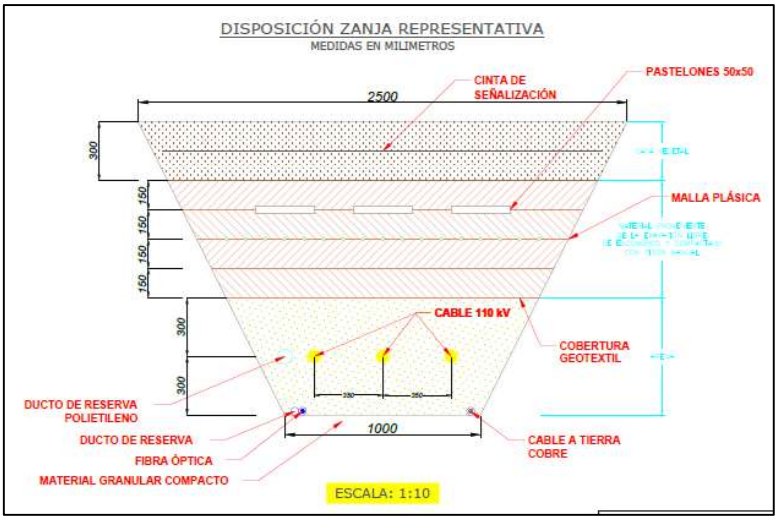
Figura 13 Trazado de línea soterrada e instalaciones existentes



Fuente: Extracto Planimetría Anexo IV. Planimetría y KMZ de las Instalaciones de la DIA.

La zanja donde se ubicarán los cables se presenta en la Figura siguiente:

Figura 14 Zanja representativa de línea soterrada



Fuente: Titular del proyecto

5. Campo Electromagnético en Alta Tensión

La unidad del campo eléctrico es el Volt por metro [V/m] o Kilo Volt por metro [kV/m] en alta tensión; es dependiente del voltaje de los conductores, en el caso en estudio, 110 kV entre fases y 110/√3 kV fase a tierra.

El campo magnético se debe a la corriente que circula por los conductores, por lo tanto, es dependiente de la potencia del equipo. La magnitud representativa del campo magnético es la “Inducción Magnética” o “Densidad de Flujo Magnético” B**,** que tiene como unidad de medida práctica mili Gauss (1 mG = 10^{-3} Gauss) o micro Tesla (1μT = 10^{-6} Tesla) y se relacionan por: 1 μT = 10 mG.

Para investigar los efectos de los campos electromagnéticos se caracteriza al campo eléctrico y al campo magnético cerca de una instalación de alta tensión por el concepto “Campo a nivel del suelo”, que corresponde al campo eléctrico o campo magnético medido o calculado a 1 metro de altura sobre el suelo, en ausencia de otros objetos.

Se indica a continuación el conjunto de normativas y recomendaciones vigentes en Chile respecto de campo electromagnético generado por líneas de alta tensión.

5.1 Normas de exposición humana a campos electromagnéticos de 50 Hz

En nuestro país no existe reglamentación específica relativa a los valores límites permitidos de exposición de las personas a los campos electromagnéticos de frecuencia industrial. No obstante, la regulación ambiental que rige el tema de emisiones señala que, de no existir una regulación nacional, debe aplicarse como norma de referencia aquella que se encuentre vigente en estados específicos. El Decreto Supremo Nº40 del Ministerio del Medio Ambiente, promulgado con fecha 30/10/2012, indica en su Artículo 11:

“Artículo 11… Para los efectos de evaluar el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), se considerará lo establecido en las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que señale el reglamento.”

La recomendación de referencia de uso más frecuente para público general y exposición permanente es la publicada por la ICNIRP [2], organismo no gubernamental reconocido por la Organización Mundial de la Salud como referente en el tema, que establece 5.000 [V/m] para el campo eléctrico y 200 [micro Tesla] para la inducción magnética, valores que han sido acogidos por la normativa de diversos países. En el año 2021 se publicó en nuestro país el Pliego Técnico Normativo RPTD N°07, [3] dictado por Resolución Exenta Nº 33.277, de fecha 10/09/2020, de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, que en su Artículo 4.7 establece:

“Los límites máximos permisibles para la seguridad de las personas, en cuanto a la emisión de campo electromagnético para el diseño de líneas aéreas de corriente alterna de 50 Hz de frecuencia, y que será evaluado en el exterior de la franja de seguridad, a 1 metro sobre el nivel del suelo, en condiciones normales de operación de la línea, con los conductores en reposo, serán los que determinen las normas respectivas. En ausencia de regulación técnica nacional, se debe cumplir con lo siguiente:

5 [kV/m] para campo eléctrico (valor rms)

100 [micro Tesla] para campo magnético (valor rms)."

En junio de 2023, el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) publicó el documento "*CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA: Evaluación de impactos por radiación electromagnética en proyectos de transmisión eléctrica*" [4], en el cual se confirma los valores límites de campo eléctrico y campo magnético establecidos por el reglamente chileno RPTD N° 07 y los límites establecidos por la ICNIRP en su publicación de 1998 (la Publicación del 2010 aumentó de 100 [micro Tesla] al límite actual de 200 [micro Tesla]) y entrega la Tabla 2 del documento, que se reproduce a continuación con la siguiente información:

Tabla 2 Límites internacionales según país para campo eléctrico e inducción magnética

País	Nombre	Límite Campo Eléctrico (KV/m)	Límite Densidad de flujo magnético (μT)
Consejo de Unión Europea	Directive 2004/40/EC	5	100
Argentina	Resolución Sec. Energía 77/1998	3	25
España	Real Decreto 1066/2001	5	100
Italia	Decreto Presidencial del Consejo de Ministros, 23 de abril de 2002	5	100
Reino Unido	National Radiological Protection Board UK 2004	5	100
Suiza	Ordenanza 814.710, febrero 2000	5	100

Fuente: Tabla N°2 del Reglamento del SEIA

Este documento requiere también evaluar el campo en la ubicación de receptores cercanos y el efecto sinérgico de los proyectos, en su interacción con otros proyectos existentes, aclarando que, para la evaluación de la radiación electromagnética emitida por un conjunto de proyectos de transmisión eléctrica o subestaciones, se entenderá el concepto de "impacto acumulativo" por sobre el de "efecto sinérgico".

En noviembre de 2024 el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) publicó el documento "*Criterio de evaluación en el SEIA: Metodologías para la consideración de los impactos acumulativos y sinérgicos*" [5] con el propósito de explicar y relacionar técnicamente los conceptos efecto sinérgico, impacto sinérgico e impacto acumulativo, así como también, establecer una metodología general.

5.2 Normativa de referencia para Radio interferencia

En Chile no existe una normativa específica que establezca límite a las interferencias electromagnéticas generadas por líneas de transmisión. A nivel internacional existen normativas que establecen límites para fuentes de carácter general, pero la única específica para líneas de transmisión es la Norma Canadiense “*Limits and measurement methods of electromagnetic noise from AC power systems, 0.15-30 MHz*” [6] publicada en 1984, pero re-confirmada el 2009. La normativa de referencia indica el nivel de perturbación radio eléctrica aceptable generada por líneas de transmisión o subestaciones, a una frecuencia de 0,5 MHz, según muestra la tabla siguiente:

Tabla 3 Nivel de Radio interferencia aceptable a 0,5 MHz.

Voltaje entre fases (kV)	[dB /1 µV/m]
Bajo 70	43
70 – 200	49
200 – 300	53
300 – 400	56
400 – 600	60
Sobre 600	63

Fuente: Referencia [6]

Para una línea de transmisión, los valores indicados son medidos o calculados a 15 m de distancia lateral de la fase externa (la fase más alejada del eje de la línea). Para una subestación, los valores indicados son medidos o calculados a 15 m del borde de la subestación. Para una instalación de 110kV, el límite correspondiente es 49 [dB/ (1µV/m)].

6. Campo electromagnético generado por Parque Fotovoltaico y Sistema BESS

En el parque fotovoltaico, los módulos fotovoltaicos en forma individual no generan campo electromagnético importante, pues su generación es en baja tensión y la potencia generada por módulo es inferior al kilo Watt: corresponden a equipos generadores de energía distribuidos en una gran área con baja densidad de energía; en cuanto a los equipos BESS, son equipos concentrados que corresponden a contenedores de baterías y Centros de Transformación los cuales agrupan varios contenedores de baterías y por lo tanto, representan una potencia concentrada importante.

Los equipos de los Centros de Transformación incorporan conductores aislados y se ubican dentro de un compartimiento metálico, el cual apantalla el campo eléctrico generado al interior, de modo que el campo eléctrico exterior puede considerarse nulo, sólo se emite campo magnético.

Para determinar el campo magnético generado por un Centro de transformación, se conoce que la densidad de flujo B está muy relacionada con la potencia aparente nominal de un transformador. En base a una serie de experiencias, en la referencia [5] se propone una relación simple para el valor efectivo de la inducción magnética en la vecindad de un transformador:

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

$$B_{rms}(r) = k_{Tr}\, P_N / r^3 \text{ [micro Tesla]}$$

- P_N: Potencia Nominal del transformador [kVA]
- r: Distancia desde el centro del transformador [m]
- k_{Tr}: Coeficiente de Campo [ms/A], [Tm^3/VA]
- Un valor establecido de k_{Tr} en la misma referencia es: 0,04 Tm^3/kVA.

Esta expresión indica que la densidad de flujo magnético de transformadores decrece rápidamente al alejarse del transformador (relación inversa con la tercera potencia de la distancia).

El parque fotovoltaico dispondrá de 23 Centros de Transformación con transformadores de 8,8 MVA. De acuerdo a la expresión anterior, con un transformador de 8.800kVA, la densidad de flujo magnético B a una distancia D desde el centro del transformador es la siguiente:

Tabla 4 Variación de la inducción magnética con distancia al transformador de 8.800 kVA

Distancia D[m]	2	4	6	8	10	13
Inducción magnética B [micro Tesla]	88	5.5	1,63	0,69	0,35	0,16

Fuente: Elaboración propia

La potencia de los transformadores del Sistema BESS será 5,140 MVA; la densidad de flujo magnético B a una distancia D desde el centro del transformador es la siguiente:

Tabla 5 Variación de la inducción magnética con distancia al transformador de 5.140 kVA

Distancia D[m]	2	4	6	8	10	13
Inducción magnética B [micro Tesla]	25,7	3,21	0,95	0,40	0,21	0,09

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que a partir de 8 m del Centro de transformación del parque fotovoltaico, ya la magnitud de inducción magnética generada será inferior a 1 [micro Tesla] y lo mismo ocurre a partir de 6m de los transformadores del Sistema BESS; la menor distancia de un Centro de transformación al cerco perimetral del parque es aproximadamente 13m, por lo tanto el valor de inducción magnética que se puede asignar para el perímetro de parque fotovoltaico es 0,16 [micro Tesla] y para el sistema BESS es 0,09 [micro Tesla].

7. Campo electromagnético generado por red MT

Por tratarse de una línea de transmisión subterránea para la conexión en 33kV desde las Salas de Celdas a la Subestación, se utiliza cable conductor con aislación sólida y con pantalla metálica; la pantalla metálica representa una frontera para el campo eléctrico y concentra el campo eléctrico en la aislación al interior de cable, evitando la emisión hacia el exterior del cable, por lo tanto, la red MT solo genera campo magnético al ambiente. A continuación, se presenta la malla de elementos finitos y el gráfico de inducción magnética hasta 15m a cada lado de la zanja mostrada en la Figura 5. El parque fotovoltaico realmente inyectará 139 MVA; en 33 kV representa una corriente de 2.432

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

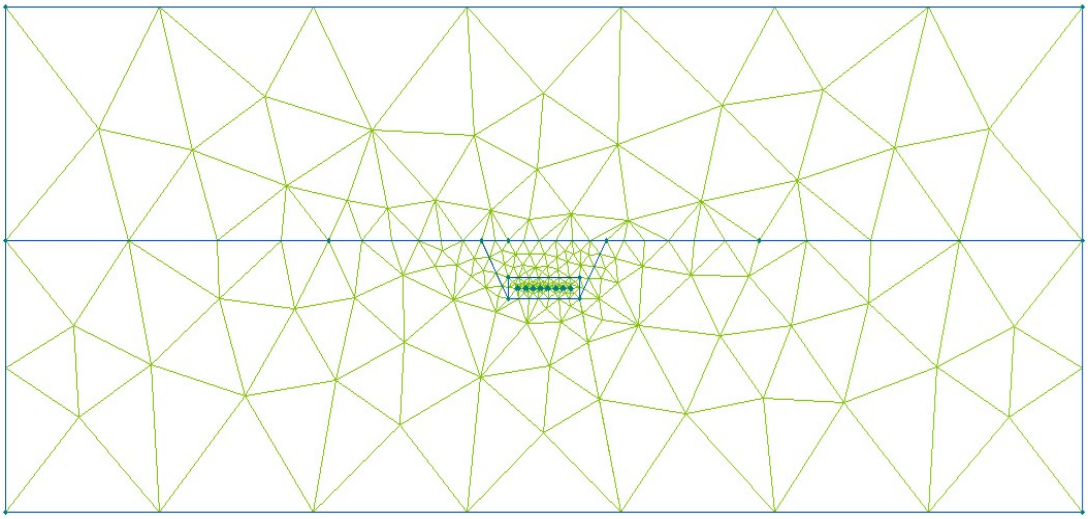
Amperes, distribuidos en los ocho circuitos, por cada circuito se tendrá una corriente de 304 Amperes. Los datos de entrada, numerados los conductores en sentido de avance de los punteros del reloj para cada circuito, son:

- Fase 1: 304 Amperes por conductor; fase 0°
- Fase 2: 304 Amperes por conductor; fase -120°
- Fase 3: 304 Amperes por conductor; fase 120°

Se considera una franja de seguridad de 3,6 m de ancho total 1,8 m desde el centro de la zanja.

En la Figura siguiente la línea transversal representa la superficie del suelo; se incluye la zanja con la ubicación de los cables y una extensión de 15m hacia cada lado de la zanja.

Figura 15 Malla de elementos finitos zanja de MT

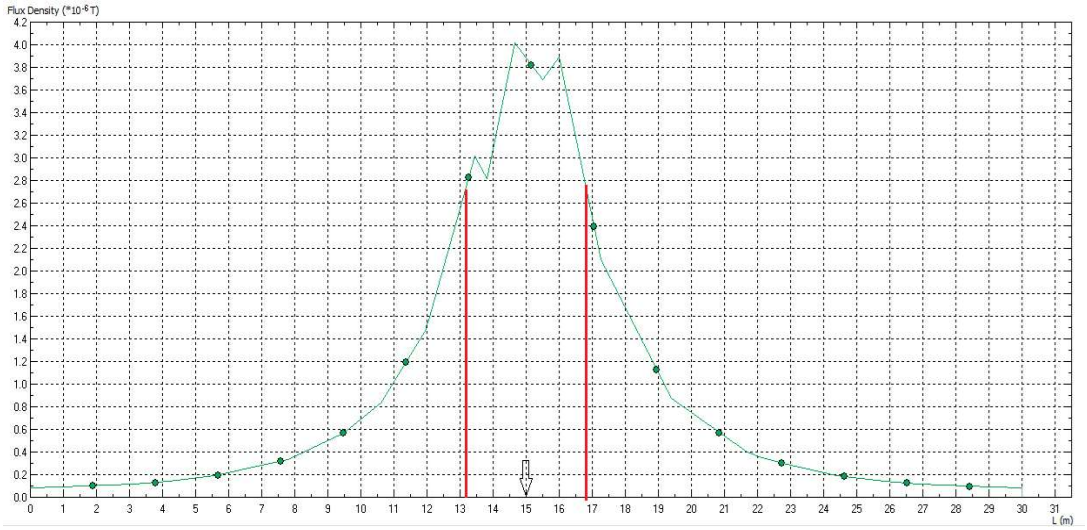


Fuente: Elaboración propia

En el gráfico siguiente, la flecha indica el centro de la zanja y las líneas rojas los bordes de la franja de seguridad definida.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Gráfico 1. Inducción magnética en torno a zanja de MT



Fuente: Elaboración propia

La magnitud de inducción magnética en el borde de la franja de seguridad para la red MT desde la Sala de Celdas es 2,77 [micro Tesla].

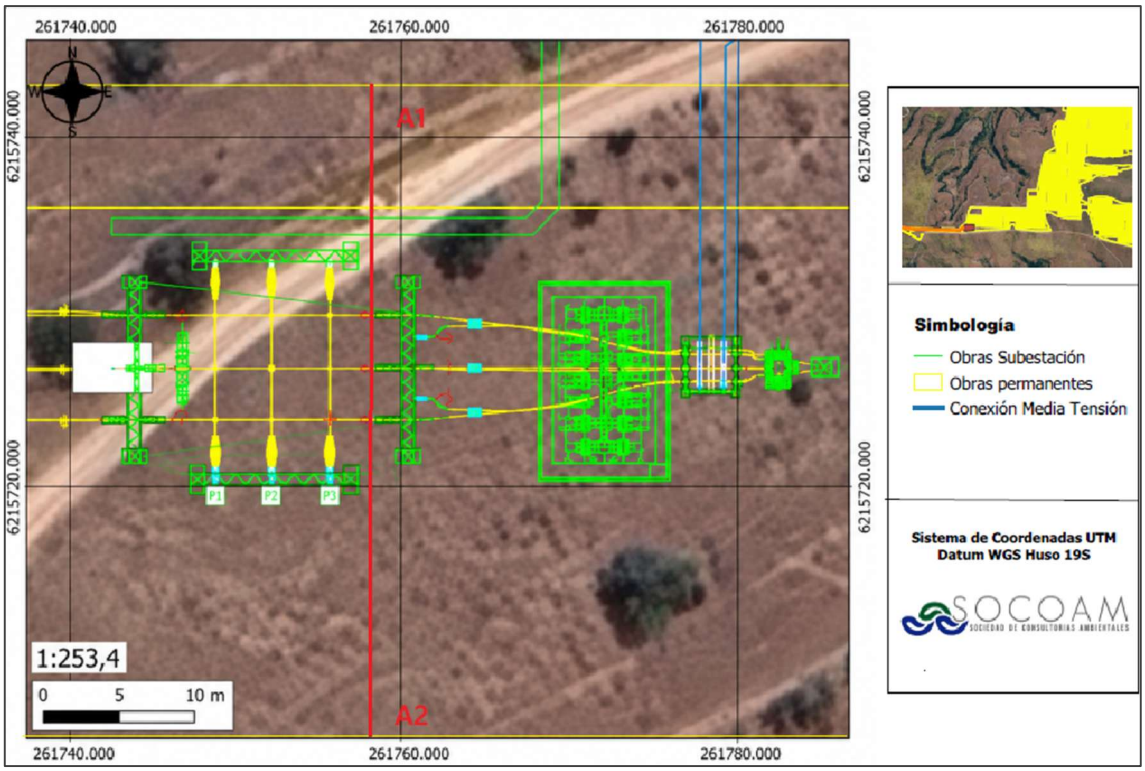
8. Campo electromagnético generado por la Subestación

8.1 Campo generado por paños de línea

La metodología utilizada consiste en una modelación de los conductores energizados de las barras de la subestación, utilizando elementos finitos y el software utilitario QuickField [1] para la solución de campos. El resultado del estudio de campo eléctrico y campo magnético se presenta en la forma de sendos perfiles de campo evaluados a una altura de 1,0 m sobre el suelo, a través de la trayectoria mostrada en la Figura siguiente.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Figura 16 Trayectoria para estudio de campos en la Subestación



Fuente: Elaboración propia a partir de Planimetría Anexo IV de la DIA.

La altura de conductor es 9 m y separación entre conductores es 3 m. Los parámetros de entrada para evaluar campo eléctrico, numerados los conductores de arriba hacia abajo según la Figura, son:

- Fase 1: - 31.754 Volts
- Fase 2: 110.000/√3 = 63.509 Volts
- Fase 3: -31.754 Volts

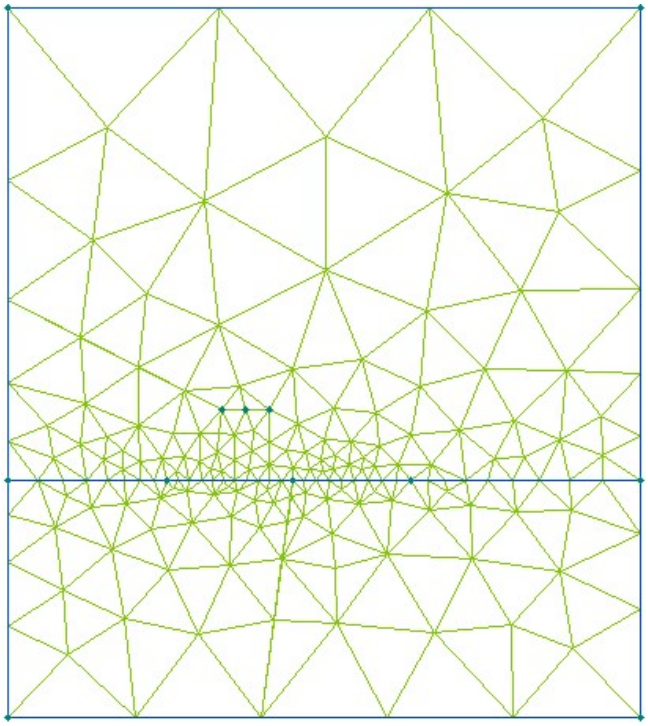
El Parque Fotovoltaico tiene una potencia declarada de 210 MVA en 110 kV; sin embargo, lo que realmente se inyectará se encontrará limitado a las posibilidades del punto de conexión, esto es, 139 MVA, lo que define una corriente de 729,6 Amperes. Los parámetros de entrada para evaluar inducción magnética, numerados los conductores de arriba hacia abajo según la Figura, son:

- Fase 1: 729,6 Amperes por conductor; fase 0°
- Fase 2: 729,6 Amperes por conductor; fase -120°
- Fase 3: 729,6 Amperes por conductor; fase 120°

A continuación, se presenta la malla de elementos finitos y los gráficos de campo eléctrico e inducción magnética evaluados a una altura de 1,0 m sobre el suelo en la Trayectoria A1-A2; la línea transversal en la Figura representa la superficie del suelo; en los gráficos, las líneas rojas

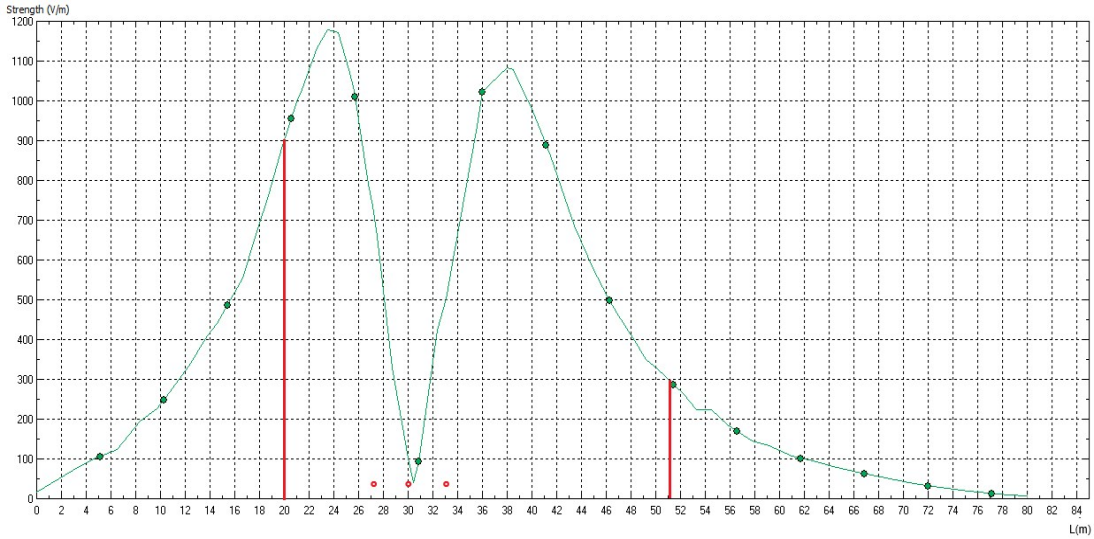
representan los bordes del patio de 110kV; se indica también en forma referencial la ubicación de los conductores.

Figura 17 Malla de elementos finitos para trayectoria A1-A2



Fuente: Elaboración propia

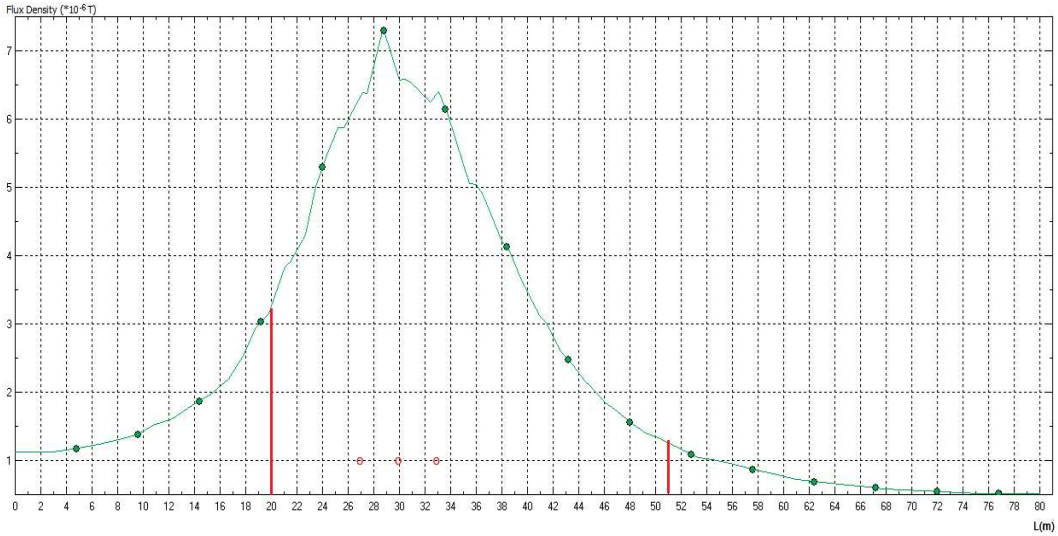
Gráfico 2. Campo eléctrico a 1m sobre el suelo en trayectoria A1-A2



Fuente: Elaboración propia

(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl

Gráfico 3 Inducción magnética a 1m sobre el suelo en trayectoria A1-A2



Fuente: Elaboración propia

Las magnitudes de campo resultantes en los bordes de la Subestación, según los Gráficos 2 y 3, son:

Tabla 6 Magnitudes de campo en borde de la subestación

Borde	Campo eléctrico [V/m]	Inducción magnética [micro Tesla]
Izquierdo	907	3,21
Derecho	298	1,26

Fuente: Elaboración propia

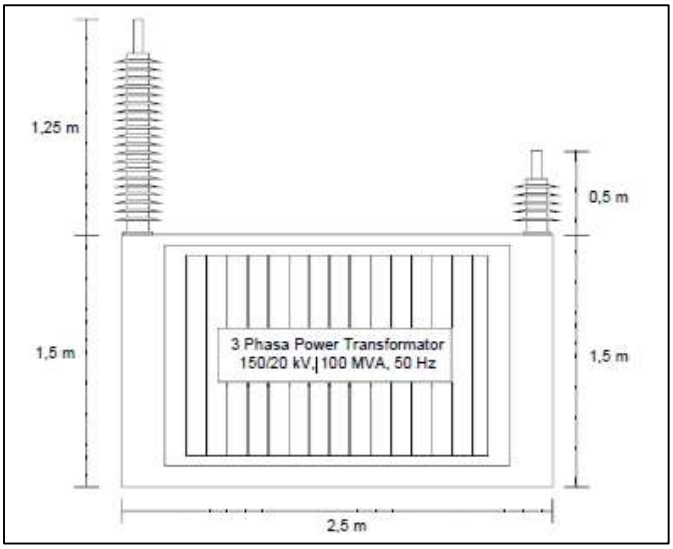
8.2 Campo electromagnético generado por transformador 33/110 kV, 210MVA

Con respecto al campo eléctrico generado por el transformador, no fue posible encontrar información para un transformador con las características específicas del equipo del Proyecto; se recurre a información aportada por la referencia [8] que entrega los resultados de una evaluación numérica mediante el método de simulación de cargas, del campo eléctrico generado por el transformador en una subestación de 150/20 KV, 100MVA. El campo magnético es dependiente de la potencia, y el campo eléctrico es dependiente del voltaje, por lo tanto, mayor en el lado de voltaje mayor y no es significativa la potencia del transformador en este caso.

El transformador de la referencia se muestra en la Figura siguiente.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

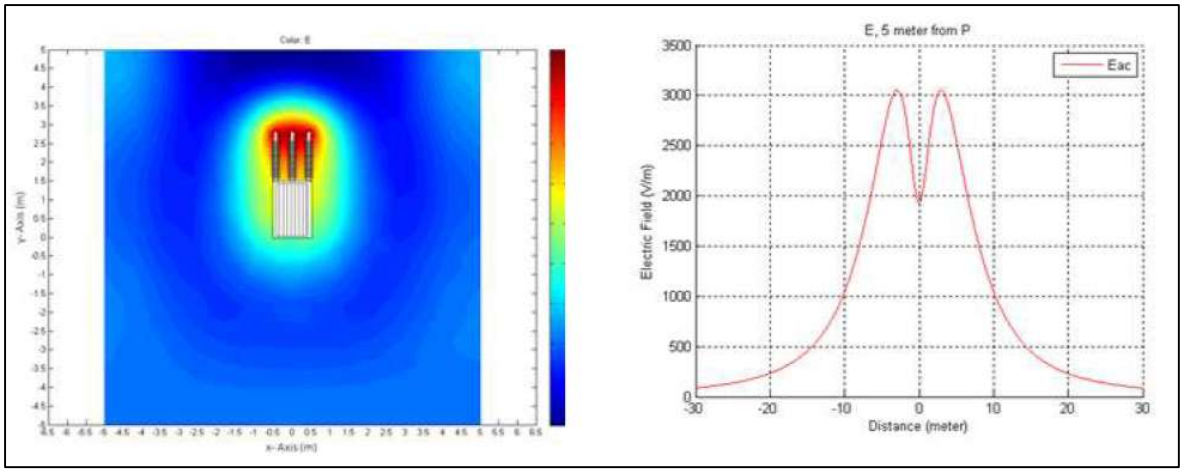
Figura 18 Transformador de 150/20 KV, 100MVA [8]



Fuente: Referencia [8]

Las magnitudes de campo evaluadas en el lado de 150kV se presentan en la Figura siguiente.

Figura 19 Campo eléctrico evaluado en el lado de 150kV del transformador



Fuente: Referencia [8]

Según lo mostrado en la Figura 6, la menor distancia desde la pared del transformador al borde de la subestación son 7m; a esa distancia, el campo eléctrico según la Figura anterior de la Referencia es 1.870 {V/m]; efectuando la transformación de 150kV a 110kV, la magnitud estimada para el campo eléctrico generado por el transformador de 110kV en el borde de la Subestación será 1.370 [V/m].

Para la estimación del campo magnético generado por el transformador, se incluye a continuación información de la referencia [7], ya aplicada anteriormente:

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

$$Brms(r) = kTr\ PN/r^3\ [micro\ Tesla]$$

- PN: Potencia Nominal del transformador [kVA]
- r: Distancia desde el centro del transformador [m]
- kTr: Coeficiente de Campo [ms/A], [Tm^3/VA]
- Un valor establecido de kTr en la misma referencia es: 0,04 Tm^3/kVA.

De acuerdo a la expresión anterior, con un transformador de 210 MVA, la densidad de flujo magnético B a una distancia D desde la pared del transformador es la siguiente:

Tabla 7 Variación de la inducción magnética con distancia al transformador de 210MVA

Distancia D[m]	4	6	7	8	9	10
Inducción magnética B [micro Tesla]	131,25	38,89	24,49	16,41	11,52	8,4

Fuente: Elaboración propia

A 7 m del transformador, se tiene 24,5 [micro Tesla], valor estimado al borde de la Subestación.

9 Campos generados por la línea de transmisión de 110kV

9.1 Línea de transmisión aérea

Para evaluar los campos en la condición más exigente, esto es mayor campo a nivel del suelo, se considera las estructuras de menor altura, lo que determina conductores más cerca del suelo. En el Apéndice 1 se desarrolla el estudio de campos para las estructuras indicadas; la línea inyectará 139 MVA, lo que define una corriente de 729,6 Amperes. En la Tabla siguiente se resume los valores resultantes en el borde de franja, de 20 m de ancho total, 10m hacia cada lado del eje.

Tabla 8 Magnitud de campos a 1m sobre el suelo generado por línea aérea

Tipo de estructura	Altura total poste	Campo eléctrico [V/m]	Inducción magnética [micro Tesla]
S110	16,50	1.308	3,09
A110.30	13,50	1.688	4,00
AR110.75	15	1.462	3,83
A110.90	13,50	1.665	4,47
TA110.60	16,50	850	1,85

Fuente: Elaboración propia

9.2 Línea de transmisión soterrada

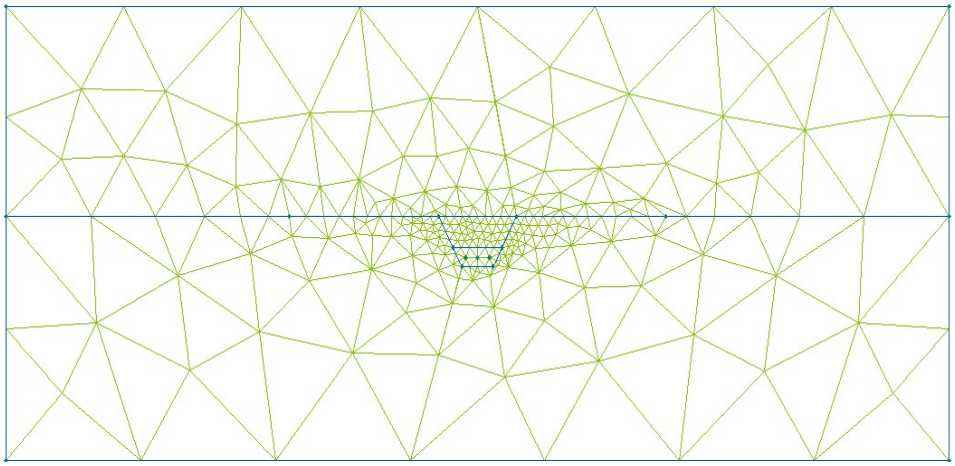
La línea soterrada utilizará conductor con aislación de polietileno de cadena cruzada XLPE-TR, con pantalla metálica; la pantalla metálica representa una frontera para el campo eléctrico y concentra el campo eléctrico en la aislación al interior de cable, evitando la emisión hacia el exterior del cable, incluyendo emisión de radio interferencia. Externamente sólo se emitirá campo magnético. A

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

continuación, se presenta la malla de elementos finitos y el gráfico de inducción magnética hasta 15m a cada lado de la canalización. Los datos de entrada, numerados los conductores de izquierda a derecha, son:

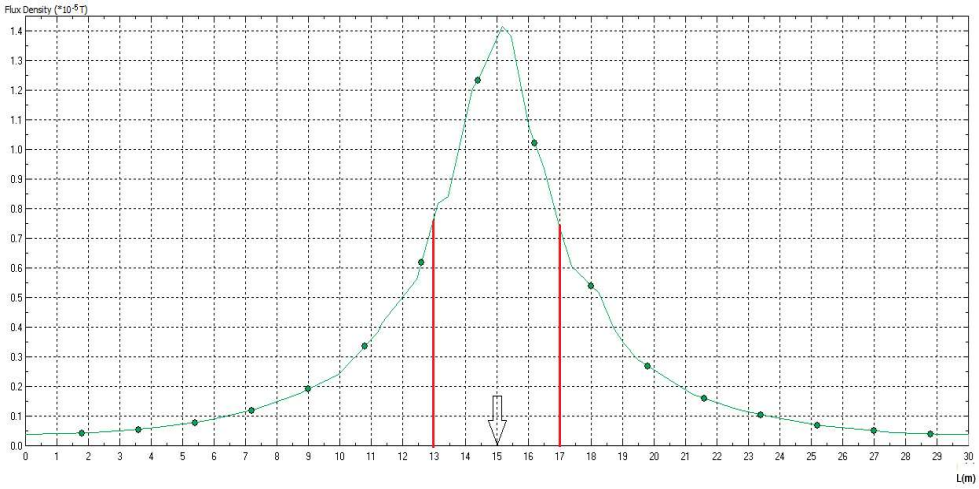
- Fase 1: 729,6 Amperes por conductor; fase 0°
- Fase 2: 729,6 Amperes por conductor; fase -120°
- Fase 3: 729,6 Amperes por conductor; fase 120°

Figura 20 Malla de elementos finitos línea soterrada



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Magnitud de inducción magnética a 1m de altura sobre el suelo



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 21, la línea transversal representa la superficie del suelo; el Gráfico 4 presenta la inducción magnética generada en torno a la zanja, la flecha indica el eje de la zanja y las líneas rojas los bordes de la franja de seguridad; el ancho de la franja se consideró en 4m de ancho total, 2m desde el centro. La magnitud máxima de inducción magnética se presenta en el centro de la

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

zanja; su valor y la magnitud en el borde de la franja, además del valor límite según criterio SEA, son:

Tabla 9 Inducción magnética generada por línea de 110kV soterrada

Ubicación	[micro Tesla]
Valor Máximo	14,12
Valor en Borde franja	7,76
Valor límite SEA	100

Fuente: Elaboración propia

10 Radio interferencia generada por la línea de 110 kV aérea

La descarga corona en líneas de alta tensión corresponde a descargas eléctricas parciales en el aire alrededor de los conductores, generadas por alto campo eléctrico, que provoca ionización del aire. Este fenómeno emite campos electromagnéticos desde frecuencias de audio hasta alta frecuencia que pueden provocar perturbaciones en la banda de frecuencia de radio y televisión.

Mediante la aplicación del software LINEAS, de elaboración propia del consultor que elabora este informe, se determina el campo eléctrico en la superficie de los conductores y la radio interferencia emitida por los conductores de la línea de 110 kV. El programa ocupa el Método de Simulación de Cargas [9] para determinar el campo eléctrico superficial y el procedimiento CIGRE para evaluar nivel de interferencia [9]. La línea utiliza conductor tipo AAAC GREELEY, con diámetro 28,15 mm.

En el Apéndice 2 de este documento se presenta el listado de salida del programa, con el detalle de los datos aplicados para las configuraciones de estructuras de la línea de transmisión; similar a lo indicado en el caso del campo electromagnético, para una estructura con diferentes alturas se analiza la de menor altura pues representa la condición más desfavorable. A continuación, se entregan los respectivos valores calculados a la distancia de norma, incluido el límite de norma.

Tabla 10 Radio interferencia de línea de 110kV soportada por distintas estructuras

Estructura	Altura de poste [m]	[dB/uV/m]
S110	13,75	16,24
A110.30	11,25	17,24
TA110.60	16,50	16,15
Valor límite Norma CAN3- C108.3.1	--	49

Fuente: Elaboración propia

11 Interacción con fuentes existentes

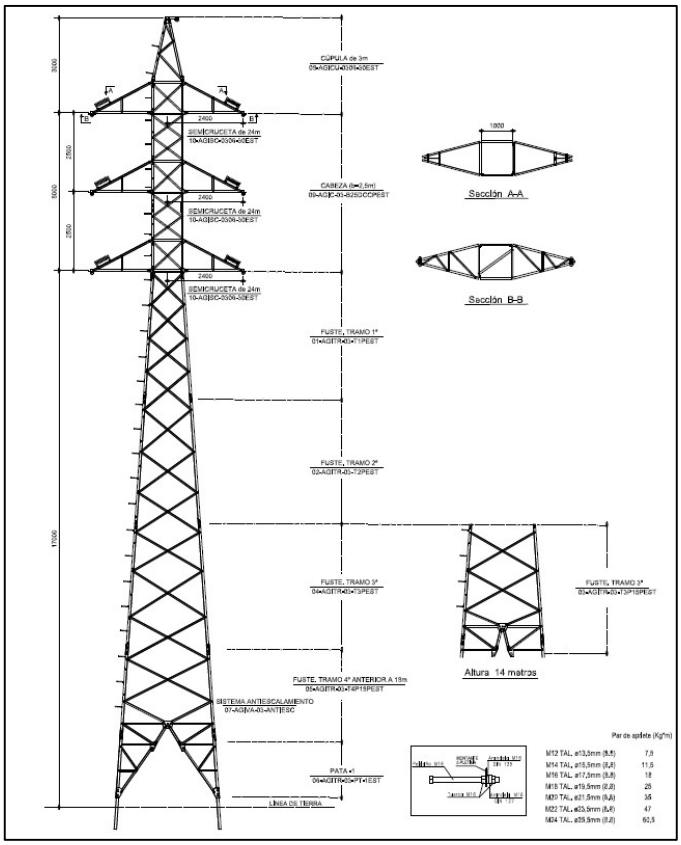
En la Figura 12 se observa la interacción de la línea soterrada del Proyecto con dos fuentes existentes: un aerogenerador de 4,5 MW de potencia perteneciente al Parque Eólico La Estrella,

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

con una potencia total de 50 MW, y el cruce con dos líneas que comparten la misma estructura: la línea 1x110 kV La Estrella – Quelentaro y la línea 1x110 kV Portezuelo – La Estrella. El Pliego Técnico Normativo RPTD N° 7 establece restricciones para la distancia de un aerogenerador a una línea aérea de tensión mayor a 23 kV, pero no se aplica a líneas soterradas. Por otro lado, según muestra la Figura 12, el cruce con las líneas existentes La Estrella Quelentaro 110kV y Portezuelo La Estrella 1x110kV se realiza en sentido ortogonal a la línea, por lo tanto, los campos magnéticos generados tendrán también una orientación ortogonal entre ellos. No obstante, se realiza a continuación una estimación conservadora del efecto sinérgico de los campos magnéticos generados por ambas instalaciones, con apoyo del software QuickField.

La línea La Estrella Quelentaro 110 kV utiliza conductor AAAC Cairo, de 235,82 mm^2, diámetro 19,90 mm; se consideró una potencia de 50 MVA para la línea, lo que corresponde a 262,4 Amperes por fase. La línea Portezuelo La Estrella 110 kV tiene declarada una potencia nominal de 49,5 MVA, por lo tanto, una corriente de 260 Amperes por fase; usa el mismo conductor Cairo. La estructura de las líneas se muestra en la Figura siguiente:

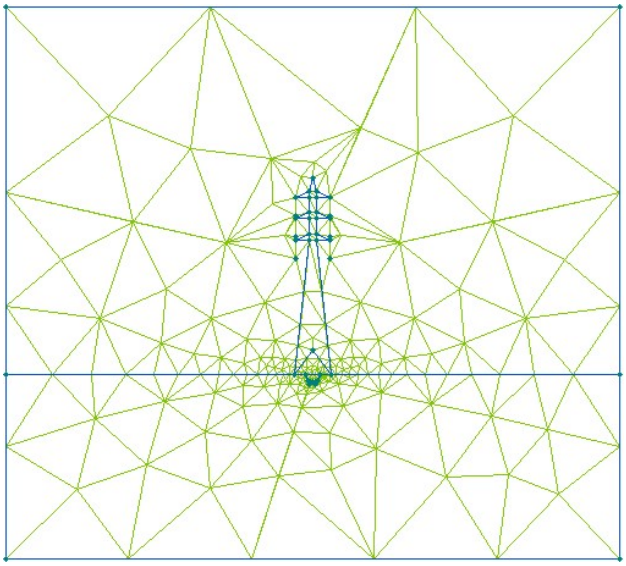
Figura 21 Estructura líneas 2x110kV



Fuente: Infotecnica Coordinador

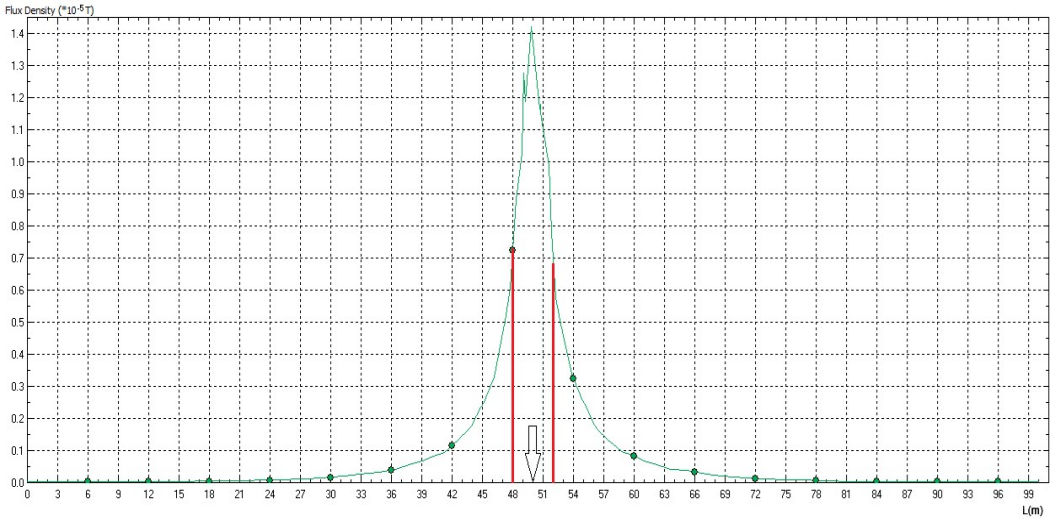
A continuación, se presenta la malla de elementos finitos y el gráfico de inducción magnética hasta 2 m a cada lado de la canalización. La línea transversal en la Figura señala la superficie del suelo; la flecha en los gráficos indica el eje de la línea y las líneas rojas los bordes de la franja.

Figura 22 Malla de elementos finitos en cruce de línea soterrada con línea 110kV



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Magnitud de inducción magnética a 1 m sobre el suelo en cruce



Fuente: Elaboración propia

La magnitud máxima de inducción magnética y su valor en el borde de la franja, incluido el límite SEA, son:

Tabla 11 Inducción magnética en cruce con línea de 110kV

Ubicación	[micro Tesla]
Máximo	14.21
Borde franja	7,41
Límite SEA	100

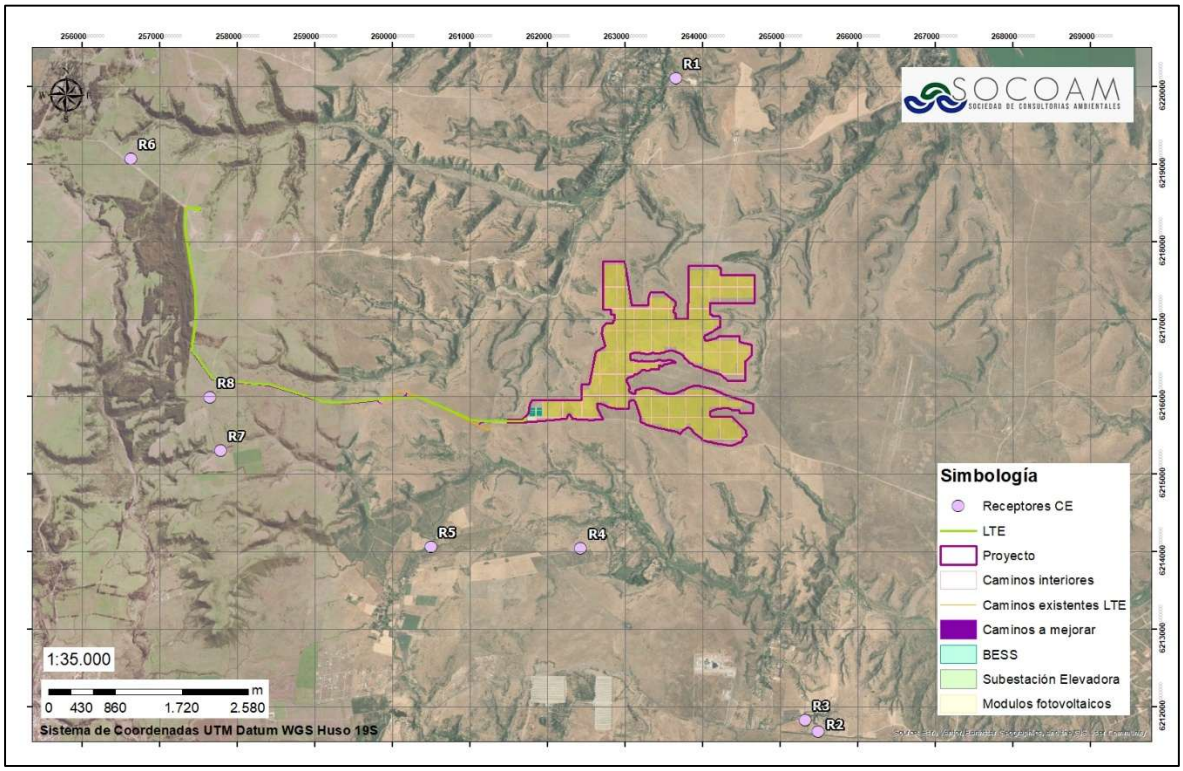
Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que el campo magnético creado por las líneas de 110kV prácticamente no altera el campo de la línea soterrada individual, seguramente por la relación de corrientes, evidenciando un efecto acumulativo nulo. Se reitera que la evaluación corresponde a una estimación conservadora porque los campos reales son ortogonales en el cruce y por lo tanto el efecto acumulativo es menor a medida que crece la distancia con respecto al punto de cruce.

12. Campo en Receptores

Se ha identificado 8 Receptores en las proximidades de las instalaciones del Proyecto, los cuales se muestran en la siguiente Figura:

Figura 23 Ubicación Receptores



Fuente: Elaboración propia.

(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl

La Tabla siguiente entrega la ubicación de los Receptores y su distancia a las instalaciones del Proyecto.

Tabla 12 Ubicación Receptores y su distancia a instalaciones del Proyecto

Receptor	Coordenadas UTM Huso 19H		Distancia (m)	Instalación
	m E	m S		
R1	263653	6220111	2.514	Parque Fotovoltaico
R2	265494	6211690	4.058	Parque Fotovoltaico
R3	265323	6211836	3.880	Parque Fotovoltaico
R4	262428	6214052	1.770	Subestación elevadora
R5	260493	6214072	1.713	Línea de 110 kV aérea
R6	256627	6219072	979	Línea de 110 kV subterránea
R7	257782	6215306	889	Línea de 110 kV aérea
R8	257645	6215997	235	Línea de 110 kV aérea

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la distancia de cada uno de los Receptores a alguna de las instalaciones del Proyecto excede con mucho el alcance de los campos evaluados para el Parque Fotovoltaico y la Subestación elevadora (datos en el cuerpo del documento) y para la línea de transmisión (gráficos en el Apéndice 1). Por lo tanto, la magnitud del campo eléctrico y de la inducción magnética generados por las instalaciones del Proyecto son nulas en la ubicación de los Receptores.

Una situación particular se presenta en el caso del Receptor R6, que se encuentra a 53 m de la línea La Estrella Quelentaro 110 kV; este Receptor no se encuentra afectado por alguna instalación del Proyecto, pero si se encuentra en el ámbito de alcance de los campos de la línea indicada. No existe efecto acumulativo debido a la distancia a las instalaciones del Proyecto.

13. Síntesis de resultados

De la investigación bibliográfica y las modelaciones efectuadas para la estimación de la magnitud de los efectos electromagnéticos provocados por las diversas instalaciones del Proyecto, se obtiene los resultados presentados en la Tabla siguiente; se incluye en la tabla los valores establecidos por las respectivas normativas y la ubicación de dichos valores.

Tabla 13. Resumen de valores resultantes de campo electromagnético.

Equipo	Campo eléctrico [V/m]	Inducción magnética [micro Tesla]	Ubicación
Transformador 8,8 MVA del PFV	0	0,16	Perímetro parque fotovoltaico

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Equipo	Campo eléctrico [V/m]	Inducción magnética [micro Tesla]	Ubicación
Transformador 5,14 MVA del Sistema BESS	0	0,09	Perímetro parque BESS
Línea subterránea de 33kV	0	2,77	A 1,8m desde centro zanja
Subestación:			
Transformador 110/33 kV 210 MVA	1.370	24,5	Borde subestación
Paños Línea 110 kV	907	4,91	Borde subestación
Línea de transmisión 110kV aérea en estructura			
S110	1.308	5,48	Borde Franja
A110.30	1.688	6,98	Borde Franja
AR110.75	1.462	7,13	Borde Franja
A110.90	1.665	8,72	Borde Franja
TA110.60	850	2,80	Borde Franja
Línea de 110kV soterrada			
En zanja	0	11,50	Borde Franja
Cruce con línea aérea 110kV	0	23,71	Borde Franja
Criterio ICNIRP	5.000	200	Valores seguros
Límite RPTD N°07	5.000	100	
Criterio SEA	5.000	100	
Cumple	SI	SI	

Fuente: Elaboración propia

Los valores resultantes en la evaluación de radio interferencia son:

Tabla 14. Resultados de Radio interferencia.

Línea 110kV en estructura:	[dB/uV/m]	Ubicación
S110 H 13,75	16,24	A 15m de conductor externo
A110.30 H 11,25	17,24	A 15m de conductor externo
TA110.60 H 16,50	16,15	A 15m de conductor externo
Norma CAN3- C108.3.1	49	
Cumple	SI	

Fuente: Elaboración propia

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

14. Área de estudio

De acuerdo con la Guía Áreas de Influencia en el SEIA (SEA, 2026), los campos electromagnéticos corresponden a un atributo del medio físico y no constituyen por sí mismos un objeto de protección. Por esta razón, para el presente componente se define un Área de Estudio (AE) y no un Área de Influencia (AI). La Guía señala, además, que el concepto de área de estudio corresponde utilizarlo cuando se caracteriza la condición de un atributo, mientras que las áreas de influencia representan la extensión de impactos sobre objetos de protección.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación bibliográfica, las modelaciones efectuadas y los criterios normativos considerados en el presente estudio, el Área de Estudio para el Parque Fotovoltaico y el Sistema BESS corresponde al espacio comprendido por sus respectivos perímetros.

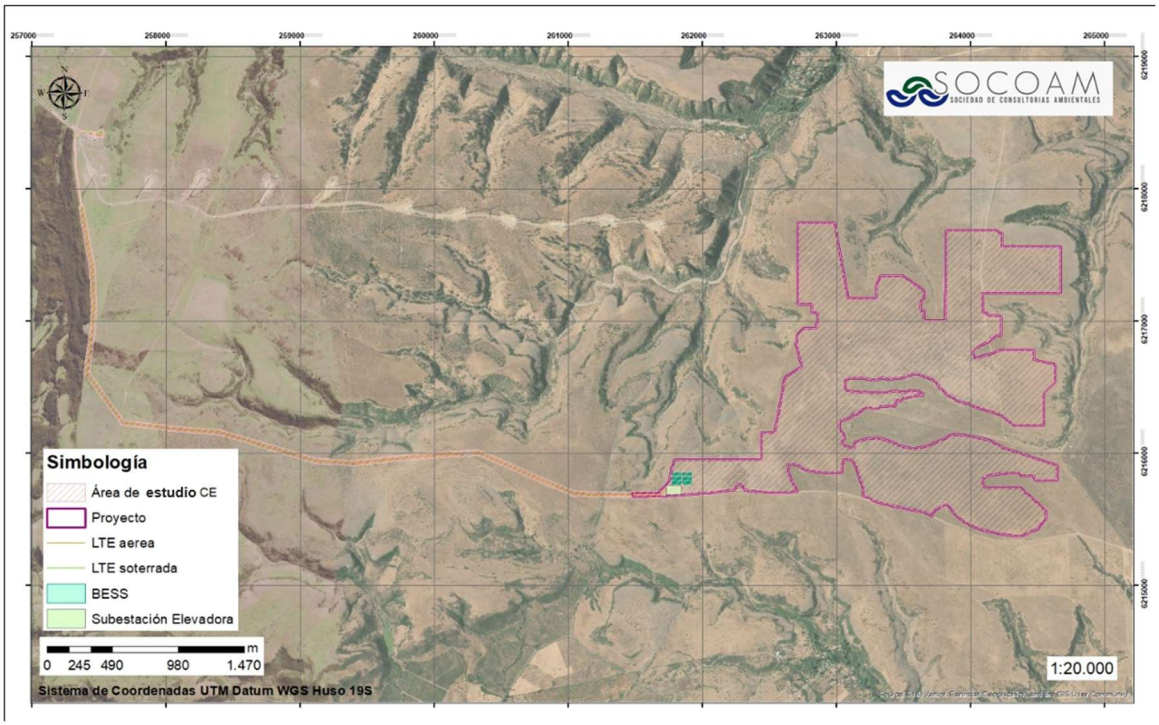
Para la Subestación Elevadora, el Área de Estudio corresponde al área encerrada por su perímetro. De acuerdo con los resultados obtenidos, la magnitud de inducción magnética generada por el transformador de 210 MVA disminuye con la distancia y no alcanza niveles relevantes fuera del recinto del Proyecto.

Para la línea de transmisión de 110 kV aérea se considera una franja de 40 m de ancho total, correspondiente a 20 m hacia cada lado de su eje. Esta distancia considera, además, el criterio utilizado para la evaluación de radiointerferencia, cuya medición o cálculo se realiza a 15 m de distancia lateral del conductor externo. Para el tramo soterrado de la línea de 110 kV, se considera una franja de 4 m de ancho total, conforme a la extensión utilizada en las modelaciones desarrolladas en el presente estudio.

De manera complementaria, se identificaron ocho receptores cercanos a las instalaciones del Proyecto, ubicados a distancias entre 235 m y 4.058 m. De acuerdo con los resultados obtenidos, todos ellos se encuentran fuera del alcance de los campos eléctricos y magnéticos generados por las instalaciones del Proyecto, por lo que en sus ubicaciones no se prevén aportes atribuibles a éste.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Figura 24. Área de estudio CE



Fuente: Elaboración propia.

15. Conclusión

De los resultados presentados en la Tabla 15, se concluye que los campos electromagnéticos generados por las instalaciones del Proyecto Parque Solar El Valle y Línea de Transmisión 1x110 kV presentan magnitudes inferiores a los límites considerados para la seguridad de las personas, tanto para campo eléctrico como para inducción magnética, de acuerdo con la normativa y criterios de referencia utilizados en el presente estudio. Asimismo, los resultados presentados en la Tabla 16 muestran que la línea de transmisión aérea cumple con el valor de referencia considerado para radiointerferencia, correspondiente a la normativa canadiense específica para líneas aéreas de alta tensión.

De acuerdo con lo señalado por el SEA para la evaluación de este tipo de emisiones, se consideró además la ubicación de ocho receptores próximos a las instalaciones del Proyecto. A partir de los resultados obtenidos para el Parque Fotovoltaico, el Sistema BESS, la Subestación Elevadora y la Línea de Transmisión, se determinó que dichos receptores se encuentran a distancias superiores al alcance de los campos eléctricos y magnéticos generados por el Proyecto, por lo que no se prevén aportes atribuibles a éste en sus respectivas ubicaciones.

Por lo anterior, se concluye que las instalaciones del Proyecto cumplen con los criterios normativos y de seguridad considerados para la evaluación de campos electromagnéticos, así como con los

criterios establecidos por el SEA respecto de la evaluación de receptores y de la interacción con fuentes existentes.

Finalmente, conforme a la Guía Áreas de Influencia en el SEIA (SEA, 2026), los campos electromagnéticos corresponden a un atributo del medio físico y no constituyen por sí mismos un objeto de protección del SEIA. En este contexto, el AE definida para el presente estudio comprende los sectores asociados al Parque Fotovoltaico, Sistema BESS y Subestación Elevadora, además de las franjas consideradas para los tramos aéreo y soterrado de la Línea de Transmisión de 110 kV, permitiendo caracterizar los campos generados por las distintas instalaciones y verificar su comportamiento respecto de los receptores identificados.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Referencias

[1] Students' QuickField (TM) Finite Element Analysis System. Copyright (C) Tera Analysis Company,. www.quickfield.com

[2] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
ICNIRP Publication – 2010
ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 hz – 100 kHz)
Published in: Health Physics 99(6):818-836; 2010

[3] PLIEGO TÉCNICO NORMATIVO RPTD N°07, dictado por Resolución Exenta Nº 33.277, de fecha 10/09/2020,
Superintendencia de Electricidad y Combustibles

[4] CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA: Evaluación de impactos por radiación electromagnética en proyectos de transmisión eléctrica,
Servicio de Evaluación Ambiental, Primera Edición, Santiago, junio 2023

[5] Servicio de Evaluación Ambiental
Criterio de evaluación en el SEIA: Metodologías para la consideración de los impactos acumulativos y sinérgicos, Primera Edición Santiago, noviembre 2024

[6] Canadian Standards Association, Standard CAN3 C108.3.1-M84, “Limits and Measurement Methods of Electromagnetic Noise from AC Power Systems 0.15 to 30 MHz” Octubre 1984.

[7] Worst Case Evaluation of Magnetic Field in the vicinity of Electric Power Substations Gerhard Bräunlich, Reinhold Bräunlich.
ETH Zürich, Switzerland; FKH Fachkommission für Hochspannungsfragen.
Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology 04 (2013) 33-40

[8] Modeling of electric field around 100 mva 150/20 kv power transformator using charge simulation method
Noviadi Arief Rachman a,*, Agus Risdiyanto a, Ade Ramdan

[9] Gary, C.; Moreau, M:
“L’effet de couronne en tensión alternative”, Eyroller Collection. Direction des Etudes et Recherches d’Electricité de France (N° 24), 1976.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

APÉNDICE 1

Cálculo de campo eléctrico e inducción magnética generado por la línea de transmisión aérea

La metodología utilizada para la solución del campo eléctrico y de la inducción magnética consiste en una modelación de las estructuras, los conductores y su entorno mediante elementos finitos, aplicando el software utilitario QuickField [1], para resolver campo eléctrico y campo magnético en un plano transversal a la línea. En alta tensión, frecuencia 50Hz, el campo eléctrico se resuelve por las mismas metodologías de solución del campo estático, en QuickField existe la opción Electrostatic; el análisis se efectúa en un instante específico en que una fase se encuentra en su valor máximo efectivo y por lo tanto las otras dos fases se encuentran en el 50% negativo de este valor. En QuickField se tiene la opción de resolver campo magnético variable en el tiempo, (opción AC Magnetics) de modo que las fases se entregan con módulo y fase. Las condiciones de borde para el campo eléctrico son voltaje nulo en el contorno externo y en el plano de tierra y para el campo magnético, potencial magnético nulo en el contorno externo. El resultado del análisis se presenta en la forma de perfiles de campo evaluados a una altura de 1,0 m sobre el suelo.

Los parámetros de entrada para evaluar campo eléctrico en la línea de 110kV son, numerados los conductores de izquierda a derecha en el sentido de los punteros del reloj:

- Fase 1: -31.755 Volts
- Fase 2: 110.000/√3 = 63.509 Volts
- Fase 3: -31.755 Volts

Para el análisis del campo magnético se consideró una potencia de 139 MVA, lo que define una corriente por fase de 729,6 Amperes. Los parámetros de entrada para evaluar inducción magnética son, por lo tanto, numerados los conductores de izquierda a derecha en el sentido de los punteros del reloj:

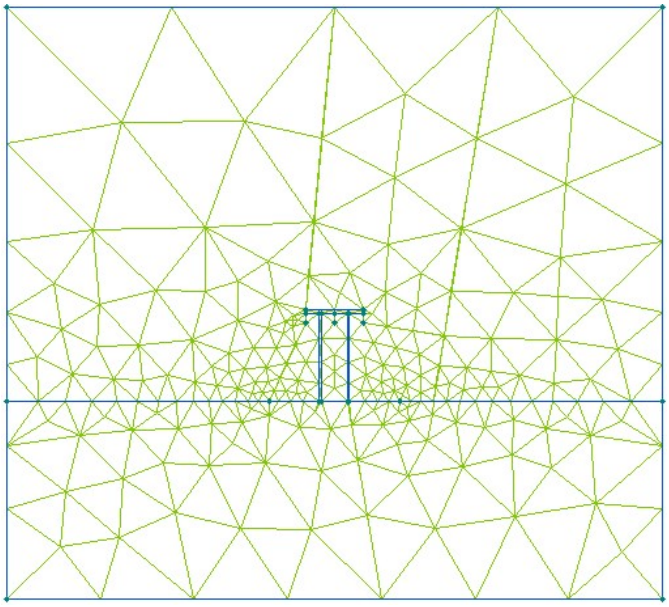
- Fase 1: 729,6 Amperes por conductor; fase 0°
- Fase 2: 729,6 Amperes por conductor; fase -120°
- Fase 3: 729,6 Amperes por conductor; fase 120°

A continuación, se muestra la malla de elementos finitos en el plano transversal y los gráficos de campo eléctrico e inducción magnética resultantes en el plano, soportada la línea por las distintas estructuras analizadas. La línea transversal en las Figuras señala la superficie del suelo; las líneas rojas en los gráficos indican una distancia de 10 m al eje que representa un ancho de franja de 20 m, ancho típico mínimo para una línea de 110kV, y la flecha señala la ubicación de la línea.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

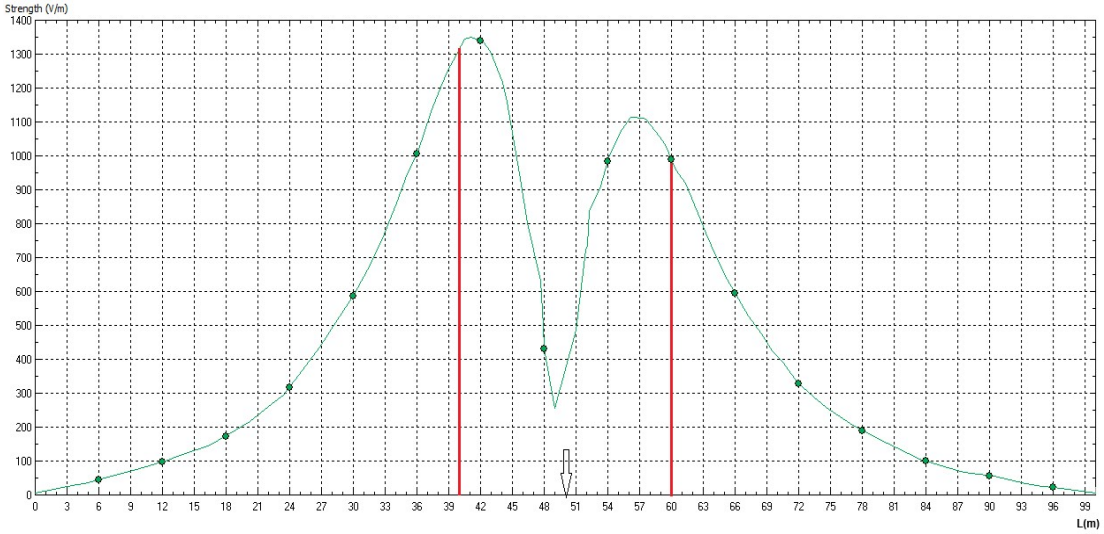
A1.1 Estructura S110, altura de conductor 13.75m

Figura 25. Malla de elementos finitos estructura S110, H13.75



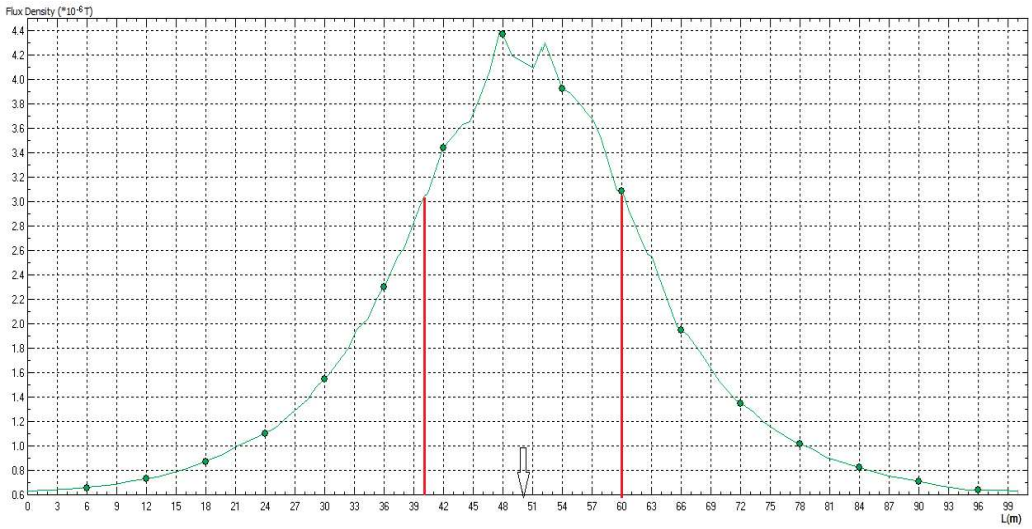
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, estructura S110, H13.75



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7 Inducción magnética a 1m sobre el suelo, estructura S110, H13.75



Fuente: Elaboración propia

Las magnitudes máximas de campo en el borde de franja para esta estructura, con una altura de 16,50m, son:

Campo eléctrico: 1.308 [V/m]

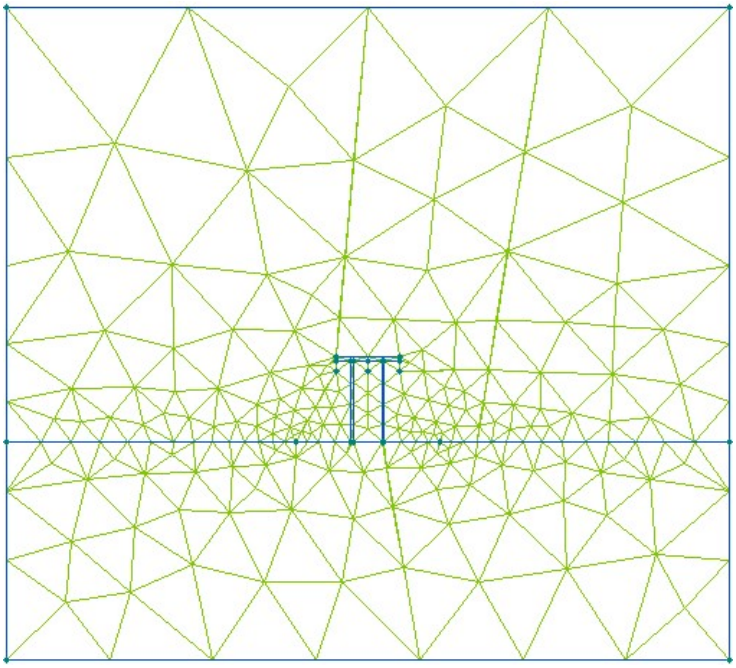
Inducción magnética: 3,09 [micro Tesla]

Estos valores están bajo los límites de normas y criterios respecto de seguridad para las personas. En ambos gráficos se puede observar un decrecimiento rápido de los campos desde el borde de la franja de seguridad.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

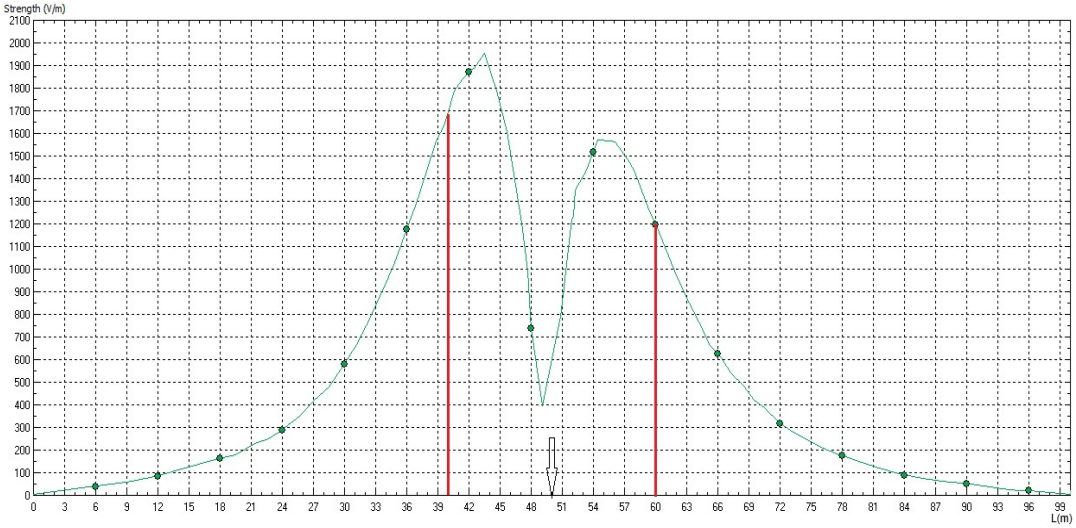
A1.2 Estructura A110.30, altura conductor 11.25

Figura 26 Malla de elementos finitos, estructura A110.30, H 11.25



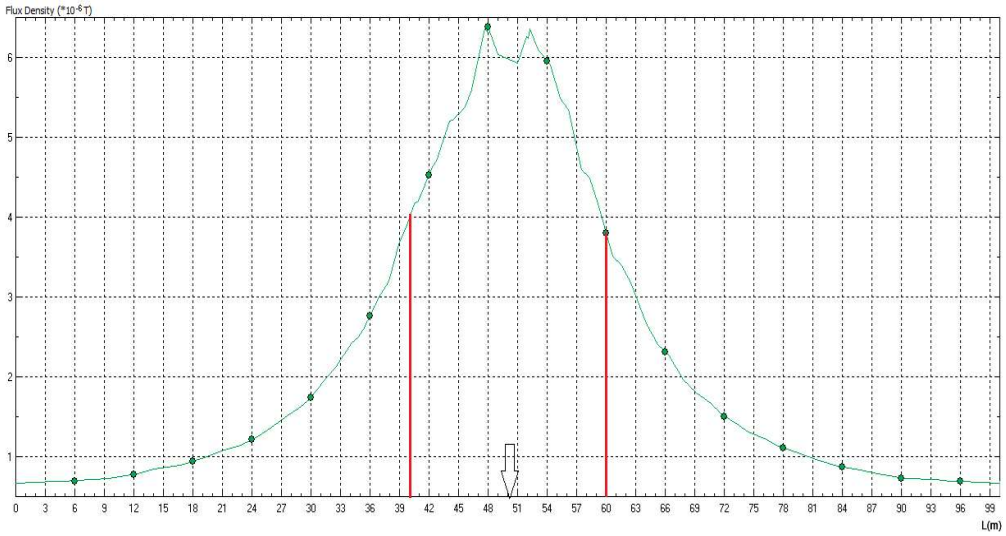
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8 Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, Estructura A110.30



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. ***Inducción magnética a 1m sobre el suelo, Estructura A110.30***



Fuente: Elaboración propia

Las magnitudes máximas de campo en el borde de franja para esta estructura, con una altura de 11.25 **m**, son:

Campo eléctrico: 1.688 [V/m]

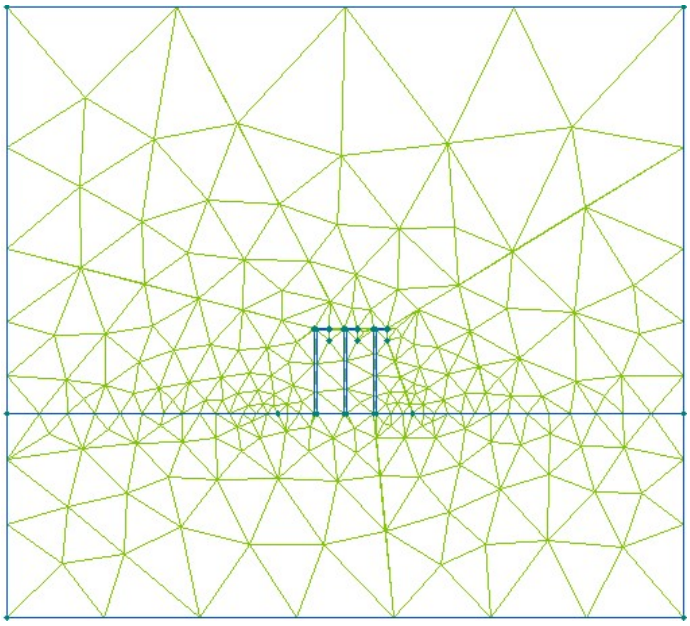
Inducción magnética: 6,98 [micro Tesla]

Estos valores están bajo los límites de normas y criterios respecto de seguridad para las personas. En ambos gráficos se puede observar un decrecimiento rápido de los campos desde el borde de la franja de seguridad.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

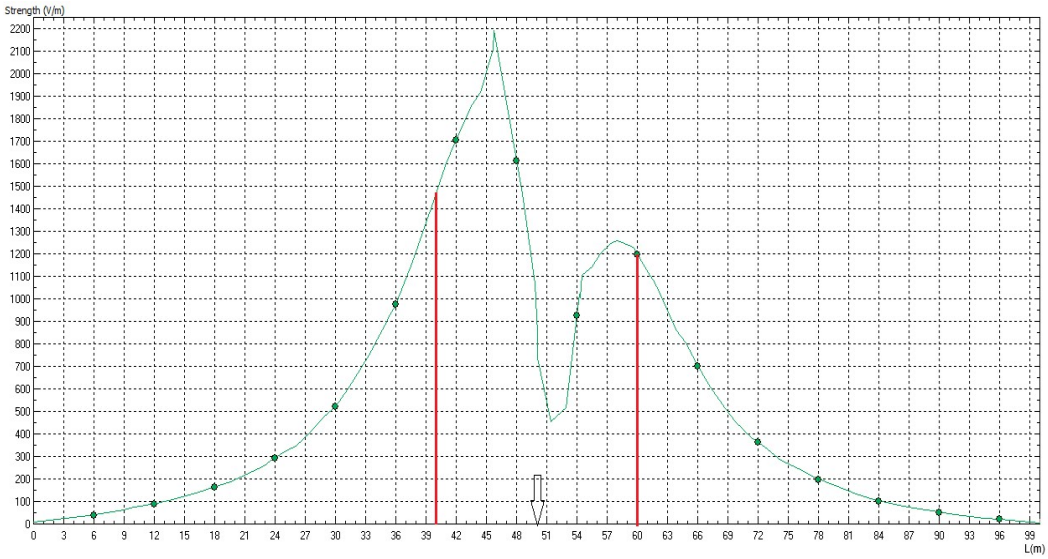
A1.3 Estructura A110.75, altura conductor 12.50

Figura 27. Malla de elementos finitos, estructura A110.75, H 12.50



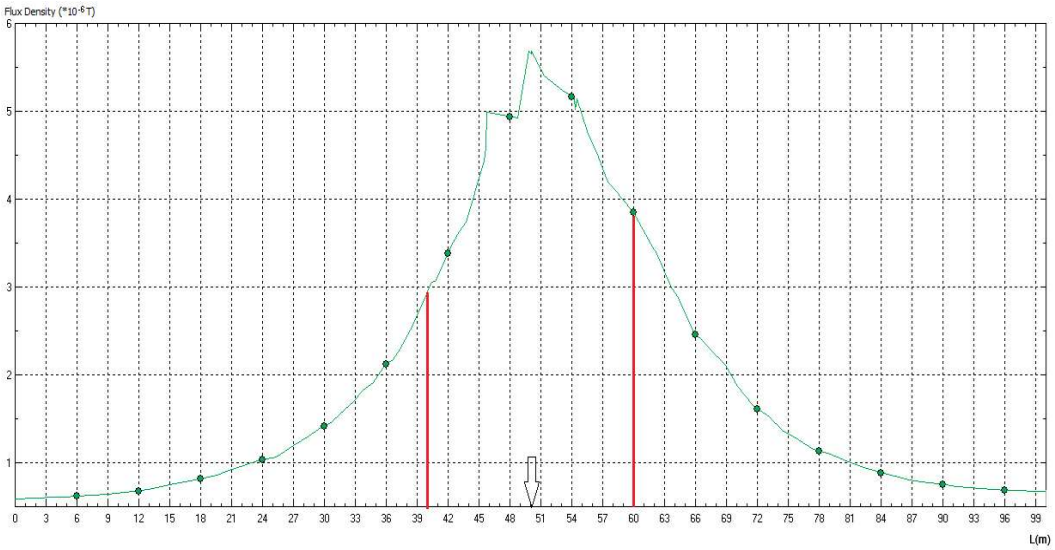
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10 Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, estructura A110.75, H 12.50



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11 Inducción magnética a 1m sobre el suelo, estructura A110.75, H 12.50



Fuente: Elaboración propia

Las magnitudes máximas de campo en el borde de franja para esta estructura, con una altura de 12.50 **m**, son:

Campo eléctrico: 1.462 [V/m]

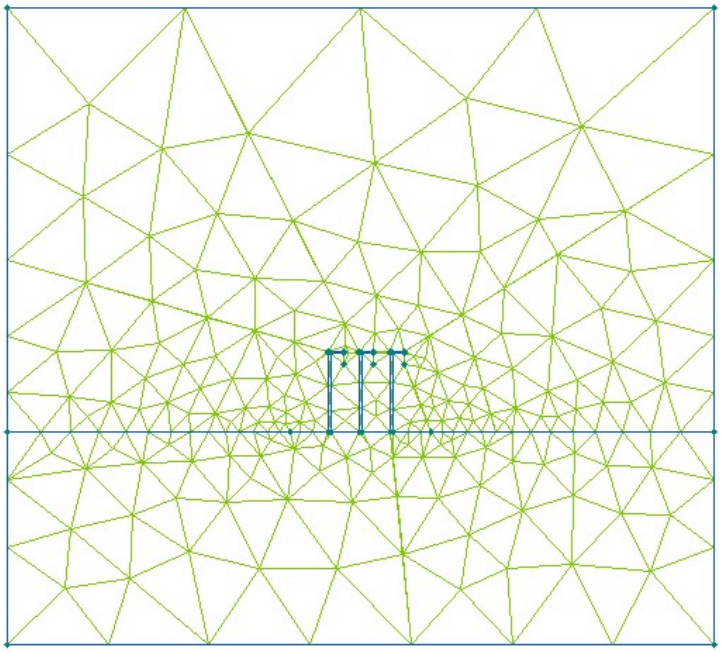
Inducción magnética: 7,13 [micro Tesla]

Estos valores están bajo los límites de normas y criterios respecto de seguridad para las personas. En ambos gráficos se puede observar un decrecimiento rápido de los campos desde el borde de la franja de seguridad.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

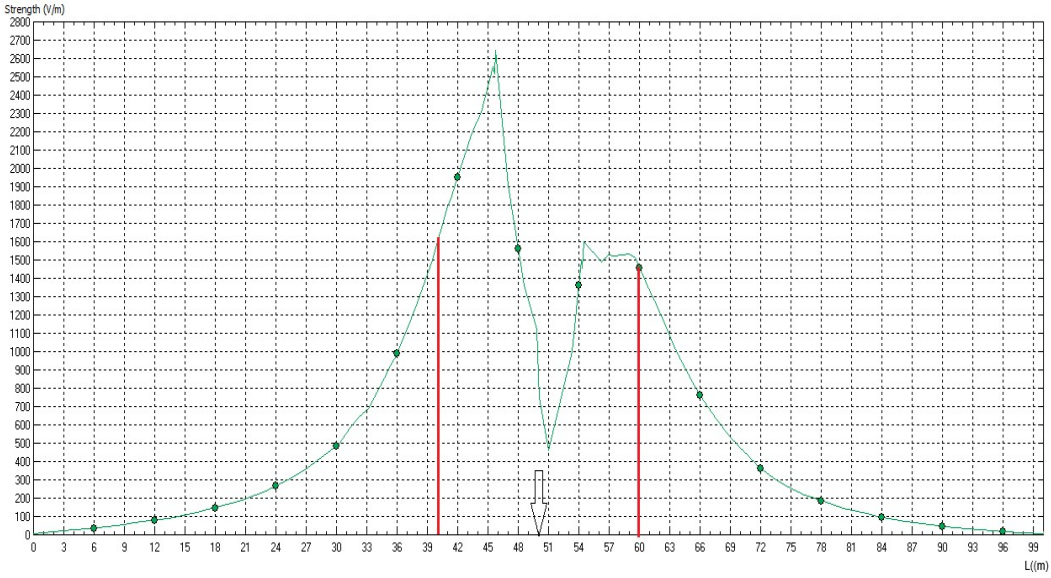
A1.4 Estructura A110.90, altura conductor 11.25

Figura 28 Malla de elementos finitos, Estructura A110.90, H 11.25



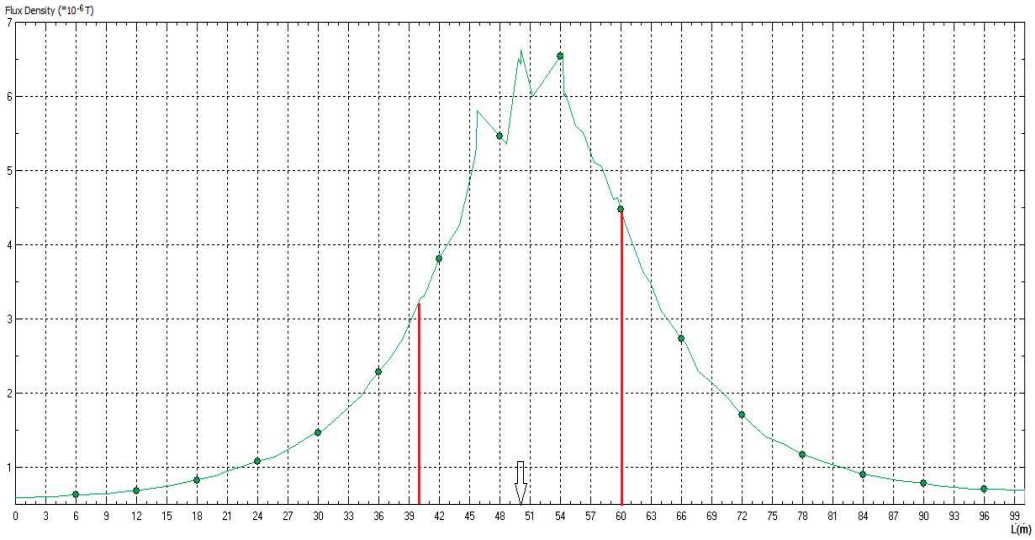
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12 Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, estructura A110.90, H 11.25



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13 Inducción magnética a 1m sobre el suelo, estructura A110.90, H 11.25



Fuente: Elaboración propia

Las magnitudes máximas de campo en el borde de franja para esta estructura, con una altura de 11.25 **m**, son:

Campo eléctrico: 1.615 [V/m]

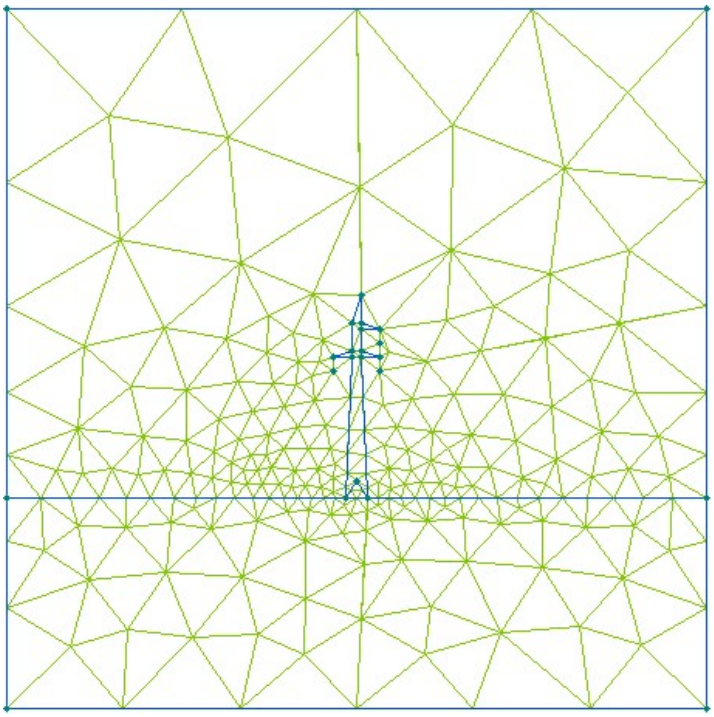
Inducción magnética: 4,88 [micro Tesla]

Estos valores están bajo los límites de normas y criterios respecto de seguridad para las personas. En ambos gráficos se puede observar un decrecimiento rápido de los campos desde el borde de la franja de seguridad.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

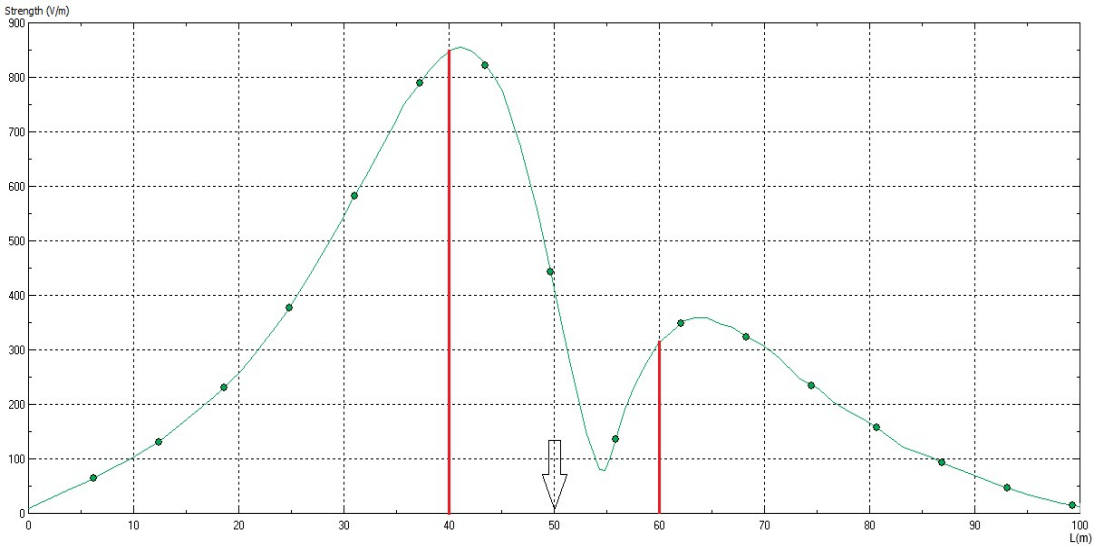
A1.5 Estructura R110T, altura poste 13,75

Figura 29 Malla de elementos finitos, estructura R110T, H 13.75



Fuente: Elaboración propia

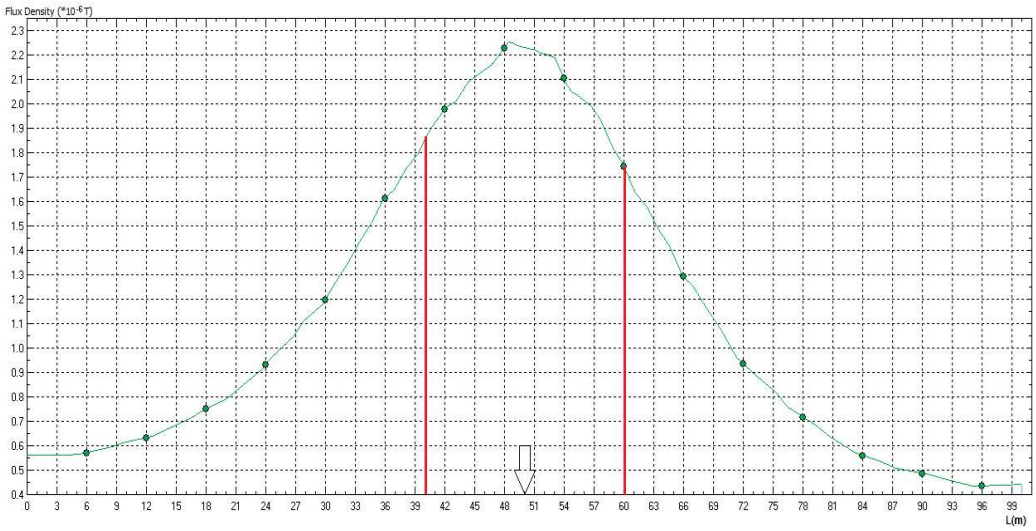
Gráfico 14 Campo eléctrico a 1m sobre el suelo, estructura R110T, H 13.75



Fuente: Elaboración propia

(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl

Gráfico 15 Inducción magnética a 1m sobre el suelo, estructura R110T, H 13.75



Fuente: Elaboración propia

Las magnitudes máximas de campo en el borde de franja para esta estructura, con una altura de 11.25 **m**, son:

Campo eléctrico: 855 [V/m]

Inducción magnética: 1,88 [micro Tesla]

Estos valores están bajo los límites de normas y criterios respecto de seguridad para las personas. En ambos gráficos se puede observar un decrecimiento rápido de los campos desde el borde de la franja de seguridad.

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

APÉNDICE 2

CÁLCULO DE RADIO INTERFERENCIA DE LA LÍNEA

Mediante la aplicación del software LINEAS, de elaboración propia, se determina el campo eléctrico en la superficie de los conductores y la radio interferencia emitida por los conductores de la línea de 1x110 kV. El programa ocupa el Método de Simulación de Cargas para determinar el campo eléctrico superficial y el procedimiento CIGRE para evaluar nivel de interferencia. A continuación, se incluye el listado de salida del software LINEAS para las estructuras evaluadas.

NOTA: El programa utiliza punto decimal (.) en lugar de coma (,). No incluye tilde de acentos.

A2.1 Estructura S110, altura poste 13.75m

CAMPO ELECTRICO Y POTENCIAL INDUCIDO EN TORNO A LINEAS DE TRANSMISION

Numero total de conductores : 4

Numero de conductores activos : 3

Numero de cables de guardia : 1

Tabla 15. Características y ubicación de conductores Estructura S110

Fase	1	2	3	C. G.
Numero de subconductores	1	1	1	1
Radio del subconductor (cm)	1.4075	1.4075	1.4075	0.670
Ubicación lateral del conductor (m)	-4.460	0.000	4.460	2.230
Altura conductor sobre el suelo (m)	10.750	10.750	10.750	13.300

Matriz de coeficientes (amplif. por $(2\ \pi\varepsilon_0)$)

7.3314	1.5940	.9592	1.2490
1.5940	7.3314	1.5940	1.9643
.9592	1.5940	7.3314	1.9643
1.2490	1.9643	1.9643	8.2866

Matriz de capacitancias (amplif. por $1/(2\ \pi\varepsilon_0)$)

.1456	-.0259	-.0098	-.0135
-.0259	.1543	-.0229	-.0273
-.0098	-.0229	.1504	-.0287
-.0135	-.0273	-.0287	.1360

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Potenciales de conductores (KVolts)

(	63.5090,	0.0000)	63.5090
(	-31.7545,	-55.0004)	63.5090
(	-31.7545,	55.0004)	63.5090
(	0.0000,	0.0000)	0.0000

Cargas en conductores (Cb)/(2 $\pi\varepsilon_0$)

(	10.3820,	0.8861)	10.4197
(	-5.8200,	-9.7439)	11.3497
(	-4.6713,	9.5266)	10.6102
(	.9221,	-.0820)	.9258

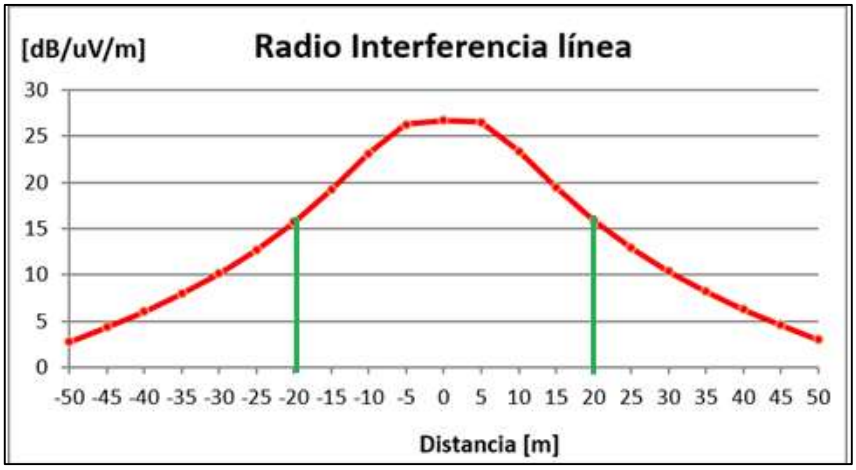
Gradientes superficiales (kVef./cm)

(	7.3762,	0.6296)	7.4030
(	-4.1350,	-6.9229)	8.0638
(	-3.3189,	6.7684)	7.5383
(	1.3763,	-0.1224)	1.3818

Tabla 16 Radio interferencia según norma

RI fase 1	RI fase 2	RI fase 3	RI global
9,34	14,19	15,30	16,24

Gráfico 16. Variación de RI con la distancia



(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl

A2.2 Estructura A110.30, altura poste 11.25

CAMPO ELECTRICO Y POTENCIAL INDUCIDO EN TORNO A LINEAS DE TRANSMISION

Numero total de conductores : 4

Numero de conductores activos : 3

Numero de cables de guardia : 1

Tabla 17 Características y ubicación de conductores Estructura A110.30

Fase	1	2	3	C. G.
Numero de subconductores	1	1	1	1
Radio del subconductor (cm)	1.4075	1.4075	1.4075	0.670
Ubicacion lateral del conductor (m)	-4.460	0.000	4.460	0.000
Altura conductor sobre el suelo (m)	7.250	7.250	7.250	11.420

Matriz de coeficientes (amplif. por (2 $\pi\varepsilon_0$))

6.9375	1.2242	.6463	1.1454
1.2242	6.9375	1.2242	1.4990
.6463	1.2242	6.9375	1.1454
1.1454	1.4990	1.1454	8.1342

Matriz de capacitancias (amplif. por 1/(2 $\pi\varepsilon_0$))

.1514	-.0219	-.0076	-.0162
-.0219	.1568	-.0219	-.0227
-.0076	-.0219	.1514	-.0162
-.0162	-.0227	-.0162	.1317

Potenciales de conductores (KVolts)

(	63.5090,	0.0000)	63.5090
(	-31.7545,	-55.0004)	63.5090
(	-31.7545,	55.0004)	63.5090
(	0.0000,	0.0000)	0.0000

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Cargas en conductores (Cb)/(2 $\pi\varepsilon_0$)

(	10.5493,	0.7870)	10.5786
(	-5.6729,	-9.8258)	11.3458
(	-4.5931,	9.5294)	10.5786
(	0.2067,	0.3580)	0.4134

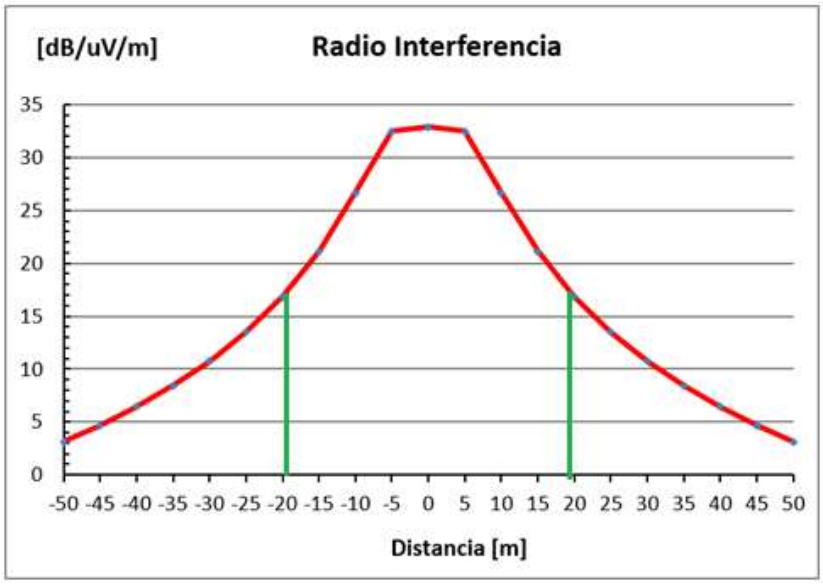
Gradientes superficiales (kVef./cm)

(	7.4950,	0.5591)	7.5159
(	-4.0305,	-6.9810)	8.0610
(	-3.2633,	6.7705)	7.5159
(	0.3085,	0.5344)	0.6170

Tabla 18 Radio Interferencia según norma

RI fase 1	RI fase 2	RI fase 3	RI global
10,29	14,99	16,49	17,24

Gráfico 17. Variación de RI con distancia



A2.3 Estructura TA110.6, altura poste 13,75

CAMPO ELECTRICO Y POTENCIAL INDUCIDO EN TORNO A LINEAS DE TRANSMISION

Numero total de conductores : 4

Numero de conductores activos : 3

Numero de cables de guardia : 1

Tabla 19 Características y ubicación de conductores Estructura TA110.6

Fase	1	2	3	C. G.
Numero de subconductores	1	1	1	1
Radio del subconductor (cm)	1.4075	1.4075	1.4075	0.700
Ubicacion lateral del conductor (m)	-3.350	3.350	3.350	0.600
Altura conductor sobre el suelo (m)	16.000	16.000	20.000	24.900

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Matriz de coeficientes (amplif. por (2 $\pi\varepsilon_0$))

7.7291	1.5851	1.5460	1.4398
1.5851	7.7291	2.1972	1.4817
1.5460	2.1972	7.9522	2.0802
1.4398	1.4817	2.0802	8.8699

Matriz de capacitancias (amplif. por 1/(2 $\pi\varepsilon_0$))

.1400	-.0208	-.0175	-.0151
-.0208	.1455	-.0327	-.0133
-.0175	-.0327	.1449	-.0257
-.0151	-.0133	-.0257	.1234

Potenciales de conductores (KVolts)

(	63.5090,	0.0000)	63.5090
(	-31.7545,	-55.0004)	63.5090
(	-31.7545,	55.0004)	63.5090
(	0.0000,	0.0000)	0.0000

Cargas en conductores (Cb)/(2 $\pi\varepsilon_0$)

(	10.1066,	0.1833)	10.1082
(	-4.9049,	-9.7992)	10.9582
(	-4.6747,	9.7670)	10.8281
(	0.2751,	-0.6833)	0.7366

Gradientes superficiales (kVef./cm)

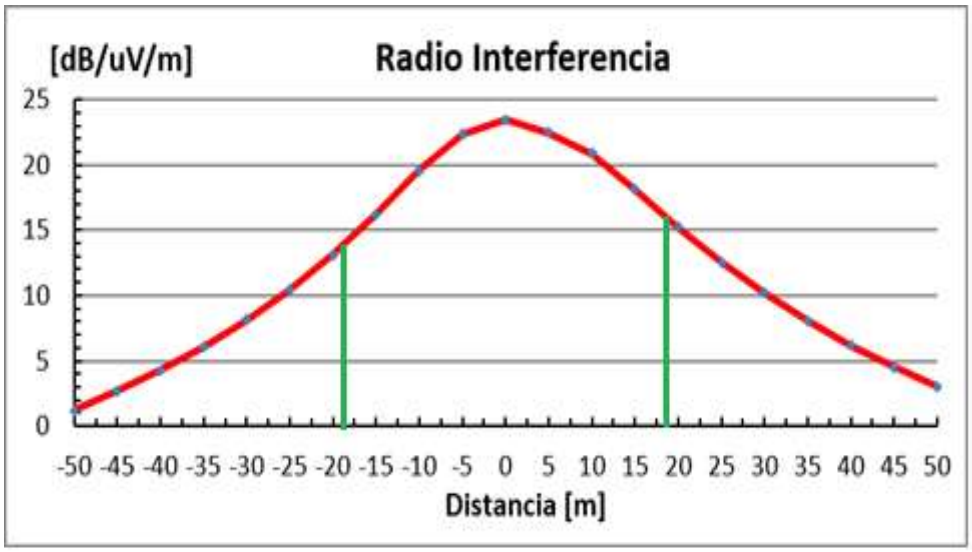
(	7.1805,	0.1302)	7.1817
(	-3.4848,	-6.9621)	7.7856
(	-3.3213,	6.9393)	7.6931
(	0.3930,	-0.9762)	1.0523

(56 32) 2683222 Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar www.socoam.cl

Tabla 20. Radio interferencia según norma

RI fase 1	RI fase 2	RI fase 3	RI global
9,13	16,06	13,23	16,15

Gráfico 18 Variación de RI con la distancia



(56 32) 2683222
Calle Limache 3405 Of 85 Reitz I, Viña del Mar
www.socoam.cl