

**ANEXO AL PROYECTO SUBESTACIÓN
TRANSFORMADORA 30/45kV
ACAMPO ESTREN**

(ESTUDIO ELECTROMAGNETISMO)

Octubre 2019

Titular: Agroalimentaria Aragonesa S.L.

CIF: B99053126

Nº Expediente: 87/2019; 86/2019

HUERTO SOLAR

ACAMPO ESTRÉN



Provincia de Zaragoza

ANEXO IX

ANEXO IX: ESTUDIO ELECTROMAGNETISMO

1. Objeto y alcance

El presente documento se centra en el análisis de los fenómenos de naturaleza electromagnética derivados de las intensidades de circulación en las instalaciones de la *Subestación 45/30 kVAcampo Estren*.

Siendo el objeto de éste determinar el cumplimiento de la normativa vigente en materia de exposición máxima a campos electromagnéticos en las proximidades de estas infraestructuras.

2. Normativa de aplicación y documentación de referencia

Para la realización de los cálculos justificativos se ha tenido en cuenta la siguiente normativa: Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

3. Fundamentos teóricos de aplicación

Para el soporte de la presente justificación se definirán las pinceladas teóricas básicas que sirvan como fundamento para la comprobación técnica, desde un punto de vista electromagnético, de la instalación propuesta. Apoyándonos para ello en los siguientes principios:

El campo electromagnético en corriente alterna se origina por la presencia de tensión y por el movimiento de cargas eléctricas en circuitos, es decir son motivados por un flujo de corriente eléctrica. Los campos magnéticos son proporcionales a la intensidad de la corriente alterna que circula y que varía en función del consumo de energía en el propio circuito eléctrico, mientras que los campos eléctricos están en estrecha relación con el nivel de tensión del circuito eléctrico. Por otro lado, es destacable el hecho de que la intensidad del campo generado es función inversamente proporcional a la distancia a la fuente de intensidad, aumentando o disminuyendo en función de la cercanía o alejamiento a la misma.

Los materiales de construcción de los edificios y la vegetación no constituyen una barrera para los campos magnéticos, que los atraviesan fácilmente. Razón por la cual se han estudiado más los campos magnéticos que los eléctricos en la mayoría de los estudios epidemiológicos.

A mayor voltaje, las intensidades de circulación son menores, lo que supone un menor impacto electromagnético en potencias similares a menor tensión.

Las propias distancias de seguridad intrínsecas a la eliminación del riesgo eléctrico en Alta Tensión suponen una barrera en cuanto a la posible influencia de los campos magnéticos sobre los seres vivos.

4. Cálculo de campos magnéticos

A lo largo del presente apartado se procede a la valoración de los campos electromagnéticos generados por la instalación objeto, para lo cual se describirá en primer lugar la metodología de cálculo utilizada.

Metodología de cálculo

A lo largo del presente apartado se procede a la valoración de los campos electromagnéticos generados por la instalación objeto.

La magnitud del campo magnético a una cierta distancia de un conductor por el cual circula una corriente se determina a partir de una ley física fundamental, la Ley de Biot y Savart:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

Siendo:

B : Campo magnético, expresado en T.

μ_0 : Permeabilidad magnética del medio (al tratarse de aire, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ N/A²).

I : Intensidad que circula por los conductores, expresada en A.

r : Distancia a los conductores, expresada en m. Ésta distancia estará condicionada por la distancia horizontal considerada a las partes en tensión, y la distancia vertical entre éstas y el punto de análisis:

$$r = \sqrt{(r_x)^2 + (r_y)^2}$$

A la hora de realizar un estudio pormenorizado del campo magnético generado por el conjunto que forman los tres conductores de un circuito trifásico, se debe tener en cuenta los efectos de atenuación del campo magnético debido a la mayor o menor proximidad de los mismos. A mayor proximidad entre los conductores de un mismo circuito, mayor será la atenuación del campo y, por tanto, menores serán los niveles de campo magnético en las inmediaciones de los cables conductores. Teniendo en cuenta los desfases característicos de un sistema trifásico, se definen las corrientes de dicho sistema de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} I_R &= I \\ I_S &= I \cdot \cos(120) \\ I_T &= I \cdot \cos(-120) \end{aligned}$$

Teniendo esto en cuenta, para un punto situado a una distancia r de un circuito trifásico, el campo magnético resultante se obtiene de la siguiente forma:

$$B = \left(\frac{\mu_0 \cdot I_R}{2 \cdot \pi \cdot r_R} \right) + \left(\frac{\mu_0 \cdot I_S}{2 \cdot \pi \cdot r_S} \right) + \left(\frac{\mu_0 \cdot I_T}{2 \cdot \pi \cdot r_T} \right)$$

Simplificando la expresión anterior se obtiene:

$$B = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{I_R}{r_R} + \frac{I_S}{r_S} + \frac{I_T}{r_T} \right)$$

A su vez, el valor de la intensidad I se obtiene a partir de la potencia a evacuar y la tensión de la línea:

$$I = \frac{P \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Siendo:

I : Intensidad (A).

U : Tensión compuesta de la línea (kV).

P : Potencia activa a evacuar (MW).

$\cos \varphi$: El valor del $\cos \varphi$ se suele considerar entre 0,9 y 1, tomando como base 0,9 para el presente estudio por ser un valor más desfavorable.

Cálculo de los campos magnéticos en la Subestación 45/30 kVAcampo Estren

A continuación, se muestran los datos de partida utilizados para el cálculo, así como los resultados obtenidos.

Datos de partida

A continuación, se exponen los datos de partida utilizados en el cálculo de los campos magnéticos en la Subestación 45/30 kV Acampo Estren objeto de estudio.

Datos de partida		
Tensión MT		30 kV
Tensión AT		45kV
Potencia nominal por inversor		105 kW
Nº de inversores		215
Potencia nominal total a evacuar		22.575 kW
$\cos\varphi$		0,9
Intensidad máxima en 30 kV		434,46 A
Intensidad máxima en 45kV		289,64 A
Distancias aproximadas entre fases	Subida de cables 30 kV – Cable aislado	1,5 m
	Trafo de potencia – Aisladores 30 kV	0,5 m
	Trafo de potencia – Aisladores 45 kV	3,0 m
	Autoválvulas 45 kV	4,0 m
	TIs 45 kV	3,5 m
	Interruptor 45 kV	3,5 m
	Seccionador 45 kV	4,0 m
	TTs 45 kV	4,0 m
	Subida de cables 45 kV – Cable aéreo	4,0 m
Cables enterrados MT		0,05 m
Profundidad mínima aproximada cables enterrados MT y AT en el punto		0,35 m
Altura cable aéreo apartamenta		4,0 m
Altura cable aéreo en los aisladores de 45 kV del trafo		3,5 m

Cálculos justificativos y resultados

Se procede al cálculo de las intensidades de campo magnético en las inmediaciones de la apartamenta de la subestación. Debido a las distintas distancias entre fases en el parque de intemperie, se realiza un cálculo en cada una de las posiciones. Asimismo, se consideran las siguientes hipótesis:

En las cercanías de zanjas con cables enterrados (zanja 30 kV en la llegada a la subida de cables), se considera como punto de cálculo más restrictivo el situado sobre la zanja (0 m de distancia horizontal) y en el suelo.

En las cercanías de la apartamenta, se considera como punto de cálculo más restrictivo el situado a 1 m de distancia horizontal (no se prevé la proximidad de personas a menos de esta

distancia cuando la instalación está en funcionamiento) y a 2 m de distancia vertical sobre el suelo (se considera como caso más restrictivo una persona de 2 m de altura).

Se comprueban los valores de campo magnético en las proximidades de la aparamenta de acuerdo a los dos puntos anteriores, así como los valores de campo magnético en el exterior del vallado de la subestación.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos siguiendo las directrices anteriores:

Distancia horizontal a la zanja (m)	Campo magnético (μT)
	Cables enterrados 30 kV
0	32,71
0,5	6,33
1	1,20
1,5	0,39
2	0,17
2,5	0,09
3	0,05
3,5	0,03
4	0,02
4,5	0,02
5	0,01
6	0,01
7	0,00
8	0,00
9	0,00
10	<u>0,00</u>
11	0,00
12	0,00
13	0,00
14	0,00
15	0,00
16	0,00
17	0,00
18	0,00
19	0,00
20	0,00

Nota: los valores subrayados indican los valores de campo magnético a la distancia en la zona del vallado.

Distancia horizontal a la aparamenta (m)	Campo magnético (μT)			
	Subida de cables 30 kV Cable aislado Posición Trafo	Subida de cables 30 kV Cable aéreo	Trafo de potencia Aisladores 30 kV	Trafo de potencia Aisladores 45 kV
1	39,10	15,57	6,12	21,31
1,5	22,53	13,88	5,83	17,41

2	14,90	11,88	5,10	14,06
2,5	10,66	10,00	4,31	11,43
3	8,05	8,41	3,61	9,41
3,5	6,30	7,10	3,02	7,86
4	5,08	6,04	2,54	6,65
4,5	4,18	5,18	2,15	5,69
5	3,51	4,48	1,84	4,93
6	2,57	3,43	1,38	3,80
7	1,97	2,70	1,07	3,01
8	1,56	2,18	0,85	2,45
9	1,26	1,79	0,69	2,03
10	<u>1,05</u>	<u>1,50</u>	<u>0,57</u>	<u>1,71</u>
11	0,88	1,27	0,48	1,46
12	0,75	1,09	0,41	1,27
13	0,65	0,94	0,35	1,10
14	0,57	0,83	0,31	0,97
15	0,50	0,73	0,27	0,86
16	0,44	0,65	0,24	0,77
17	0,39	0,58	0,21	0,69
18	0,35	0,52	0,19	0,63
19	0,32	0,47	0,17	0,57
20	0,29	0,43	0,15	0,52

Nota: los valores subrayados indican los valores de campo magnético a la distancia en la zona del vallado.

Distancia horizontal a la aparamenta (m)	Campo magnético (μ T)					
	Autoválvulas 45 kV	TIs 45 kV	Interruptor 45 kV	Seccionador 45 kV	TTs 45 kV	Subida de cables 45 kV Cable aéreo
1	17,39	16,51	16,51	17,39	17,39	16,51
1,5	15,24	14,48	14,48	15,24	15,24	14,48
2	13,06	12,39	12,39	13,06	13,06	12,39
2,5	11,12	10,53	10,53	11,12	11,12	10,53
3	9,50	8,97	8,97	9,50	9,50	8,97
3,5	8,16	7,68	7,68	8,16	8,16	7,68
4	<u>7,06</u>	6,63	6,63	7,06	7,06	<u>6,63</u>
4,5	6,16	5,77	5,77	6,16	6,16	5,77
5	5,41	5,06	5,06	5,41	5,41	5,06
6	4,27	3,97	3,97	4,27	4,27	3,97
7	3,45	3,20	3,20	<u>3,45</u>	3,45	3,20
8	2,85	2,63	2,63	2,85	2,85	2,63
9	2,39	2,20	2,20	2,39	2,39	2,20
10	2,03	<u>1,87</u>	<u>1,87</u>	2,03	<u>2,03</u>	1,87
11	1,75	1,60	1,60	1,75	1,75	1,60

12	1,52	1,39	1,39	1,52	1,52	1,39
13	1,34	1,22	1,22	1,34	1,34	1,22
14	1,19	1,08	1,08	1,19	1,19	1,08
15	1,06	0,96	0,96	1,06	1,06	0,96
16	0,95	0,86	0,86	0,95	0,95	0,86
17	0,86	0,78	0,78	0,86	0,86	0,78
18	0,78	0,70	0,70	0,78	0,78	0,70
19	0,71	0,64	0,64	0,71	0,71	0,64
20	0,65	0,58	0,58	0,65	0,65	0,58

Nota: los valores subrayados indican los valores de campo magnético a la distancia en la zona del vallado.

De forma resumida, se obtienen los siguientes valores de campo magnético en las zonas de circulación de personas:

Campo magnético máximo en las inmediaciones de la apartada de la subestación	39,10 μ T
Campo magnético máximo en las inmediaciones del vallado de la subestación	7,06 μ T

Niveles máximos admitidos según normativa vigente

Se traslada en el presente apartado el contenido del Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, que regula los valores máximos admitidos en consonancia con la recomendación del Consejo de Europa de 12 de julio de 1999.

Valores que, a su vez, tienen como referencia los establecidos en la guía presentada por la Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación no Ionizante (ICNIRP) de 1998; en los que se establecen los límites de exposición recomendados, a saber:

Gama de frecuencia	Campo magnético máximo, B (μ T)
0 – 1 Hz	4×10^4
1 – 8 Hz	$4 \times 10^4 / f^2$
8 – 25 Hz	$5000 / f$
0,025 – 0,8 kHz	$5 / f$
0,8 – 3 kHz	6,25
3 – 150 kHz	6,25
0,15 – 1 MHz	$0,92 / f$
1 – 10 MHz	$0,92 / f$

10 – 400 MHz	0,092
400 – 2000 MHz	0,0046f ^{1/2}
2 – 300 GHz	0,20

La frecuencia de la instalación objeto de estudio es de 50 Hz. Como se puede observar, el valor máximo del campo magnético establecido para el rango entre 25 Hz y 800 Hz es un valor variable en función del nivel exacto de frecuencia, determinado por la expresión $5/f$ (f expresada en kHz). De esta expresión se deduce que el límite máximo de campo magnético a 50 Hz es de **100 μ T**.

5. Conclusiones

Como síntesis al presente anejo justificativo, se determina que los valores máximos de campo magnético obtenidos para la *Subestación 45/30 kVA campo Estrenson* inferiores a los valores límite establecidos en la normativa de aplicación, tanto en las inmediaciones de la apartamenta del parque de intemperie como en la zona del vallado de la subestación:

Campo magnético máximo en las inmediaciones de la apartamenta de la subestación	39,10 μ T
Campo magnético máximo en las inmediaciones del vallado de la subestación	7,06 μ T
Valor límite de campo magnético según RD 1066/2001	100 μT

Concluyendo por tanto que las instalaciones objeto no constituyen un riesgo para la salud pública por no sobrepasarse los valores máximos de campo magnético en las posibles zonas de tránsito de personas.

Zaragoza , 22 de octubre 2019

La Ingeniera T. Industrial
Al servicio de la empresa
Nº COGITIAR 508371



Fdo: Mª Luisa Santillán Beltrán