

INFORME DE ENSAYO

LABE02IE15549

2019-07-19 V1

Página 1 de 8

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Facultad de Ingeniería
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Cliente: **CODENSA S.A. E.S.P.**
Carolina Casas Patarroyo
Calle 93 N° 13 - 45, piso 4°, Bogotá D.C.;
606 92 92
8300372480
S/E San José

Elemento ensayado: S/E San José

Número de elementos ensayados: Uno (1) Referencia muestras: N/A

Propósito de los ensayos: N/A

Ensayos realizados: Simulación de Campos Electromagnéticos S/E San José

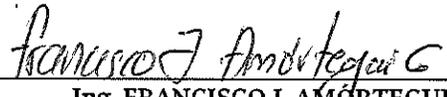
Fecha de finalización de las pruebas: 2019-07-03

Ubicación/Lugar: Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales

Observaciones: Ninguna.

El resultado sólo se aplica para el elemento ensayado. Este informe solo podrá reproducirse en su totalidad y con la correspondiente autorización del Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales FABIO CHAPARRO.




Ing. FRANCISCO J. AMÓRTEGUI G.
Jefe Técnico de Ensayos - LBE
Universidad Nacional de Colombia

ESTE DOCUMENTO SOLO TIENE VALIDEZ EN ORIGINAL Y COMPLETO

Elaboró: SGC
Formato: LABE01R20 V1.3
Emisión de formato: 2017-01-11

Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales - LBE
Carrera 30 No. 45 - 03
Edificio 411. Oficina 102C
Bogotá, Colombia
labe_fibog@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los

ANÁLISIS DE CAMPOS ELÉCTRICOS Y MAGNÉTICOS EN SUBESTACIÓN SAN JOSÉ UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

En este documento se plasma el informe final de actividades respecto a la simulación de campos electromagnéticos en la Subestación San José, propiedad de CODENSA S.A. E.S.P. La Subestación San José, ubicada en la localidad de los Martires, hace parte de los proyectos de CODENSA S.A. E.S.P. que buscan contribuir al fortalecimiento de la confiabilidad y estabilidad del sistema eléctrico de Bogotá y Cundinamarca. El objetivo de este proyecto es encontrar los niveles de campo electromagnético al interior de la subestación para verificar el cumplimiento de los límites establecidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Esta norma establece que la medida tanto del campo eléctrico como de magnético se hace a un (1) metro de altura del suelo o donde permanezcan personas.

A partir de la documentación, tanto de la geometría como la corriente de carga, entregada por parte de CODENSA S.A. E.S.P., se ha construido el modelo de subestación que se encuentra en las figuras 1 y 2.

La secuencia de fases utilizada para la simulación es positiva (A - C - B para el primer circuito, y B - C - A para el segundo), a una tensión línea - línea de 115 kV_{RMS} y una corriente por fase con una magnitud de 800 A_{RMS} en la entrada de alta tensión, mientras que, en el área de baja tensión, la tensión corresponde a 11,4 kV_{RMS} con una corriente por fase correspondiente a 4 kA_{RMS} (en una configuración de fases A - B - C).

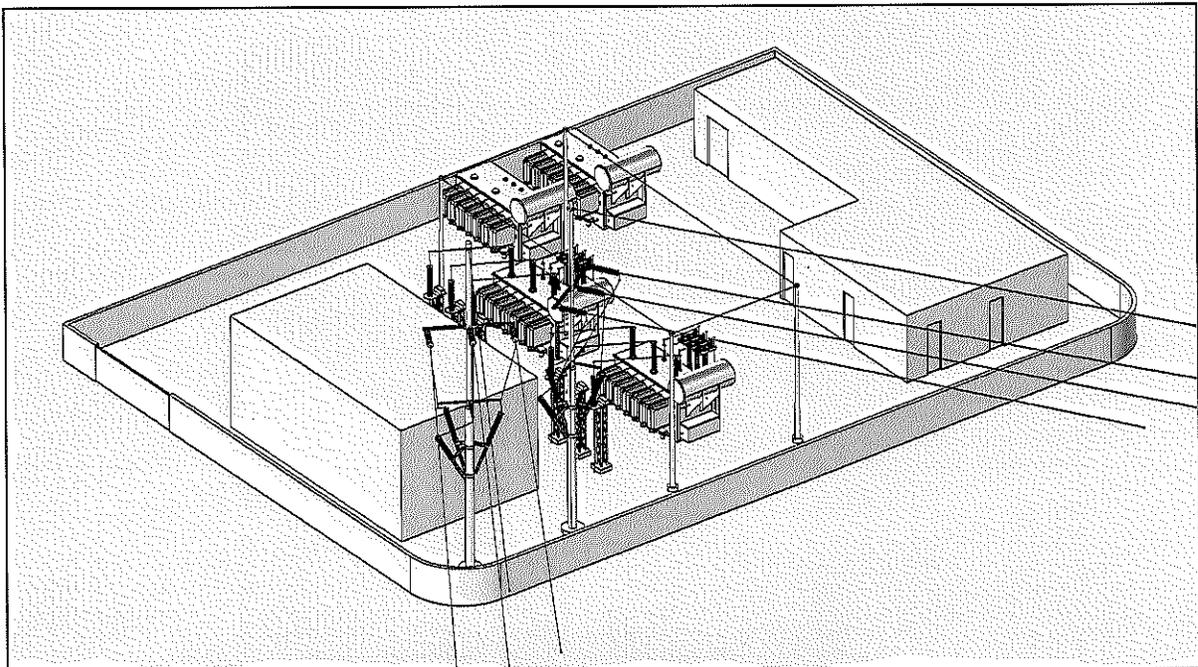


Figura 1. Vista diagonal Patio S/E San José- CAD 3D

El software utilizado es COMSOL Multiphysics, que está diseñado para este tipo de estudios. Con el cual se puede obtener exactitud en valores de campo eléctrico y campo magnético en el interior y el exterior de la subestación.

En el informe se presentan el campo magnético y el campo eléctrico en el interior de la subestación y sus alrededores inmediatos, además el campo eléctrico en construcciones elevadas que puedan existir en el borde de la servidumbre, debido a la línea que ingresa a la subestación.

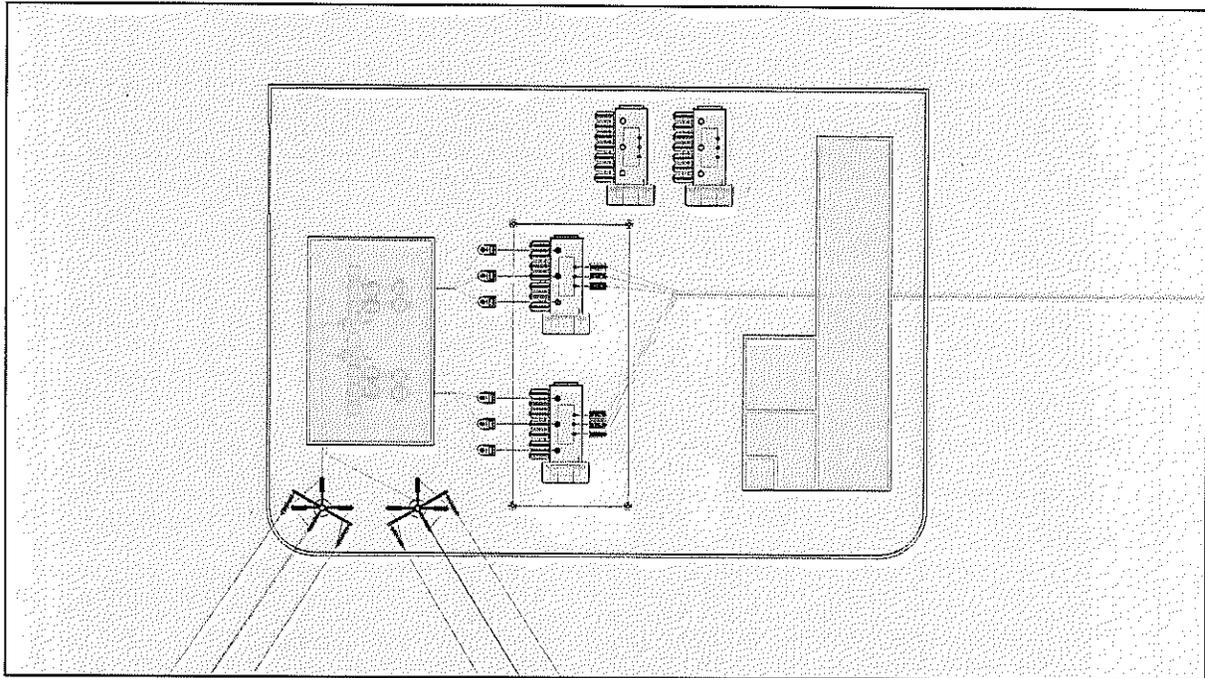


Figura 2. Vista Superior S/E San José- EMF Workstation

CAMPO MAGNÉTICO

El cálculo de la distribución de densidad de flujo magnético al interior de la S/E San Jose se ha realizado a través del método de elementos finitos, definiendo una corriente trifásica balanceada de 800A por fase, en la entrada de alta tensión, una corriente en el área de baja tensión de 4kA, y unos circuitos de distribución de 4MVA, junto con una malla con elementos cuadrados con una arista de 0,01m.

En la figura 5 y en la figura 6, se presentan las diferentes isolíneas de campo magnético para un plano ubicado a un (1) metro de altura respecto al suelo. En esta imagen se puede constatar que la densidad de flujo magnético al exterior de la subestación es menor a $10 \mu\text{T}$ al exterior de la subestación. Se presentan también la isolínea de densidad de flujo magnético de $0,2\mu\text{T}$ alrededor de la subestación y el tramo de la línea de transmisión simulada alcanza distancias de hasta cien (100) metros desde los límites de la Subestación.

Es posible evidenciar que las densidades de flujo magnético más altas se encuentran en los alrededores de los bornes de baja tensión de los transformadores, así como de los conductores que son conectados a las celdas de media tensión. También es importante resaltar que al interior de la subestación se encuentran por debajo de $1\mu\text{T}$ en los alrededores de los transformadores de Alta Tensión. A partir de esta información se concluye que los niveles de campo magnético en el exterior de la subestación se encuentran por debajo de $200\mu\text{T}$, que es la exigencia de RETIE para público general.

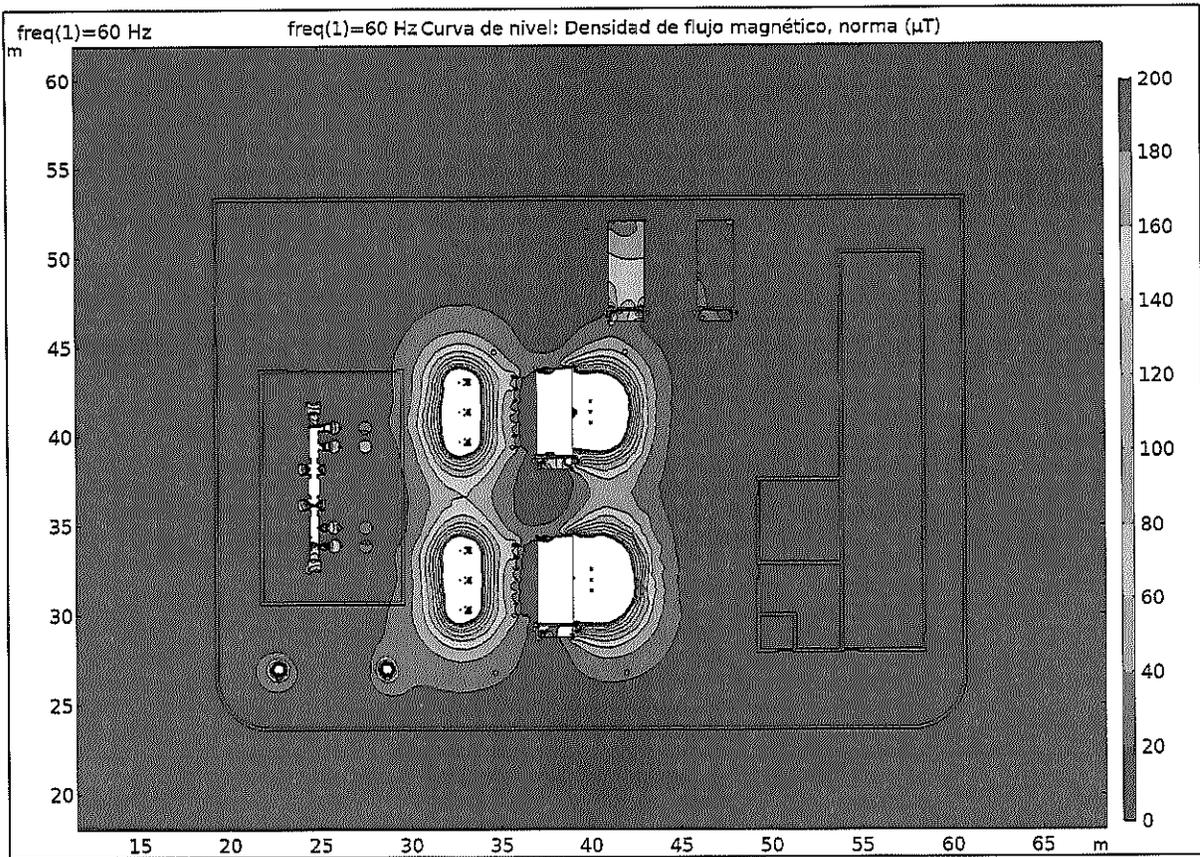


Figura 3. Densidad de flujo magnético a un (1) metro del suelo [μT] - S/E San José. Se evidencia que los niveles de densidad de flujo magnético al exterior de la subestación se encuentran por debajo de $10\mu\text{T}$.

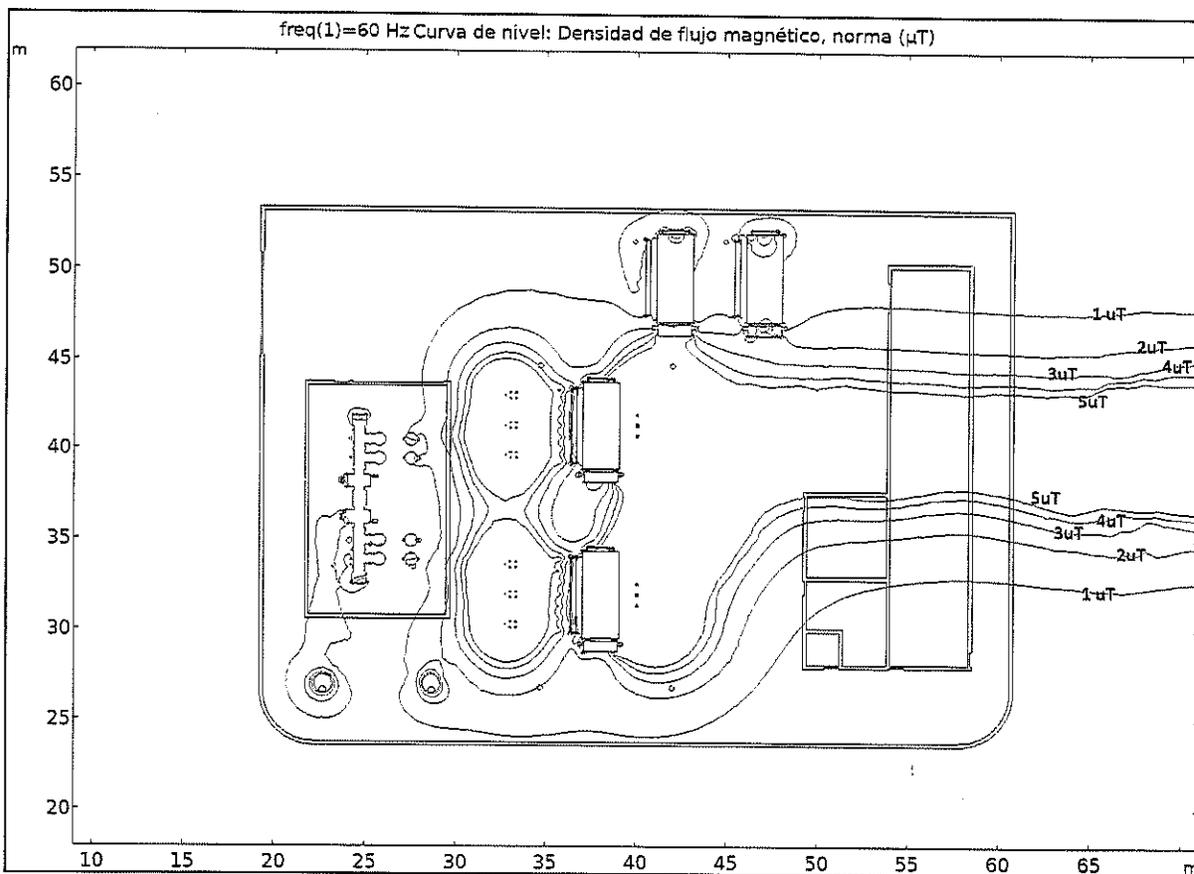


Figura 4. Intensidad de Campo magnético S/E San José [µT] - 1 Metro. Se evidencia que los niveles de intensidad de campo magnético al exterior de la subestación se encuentran por debajo de 200µT.

CAMPO ELÉCTRICO

El cálculo de la distribución de intensidad de campo eléctrico al interior de la S/E San José se ha realizado a través del método de elementos finitos, definiendo una corriente trifásica balanceada de $800A_{RMS}$ a una tensión de $115kV_{RMS}$, una corriente en el área de baja tensión de $8,07kA$, y unos circuitos de distribución de $4MVA$, a una tensión de $11,4 kV_{RMS}$.

La simulación fue distribuida en diferentes secciones para analizar al detalle cada parte crítica del sistema, y así poder determinar la influencia del campo eléctrico en los lugares pertenecientes a la subestación, así como sus alrededores.

Para la ejecución de la simulación, se ha definido una malla con elementos tetraédricos con dimensiones ajustables de acuerdo con la geometría. El método de elementos finitos utilizado fue basado en un mallado de alta densidad a una altura de $1,5m$, con un coeficiente de crecimiento de $2,4$. Lo que implica una alta precisión entre $0m$ y $5m$, que decae ligeramente si aleja de este rango de altura, es decir, cuando se acerca a los conductores de la línea. Los lugares con color cercano al blanco en las figuras corresponden con las zonas donde se sobrepasa el nivel de campo eléctrico utilizado como límite.

Se pudo constatar a través del proceso de simulación, que de acuerdo con la información presentada en la figura 6, que los niveles de campo eléctrico en las afueras de la subestación no superan los 0,1 kV/m para la altura de un (1) metro desde el nivel del suelo. Lo cual se encuentra entre los niveles permitidos por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE (4,16 kV/m).

Analizando al detalle el aporte de campo eléctrico en el patio de la subestación, se determinan los niveles de intensidad de campo eléctrico en los elementos y equipos que componen el patio de la subestación a diferentes alturas de medición. La figura 5 fue dibujada de tal manera que se definió como máxima magnitud 1 kV/m, valor que permite evidenciar de mejor forma la distribución de campo eléctrico fuera de la subestación.

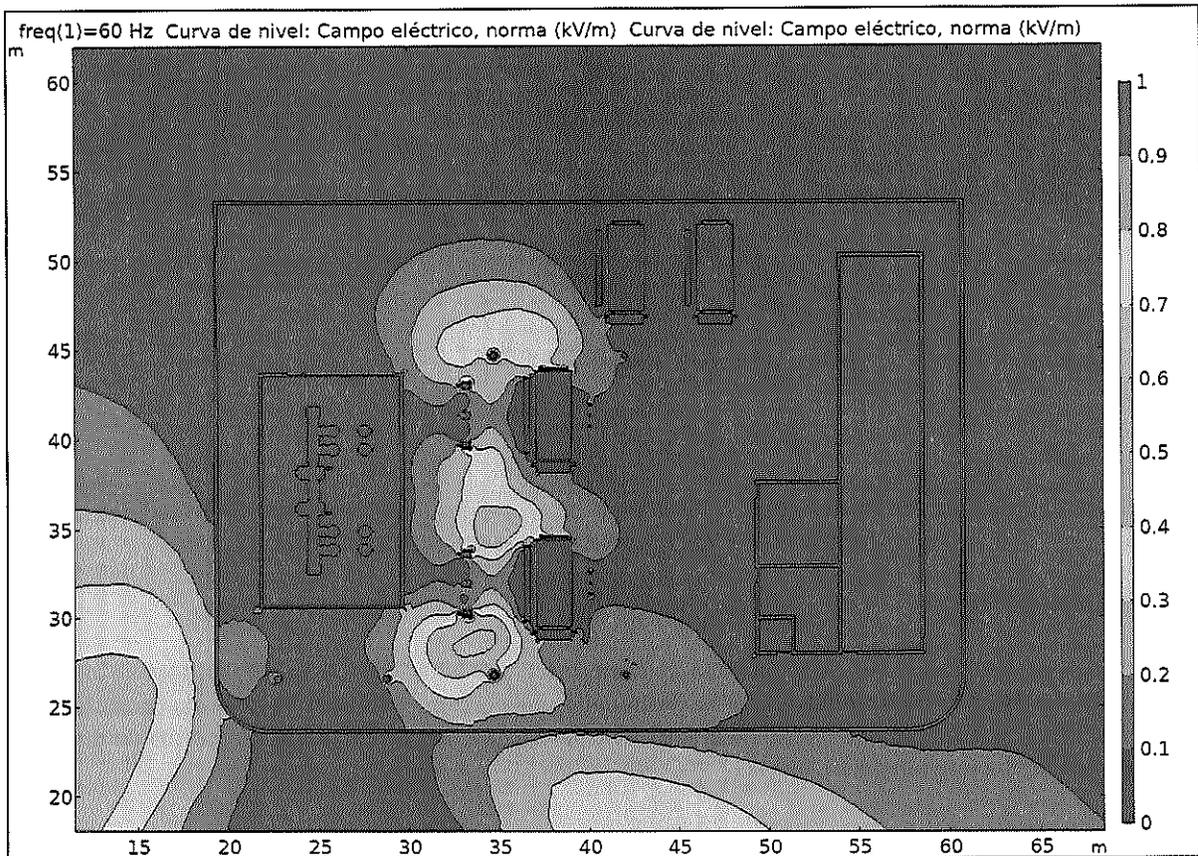


Figura 5. Intensidad de Campo Eléctrico S/E San José [kV/m] - 1 Metro

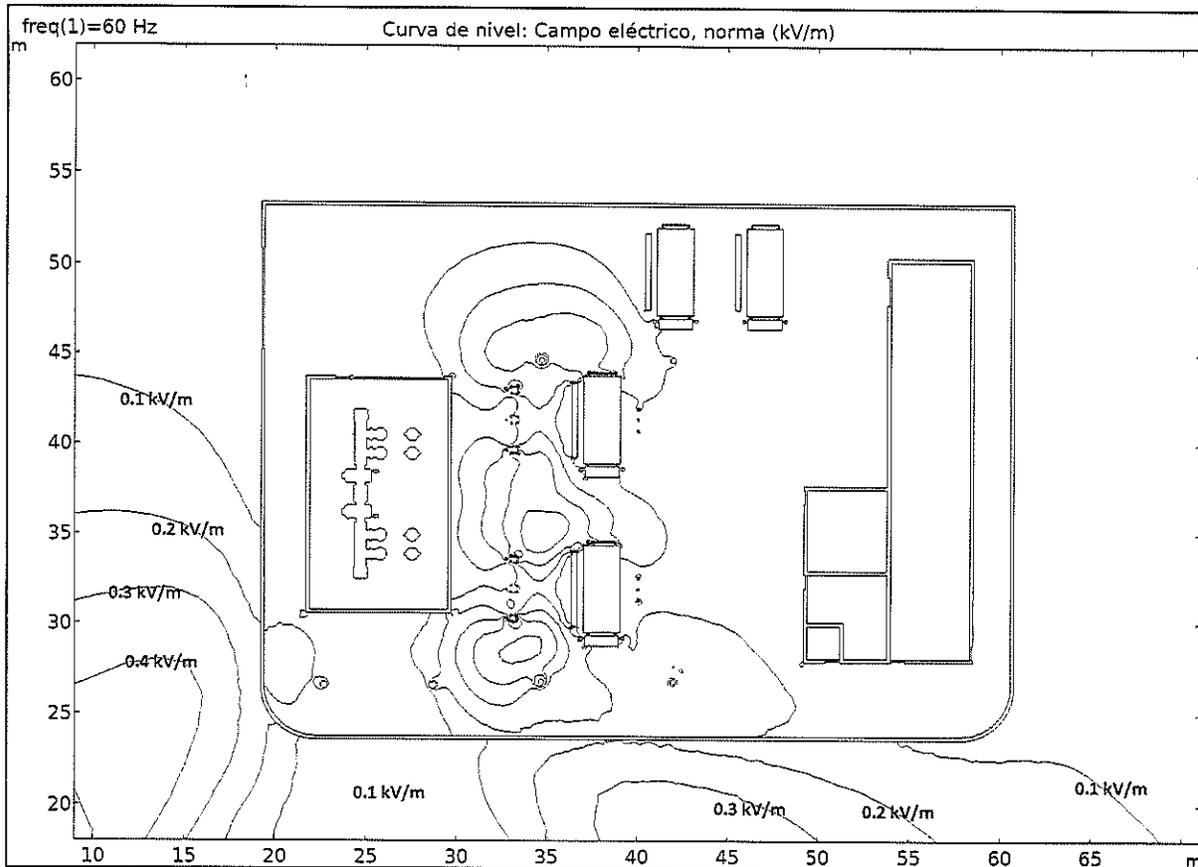


Figura 6. Intensidad de Campo Eléctrico S/E San José [kV/m] - 1 Metro. Se evidencia que los niveles de intensidad de campo eléctrico al exterior de la subestación se encuentran por debajo de 4,16 kV/m.

CONCLUSIÓN

Con el modelamiento y la simulación realizada para determinar el efecto electromagnético en la subestación San José, propiedad de CODENSA S.A. E.S.P., se encontró que el comportamiento de la densidad de flujo magnético en la subestación se encuentra dentro de los niveles establecidos por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, con una excepción alrededor de los conductores conectados a los bornes de MT, donde se presentan niveles de flujo magnético que superan los $1000\mu\text{T}$ establecidos por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Es preciso aclarar que en estos lugares no puede existir la presencia de personal, puesto que las restricciones físicas lo impiden. En los demás lugares, los niveles de campo magnético se encuentran por debajo de los $200\mu\text{T}$, que es el nivel máximo permitido por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, en lugares donde existe la presencia de público en general. En la figura 4 se muestra que los niveles máximos de campo magnético al exterior de la subestación corresponden a $10\mu\text{T}$, influenciados exclusivamente por la subestación.

También es evidenciable a través del proceso de simulación, que el campo eléctrico en la subestación es más alto en los elementos de protección, puesto que estos se encuentran energizados a una tensión de 115kV. Sin embargo, dibujando la isolínea de campo de 1 kV/m con los datos obtenidos, se puede observar que se encuentran al interior de la subestación, a partir de lo cual es posible concluir que los niveles de

