

1 TÍTULO DEL PROYECTO

2 “Evaluación del comportamiento del estiércol de alpaca en la ionización de los sistemas de
3 puesta a tierra”

4 AUTOR:

5 Gregorio Meza Marocho gregoriomarocho@unap.edu.pe
6

7 RESUMEN:

8 Las descargas eléctricas someten a los sistemas de energía y a las instalaciones eléctricas a
9 corrientes y voltajes transitorios de gran magnitud, que pueden dañar irreparablemente el
10 equipo eléctrico y poner en grave peligro la seguridad humana. El objetivo de este trabajo
11 de investigación es el estudio de la variación de la impedancia de impulso y sus parámetros
12 de puesta a tierra que son conducidas en los compuestos del suelo en conjunto con el
13 estiércol de alpaca para obtener un relativo beneficio. El método para medir la resistividad
14 del terreno será el método de Wenner y para determinar la resistencia del sistema de puesta
15 a tierra se utilizará el método de los 3 polos, también conocido como la caída del potencial.
16 A partir del análisis de los resultados de las mediciones, este trabajo aspira a investigar los
17 posibles beneficios obtenidos del uso de estos materiales en sistemas de puesta a tierra,
18 especialmente en el campo de los sistemas de protección contra las descargas de energía.
19 Para este propósito, se realizarán ensayos a escala real de los sistemas de puesta a tierra
20 utilizando para ello varillas de puesta a tierra verticales individuales, conducidas en el suelo
21 en conjunto con el estiércol de alpaca como elemento beneficioso. La corriente inyectada
22 en los sistemas de puesta a tierra y el potencial eléctrico desarrollado en ellos serán
23 registrados, que darán como resultado la determinación de la variación temporal de la
24 impedancia. Los resultados proporcionan información útil para el diseño y el
25 comportamiento de un sistema de puesta a tierra en conjunto con el estiércol de alpaca de
26 la resistencia bajo corrientes de impulso de energía. La presente investigación es cuasi
27 experimental puesto que se construirá pozos a escala que puedan ser analizados.

28 Palabras clave:

29 Compuestos mejoradores, estiércol, impedancia, puesta a tierra, resistencia.
30

31 ABSTRACT:

32 Electrical discharges subject power systems and electrical installations to transient currents and
33 voltages of great magnitude, which can irreparably damage electrical equipment and seriously
34 endanger human safety. The objective of this research work is to study the variation of impulse

35 impedance and its grounding parameters that are conducted in soil composites in conjunction
36 with alpaca manure to obtain a relative benefit. The method to measure the soil resistivity will
37 be the Wenner method and to determine the resistance of the grounding system the 3-pole
38 method, also known as the potential drop, will be used. From the analysis of the results of the
39 measurements, this work aims to investigate the possible benefits obtained from the use of these
40 materials in grounding systems, especially in the field of protection systems against energy
41 discharges. For this purpose, full-scale tests of grounding systems will be carried out using
42 individual vertical grounding rods driven into the ground in conjunction with alpaca manure as
43 a beneficial element. The current injected into the grounding systems and the electrical potential
44 developed in them will be recorded, which will result in the determination of the temporal
45 variation of the impedance. The results provide useful information for the design and behavior
46 of a grounding system in conjunction with the resistance alpaca manure under energy impulse
47 currents. The present investigation is quasi-experimental since scaled wells will be constructed
48 that can be analyzed.

49 **Keywords:**

50 Improver compounds, slurry, impedance, grounding, resistance.

51 **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

52 La resistencia de la conexión a tierra es uno de los más básicos e importantes factores
53 para el análisis de las fallas en el sector eléctrico y afecta a la tasa de interrupción por
54 sobrecargas en los sistemas de distribución (Sekioka et al., 2005). El tipo de suelo juega
55 un papel importante en la determinación del valor de resistencia de la conexión a tierra,
56 debido a su alta resistividad posible del suelo, o su particularmente ambiente corrosivo
57 (Androvitsaneas et al., 2015). La resistencia de puesta a tierra está estrechamente
58 relacionada con la resistividad del suelo (Zhiwei & Zhao, 2012). La resistencia depende
59 en gran medida de la dimensión de la varilla y de la resistividad del suelo (Sekioka et
60 al., 2005). La resistividad de la tierra varía no sólo con el tipo de suelo, sino también
61 con la temperatura, la humedad, las condiciones minerales, el clima y la compactación
62 (Committee et al., 2012). Los sistemas de puesta a tierra se comportan de manera
63 diferente cuando la resistencia de la tierra no es lineal, debido a procesos térmicos y de
64 ionización. (Mohamad Nor et al., 2013). La ionización del suelo como el aumento en el
65 tamaño del conductor de tierra, tiene una influencia beneficiosa, especialmente en suelos
66 de alta resistividad. (Liu et al., 2004). Por otra parte, la humedad tiene influencia en la
67 resistencia del suelo depende no sólo de las características de la capa superior, sino
68 también de la resistividad de las capas más profundas, y en la resistividad aparente

69 depende tanto del tamaño del sistema de puesta a tierra como de las características del
70 suelo. (Luiz et al., 2015). El sistema de puesta a tierra debe tener una impedancia y una
71 capacidad de transporte de corriente suficientemente bajas para evitar la acumulación
72 de tensiones que puedan dar lugar a un indebido peligro para los equipos conectados y
73 para las personas (Hu et al., 2012). Debe ser diseñado con "cero impedancias" para
74 proporcionar una descarga efectiva de las corrientes de falla y para evitar el aumento
75 potencial en y alrededor de la instalación. (Mohamad Nor et al., 2013). Se diseña para
76 garantizar la seguridad del equipo, el personal y el sistema mismo, proporcionando el
77 camino más bajo de impedancia para que las corrientes de falla se dispersen en la tierra
78 en el tiempo más corto posible (W. F., W. Ahmad, M. S., A. Rahman, J., Jasni, M. Z.
79 A., A.Kadir, 2010). Para lograr una protección adecuada, es esencial implementar
80 procedimientos técnicos para asegurar no sólo que los valores de resistencia del suelo
81 medidos durante la implementación del sistema de puesta a tierra estén dentro de los
82 límites establecidos por las normas, sino también que se mantengan dentro de estos
83 límites. (Luiz et al., 2015). Se aplican algunos métodos en la práctica ingeniería para
84 reducir la resistencia de la puesta a tierra. Entre ellas el relleno conductivo alrededor de
85 los dispositivos de puesta a tierra es ampliamente utilizado. (Hu et al., 2012). El uso de
86 compuestos mejoradores de tierra puede disminuir la resistencia de tierra y la
87 impedancia de los sistemas a niveles muy bajos, de modo que las corrientes altas puedan
88 dispersarse en la tierra de forma segura. (Androvitsaneas et al., 2015). **La falta de**
89 **ionización del terreno crea terrenos de alta resistencia eléctrica que perjudica la**
90 **protección contra las descargas eléctricas que someten a los sistemas de energía y a las**
91 **instalaciones eléctricas a corrientes y voltajes transitorios de gran magnitud, que pueden**
92 **dañar irreparablemente el equipo eléctrico y poner en grave peligro la seguridad**
93 **humana**, Por lo tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el comportamiento del
94 estiércol de alpaca en la ionización de los sistemas de puesta a tierra.

95 ¿Cómo influye el Estiércol de Alpaca en la ionización de los Sistemas de Puesta a tierra?

96 FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- 97 1. ¿Cómo mejora la resistencia del sistema de puesta a tierra, con el estiércol de alpaca?
- 98 2. ¿Cuál es la influencia de la resistividad del terreno en la resistencia del sistema de
99 puesta a tierra?

100 II. JUSTIFICACIÓN

101 El estudio planteado, se justifica en cuanto: las puestas a tierra de las instalaciones
102 eléctricas y equipos es un tema que afecta a varias de las diferentes disciplinas

103 implicadas en la construcción y en el equipamiento eléctrico de un moderno edificio,
104 centro comercial o industrial, y en las residencias el propósito principal es comprobar
105 la influencia en el tratamiento de la puesta a tierra utilizando el estiércol de la alpaca
106 en los pozos a tierra aditivados con el cemento conductor o tratamiento con aditivos
107 electroquímicos.

108 En este proyecto de tesis se presentará una propuesta nueva en el tema de las puestas
109 a tierra que va a servir de guía básica para la realización de las puestas a tierra
110 utilizando el estiércol de la alpaca en el tratamiento del sistema de puesta a tierra el
111 mismo que debería garantizar una resistividad de acuerdo con lo establecido en las
112 normas y principalmente en el Código Nacional de Electricidad.

113 En cuanto a la Seguridad los sistemas de puesta a tierra deben conducir las corrientes
114 de cortocircuito y descargas a tierra sin que se produzca una subida de tensión
115 intolerable o tensiones de contacto.

116 En cuanto a la protección de equipos los sistemas de puesta a tierra deben proteger
117 los equipos eléctricos y electrónicos, facilitando una ruta de evacuación de baja
118 impedancia a los equipos interconectados. La canalización, ordenación y el
119 apantallamiento adecuado de los cables constituyen aspectos muy importantes y
120 sirven para la producción de averías que podrían afectar el funcionamiento de los
121 equipos.

122 En ese sentido el presente proyecto de tesis se justifica en cuanto es necesario
123 comprobar la influencia del estiércol de la alpaca en el tratamiento de los pozos a
124 tierra.

125 **Justificación ambiental:** En el tratamiento de la puesta a tierra utilizando el estiércol
126 de la alpaca en los pozos a tierra favorecemos la protección ambiental al utilizar un
127 'producto orgánico disponible en las zonas altiplánicas.

128 **Justificación económica:** El costo del recurso es mucho menor en comparación con
129 los tratamientos químicos, porque se dispone en la zona de influencia.

130 **Justificación social:** El beneficio social es en relación con el sistema de protección
131 mediante el sistema de puesta a tierra principalmente para la seguridad de las
132 personas y los sistemas eléctricos contra las descargas atmosféricas.

133 **III. HIPÓTESIS**

134 Se tiene la siguiente hipótesis general:

135 El Estiércol de Alpaca mejora la resistencia del sistema de puesta a tierra ionizado

136 Se tiene las hipótesis específicas:

137 1. La resistividad del terreno está estrechamente relacionada con la resistencia de puesta
138 a tierra.

139 2. La Resistencia del sistema de puesta a tierra, mejora con el estiércol de alpaca.

140 **IV. OBJETIVOS**

141 **Objetivo General:**

142 Evaluar la Influencia del comportamiento del estiércol de Alpaca en la ionización de
143 los sistemas de puesta a tierra.

144 **Objetivos Específicos:**

145 1. **Determinar** la resistividad del terreno en cada estrato de la ubicación del electrodo.

146 2. Medir la Resistencia del sistema de puesta a tierra tratado con estiércol de alpaca.

147

148 **V. ANTECEDENTES**

149 Como antecedentes a la presente investigación podemos mencionar las siguientes:

150 (Zhang et al., 2020), “NUEVO MÉTODO PARA DIAGNOSTICAR LA
151 CORROSIÓN DE LOS ELECTRODOS DE TIERRA EN EL SUELO ZHANLONG”,

152 Los electrodos de conexión a tierra de las torres enterrados en el suelo son propensos

153 a la corrosión. La disipación de corriente se verá afectada por la corrosión. La

154 evaluación exacta del estado de corrosión de los electrodos de conexión a tierra es

155 crítica para la operación segura y estable del sistema de energía. En la actualidad, la

156 resistencia de puesta a tierra relacionada de cerca con la resistividad ambiental del

157 suelo es un indicador importante para evaluar el rendimiento de la puesta a tierra. Para

158 eliminar la influencia de la resistividad del suelo, se propone un método para

159 diagnosticar la corrosión de los electrodos de puesta a tierra de la torre. La resistencia

160 de puesta a tierra en suelos de diferente resistividad puede ser equivalente a la

161 resistencia de puesta a tierra en suelos de resistividad de referencia para diagnosticar

162 el grado de corrosión bajo los criterios unificados de diagnóstico. En este estudio, se

163 analizan la deformación de corrosión y los productos de corrosión, y se establece un

164 modelo de electrodo de puesta a tierra de torre lineal horizontal con la capa de

165 productos de corrosión. Se estudia el método de cálculo de la resistencia de puesta a

166 tierra del electrodo corroído. La resistencia relativa de puesta a tierra se propone como

167 criterio de diagnóstico de corrosión y dividiendo los grados de corrosión en base al

168 criterio. Finalmente, se da el análisis de error del método de diagnóstico y se estudia

169 el sistema de medición y diagnóstico a través de experimentos de campo. Los

170 resultados de los cálculos y de los experimentos validan la exactitud del método
171 propuesto.

172 (Kontargyri, Gonos, & Stathopoulos, 2015), “ESTUDIO SOBRE EL SISTEMA DE
173 PUESTA A TIERRA DE UN PARQUE EÓLICO EN VASSILIKI” En este
174 documento se hace un análisis completo paso a paso para el diseño de un sistema de
175 puesta a tierra de un parque eólico. La estructura del suelo se determina en base a las
176 mediciones de resistividad del suelo. El uso del método apropiado y la aplicación
177 rigurosa del mismo son muy importantes. Posteriormente, se diseña un sistema de
178 puesta a tierra para cada aerogenerador y la estación de control y se proponen mejoras
179 del sistema de puesta a tierra en los casos de valores incrementados de resistencia del
180 suelo y tensiones de tacto y paso inseguras. La manera apropiada de realzar el sistema
181 de puesta a tierra se investiga para diversos casos. Además, se investiga el efecto del
182 hormigón en la fundación de la turbina eólica con el fin de diseñar de la manera más
183 eficiente el sistema de puesta a tierra de un parque eólico. Los resultados y las
184 metodologías propuestas se verifican con mediciones que se realizan después de la
185 construcción del parque eólico.

186 (Gazzana et al., 2018), “UN ESTUDIO DE CAMPO EXPERIMENTAL DE LA
187 RESPUESTA DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE LOS
188 AEROGENERADORES ALTOS A LAS OLEADAS DE IMPULSO”, En este
189 trabajo, se presenta una investigación experimental del comportamiento del sistema de
190 puesta a tierra de las turbinas eólicas altas en los dominios de tiempo y frecuencia. Se
191 consideraron dos escenarios: en el primero, las medidas fueron realizadas en el sistema
192 de puesta a tierra embebido en la fundación del aerogenerador, antes del montaje del
193 aerogenerador mismo; en el segundo, se incluyó el aerogenerador completo (torre,
194 góndola y palas). El estudio también presenta una técnica de procesamiento mejorada
195 para la cancelación de ruido en un ambiente electromagnético áspero. En el análisis,
196 la dependencia de frecuencia de la impedancia de puesta a tierra fue evaluada y una
197 simulación numérica en estado estable fue realizada. El modelo de simulación conduce
198 a una representación satisfactoria del sistema estudiado. Los resultados preliminares
199 demuestran que la impedancia de puesta a tierra evaluada no es afectada
200 perceptiblemente por la presencia de la turbina eólica completa en las frecuencias
201 evaluadas

202 (Mohamad Nor et al., 2013) “REALIZACIÓN DE SISTEMAS PRÁCTICOS DE
203 PUESTA A TIERRA BAJO LOS IMPULSOS DE LOS RAYOS”; En este trabajo se

204 presenta un conjunto de pruebas experimentales y resultados de ensayos sobre el
205 comportamiento de los sistemas prácticos de puesta a tierra bajo altas corrientes de
206 impulso, donde los sistemas de puesta a tierra consisten en 3 conexiones de sistemas
207 de puesta a tierra, 2, 3 y 4 electrodos de varilla. También se discuten los ensayos de
208 calibración utilizando una carga de prueba lineal con el fin de validar los transductores
209 adoptados para este estudio. Este trabajo también presenta la selección de la tierra
210 remota y algunos datos de trabajos previamente publicados sobre el mismo sitio y las
211 figuraciones de los sistemas de puesta a tierra bajo corrientes de baja magnitud y a
212 frecuencia de potencia. Se investigaron las características de ionización del suelo en
213 los sistemas de puesta a tierra reales. El rendimiento de los sistemas de puesta a tierra
214 se investiga en base a sus formas de tensión y corriente, los valores de resistencia de
215 pre y post ionización de la tierra y los retardos de tiempo. Se encontró que bajo
216 condiciones de impulso, los sistemas de puesta a tierra se comportan de manera
217 diferente cuando la resistencia de la tierra no es lineal, lo cual se debe a procesos
218 térmicos y de ionización.

219 (Mazzetti & Veca, 1983), “COMPORTAMIENTO DE LOS IMPULSOS DE LOS
220 ELECTRODOS DE TIERRA”; En este estudio se discute la influencia de las
221 características de la tierra, el tamaño de los conductores enterrados, y la forma e
222 intensidad de la onda de la corriente. El análisis fue hecho por un modelo matemático
223 y Se obtuvo una concordancia satisfactoria con los resultados experimentales
224 conocidos, incluso para aquellos valores actuales que provocan la descomposición del
225 suelo.

226 (Sekioka et al., 2005), “ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA RESISTENCIA DE
227 PUESTA A TIERRA DEPENDIENTE DE LA CORRIENTE DEL ELECTRODO”,
228 Este artículo ha investigado experimentalmente la transición comportamiento de los
229 sistemas de electrodos de puesta a tierra especialmente para una alta corriente de
230 impulso de hasta 40 kA en particular referencia con una resistencia mutua de puesta
231 a tierra entre los electrodos. Los resultados experimentales muestran que la resistencia
232 mutua de puesta a tierra depende de la corriente aplicada de manera similar a la
233 dependencia de la corriente de la resistencia de puesta a tierra propia. El fenómeno
234 puede ser explicado por el aumento de un radio efectivo de la varilla y una longitud
235 efectiva. La resistencia de auto-conexión a tierra depende en gran medida de la
236 dimensión de la varilla y de la resistividad del suelo para las corrientes bajas como es

237 analíticamente bien conocido, sin embargo, los parámetros causan un menor efecto en
238 el carácter no lineal, es decir, para las altas corrientes que exceden los 10 kA.
239 (Guo et al., 2010), “INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL SOBRE EL
240 FUNCIONAMIENTO DE LOS ELECTRODOS DE TIERRA A GRAN ESCALA”,
241 En este documento se describe la instalación de prueba de puesta a tierra de la central
242 de Dinorwig, incluyendo los detalles del montaje experimental. Se presentan los
243 resultados de las pruebas experimentales en una red de tierra de 5mx5m, sumergida en
244 agua y energizada, en corriente alterna, corriente continua e impulso. Los valores de
245 Tierra medida se comparan las distribuciones de resistencia/impedancia y de potencial
246 de la superficie del agua con las obtenidas de los cálculos analíticos y las simulaciones
247 numéricas detalladas por ordenador.

248 (Tu, He, & Zeng, 2006), “RENDIMIENTO DE IMPULSO DE RAYOS DE LOS
249 DISPOSITIVOS DE PUESTA A TIERRA CUBIERTOS CON MATERIALES DE
250 BAJA RESISTIVIDAD”, El material de baja resistividad (LRM) es ampliamente
251 utilizado para disminuir las resistencias de puesta a tierra de frecuencia de potencia de
252 los dispositivos de puesta a tierra para las líneas de transmisión en las regiones con
253 alta resistividad del suelo. El estudio sobre la influencia del LRM en el funcionamiento
254 del impulso de los dispositivos de puesta a tierra no se puede encontrar en la literatura.
255 Los resultados experimentales de las características del impulso del relámpago de los
256 dispositivos de puesta a tierra cubiertos con LRM fueron presentados en este
257 documento. Las fluencias de la corriente de impulso, las dimensiones geométricas de
258 los dispositivos de puesta a tierra, y la resistividad del suelo en la resistencia de puesta
259 a tierra de impulso y el coeficiente de impulso de los dispositivos de puesta a tierra
260 con las cubiertas LRM siguen siendo iguales con los que no tienen las cubiertas LRM.
261 La resistencia de la puesta a tierra de los impulsos disminuye de aproximadamente
262 25% a 45% cuando se utiliza la cubierta LRM. Las fórmulas de montaje para calcular
263 el coeficiente de reducción de la resistencia de puesta a tierra de los diferentes
264 dispositivos de puesta a tierra se proporcionan. Por otro lado, se discute la influencia
265 del LRM en la longitud efectiva del impulso de los electrodos de puesta a tierra.

266 (Hu et al., 2012), “INVESTIGACIÓN DE PRUEBA SOBRE EL EFECTO DEL
267 RELLENO CONDUCTOR EN LA REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA
268 PUESTA A TIERRA BAJO EL RAYO”, Se lleva a cabo una prueba de campo al aire
269 libre para investigar el efecto del relleno conductor en la reducción de la resistencia de
270 puesta a tierra de los impulsos. Se trata de la cuestión de si y por qué el efecto bajo la

271 condición de relámpago es diferente del efecto bajo la condición de frecuencia de
272 potencia. Basado en los resultados de la prueba, el efecto del relleno conductor bajo
273 condición de relámpago se compara con el efecto bajo condición de frecuencia de
274 energía. Se concluye que la ionización es también un factor importante además de la
275 resistividad que afecta el efecto de la reducción de la resistencia de puesta a tierra bajo
276 condición de relámpago. Pero el efecto del relleno conductor en la reducción de la
277 resistencia de puesta a tierra bajo la condición de relámpago es difícil de comparar
278 cuantitativamente con la condición de frecuencia de energía.

279 (Jones, 1980), "TRATAMIENTO DE BENTONITA EN LA INSTALACIÓN DE LA
280 VARILLA DE TIERRA EN SUELOS PROBLEMÁTICOS", Los métodos actuales
281 de instalación fallan en suelos rocosos o duros. Se ha desarrollado una técnica con
282 Bentonita, una arcilla que consiste en un mineral, es un excelente relleno conductor.
283 Si se le añade ofrece una reducción de la resistencia de hasta un 36% por varilla. Con
284 una cantidad suficiente de agua, la bentonita absorberá hasta cinco veces su peso.

285 (Nor, Haddad, & Griffiths, 2006), "PRESTACIONES DE LOS SISTEMAS DE
286 PUESTA A TIERRA DE SUELOS DE BAJA RESISTIVIDAD", Se investigaron
287 diferentes contenidos de agua bajo corrientes de impulso rápido de alta magnitud, y se
288 derivó un modelo de circuito equivalente para la ionización del suelo. Para la celda de
289 prueba hemisférica utilizada, la resistencia de la resistencia limitó las magnitudes de
290 la corriente a menos de 300 A en el rango de kilo-ohm. Estos altos valores antes de la
291 ruptura ocurrieron en la celda de prueba. En la práctica, sin embargo, las magnitudes
292 de la corriente transitoria pueden alcanzar varias decenas de kilogramos - la resistencia
293 de una jabalina de tierra es generalmente inferior a 10 ohm. Por lo tanto, es necesario
294 investigar el comportamiento de los suelos bajo altas magnitudes de corriente y
295 compararlo con los resultados de las pruebas de baja corriente alterna y continua. Para
296 lograr altas magnitudes de corriente de impulso con la celda de prueba adoptada, se
297 utilizaron medios de baja resistividad como suelos de prueba. En este trabajo, se
298 analizaron los datos de un nuevo ensayo de impulso utilizando arcilla y arena húmedas
299 mezcladas con cantidades controladas de sodio (NaCl) para obtener un rango de
300 materiales de baja resistividad. Las características del NaCl también se investigan bajo
301 corrientes de impulso de baja magnitud y baja frecuencia para comprender mejor su
302 efecto en las mezclas de suelos arenosos y salinos. Durante el programa de prueba se
303 utilizaron corrientes de impulso de hasta 5 kA. Estos nuevos datos serían útiles para
304 entender las características de un valor bajo de resistencia de la tierra (que es una

305 condición típica en el sitio de campo) bajo condiciones de alto impulso. Incluyendo el
306 efecto no lineal del suelo bajo altas corrientes, se podría lograr una modelación más
307 precisa de los dispositivos de protección y su rendimiento. Además, la consideración
308 de la no linealidad en los suelos puede ayudar al diseño óptimo de los sistemas de
309 puesta a tierra.

310 (Arturo Galvan D., Gilberto Pretelln G, 2010), “Evaluación práctica de compuestos
311 mejoradores de suelos para altas resistividades del suelo”, Con el fin de estudiar el
312 efecto a largo plazo del uso de "compuestos mejoradores de tierra" en conjunto con
313 varios electrodos de tierra, se inició en 2007 un proyecto común entre el Instituto de
314 Investigaciones Eléctricas (IIE) y la Compañía Mexicana de Electricidad (CFE). El
315 objetivo del proyecto es caracterizar los compuestos mejoradores de tierra para obtener
316 el beneficio relativo y tomar en cuenta sus limitaciones, para obtener los mejores
317 resultados cuando se aplican en las líneas de transmisión. El proyecto se divide en dos
318 tareas principales: mediciones a corto plazo mediante estudios de laboratorio y
319 mediciones a largo plazo mediante evaluación de campo. En el laboratorio, se
320 realizaron mediciones mecánicas y eléctricas, de corrosión y químicas, y en el campo
321 se midieron la resistividad del suelo y las resistencias del terreno. Este trabajo muestra
322 el comportamiento de la resistencia del suelo de los electrodos de tierra hechos de
323 compuestos mejoradores de tierra, y los resultados se comparan con las relaciones
324 matemáticas disponibles en la literatura. Se observa una buena concordancia para
325 todos los compuestos, principalmente para hasta 1500 Ohm, y el beneficio dependerá
326 del compuesto de mejora de tierra utilizado y la resistividad del suelo.

327 (W. F., W. Ahmad, M. S., A. Rahman, J., Jasni, M. Z. A., A.Kadir, 2010), “Materiales
328 de mejora química para la puesta a tierra”, El objetivo de este trabajo es encontrar el
329 material de mejora química que mejor se desempeñe para proporcionar el menor
330 impedimento para que las corrientes de falla se dispersen en la tierra en el menor
331 tiempo posible. Estas corrientes de falla se deben típicamente a los transitorios y
332 podrían ser peligrosas para el sistema de energía, el equipo en él y el personal
333 involucrado con el sistema. Por lo tanto, se desea que un sistema de puesta a tierra esté
334 instalado para proporcionar tal trayectoria para despejar estas corrientes de falla del
335 sistema de energía de la manera que el peligro podría ser reducido. Tales transitorios
336 son generados por los relámpagos, o la acción de conmutación. Observe que en este
337 estudio, solamente se considera la caída de un rayo. El rayo podría crear transitorios
338 impulsivos durante sus impactos directos o indirectos en el sistema de energía. Este

339 problema se evita normalmente instalando un sistema de conexión a tierra adecuado
340 al sistema de energía. Un sistema de puesta a tierra creará un camino para que los
341 transitorios se dispersen de forma segura en la tierra proporcionando una trayectoria
342 de menor resistencia. Esto se puede hacer fácilmente usando materiales naturales o
343 químicos. Sin embargo, este trabajo sólo reportó los hallazgos de tener materiales de
344 mejora química en la vecindad del sistema de puesta a tierra para protección contra
345 rayos. Se encuentra que el cloruro de sodio demostró el mejor funcionamiento como
346 material de realce para el sistema de puesta a tierra sobre el tiosulfato de sodio, el
347 cloruro de magnesio, el sulfato de cobre y el cloruro de amonio.

348 (V. P. Androvitsaneas, Gonos, & Stathopulos, 2012), “**Rendimiento de los compuestos**
349 **de mejora del suelo durante el año**”, El objetivo de este estudio es evaluar el
350 comportamiento de los compuestos mejoradores de tierra, los cuales son ampliamente
351 usados en sistemas de puesta a tierra, con el fin de disminuir el valor de la resistencia
352 de puesta a tierra. Es bien sabido que la mayor parte de la subida de potencial de la
353 varilla de puesta a tierra es determinada por la resistividad del suelo que rodea la varilla
354 de puesta a tierra y la magnitud de la corriente aplicada. Como resultado, el valor más
355 bajo de la resistencia de puesta a tierra factible es deseable, para proporcionar el
356 camino más bajo de impedimento para que las corrientes de falla se dispersen en la
357 tierra, en el tiempo más corto posible. Para este propósito, cinco barras de puesta a
358 tierra fueron conducidas, cada una de ellas, en diferentes compuestos de mejora de
359 tierra. Los resultados de la medición se presentan en relación con el tiempo y la lluvia.
360 Además, se presentan varias reflexiones, comentarios y propuestas sobre: a) la
361 viabilidad de uso de los compuestos de mejora de tierra, b) la elección del compuesto
362 adecuado, en relación con el costo y el valor de resistencia de puesta a tierra alcanzado,
363 c) la influencia del tiempo y las condiciones climáticas en el comportamiento de los
364 compuestos de mejora de tierra.

365 (Liu et al., 2004), “**Un modelo mejorado para la ionización del suelo alrededor del**
366 **sistema de puesta a tierra y su aplicación a los suelos estratificados**”, En este modelo,
367 se asume que la región de la ionización del suelo retiene el 7% de su resistividad de
368 pre-ionización, que es constante con los resultados experimentales sobre la ionización
369 del suelo encontrados en la literatura y nuestros propios experimentos de laboratorio.
370 Comparado con la modelación de la ionización del suelo como un aumento en el
371 tamaño del conductor de tierra, el modelo presentado aquí no sobreestimaré la
372 influencia beneficiosa de la ionización del suelo en la reducción de la subida potencial

373 del suelo, especialmente en suelo de alta resistividad. El modelo también se aplica para
374 estudiar el comportamiento transitorio de los conductores de puesta a tierra en el suelo
375 estratificado bajo el impacto de un rayo incluyendo la ionización del suelo. Demuestra
376 que haciendo que el conductor de puesta a tierra penetre en la capa de suelo de baja
377 resistividad podría ayudar a disminuir la subida potencial del suelo en el punto de
378 inyección varias veces.

379

380 VI. MARCO TEÓRICO

381 Sistema de Puesta a tierra

382 El sistema de puesta a tierra de un sistema eléctrico puede desempeñar diferentes
383 funciones. (Manuel, Velásquez, Vanessa, & Lara, 2019). Se diseña y construye
384 para garantizar la seguridad del personal y de los equipos en caso de fallo de la red
385 eléctrica o descargas atmosféricas (Kontargyri, Gonos, & Stathopulos, 2015). Son
386 de gran importancia para lograr la eficiencia del sistema de protección implicado
387 con la consiguiente seguridad personal, en las redes eléctricas y en el sistema de
388 protección. (Gazzana et al., 2018).

389 Funciones y objetivos básicos de una instalación de puesta a tierra

390 La función de la puesta a tierra (p.a.t) de una instalación eléctrica es la de forzar la
391 derivación, al terreno, de las intensidades de corriente, de cualquier naturaleza que
392 se puedan originar, ya se trate de corrientes de defecto, bajo frecuencia industrial, o
393 debidas a descargas atmosféricas, de carácter impulsional. Con ello, se logra:

394 - Limitar la diferencia de potencial que, en un momento dado, puede presentarse entre
395 estructuras metálicas y tierra,

396 - Posibilitar la detección de defectos a tierra y asegurar la actuación y coordinación
397 de las protecciones, eliminando o disminuyendo, así, el riesgo que supone una avería
398 para el material utilizado y las personas.

399 - Limitar las sobretensiones internas (de maniobra -transitorias- y temporales) que
400 puedan aparecer en la red eléctrica, en determinadas condiciones de explotación.

401 - Evitar que las tensiones de frente escarpado que originan las descargas de los rayos
402 provoquen "cebados inversos", en el caso de instalaciones de exterior y,
403 particularmente, en líneas aéreas (García Márquez, 1999).

404 **Necesidades del sistema de energía de acuerdo con los sistemas de puesta a**
405 **tierra**

406 El sistema de puesta a tierra en un sistema eléctrico puede desempeñar diferentes
407 funciones en los sistemas eléctricos. Los objetivos deseados cuando el recorrido de
408 un punto del sistema varía. En consecuencia, también varían las configuraciones y
409 las dimensiones de los electrodos necesarios para realizar este objetivo, en este caso
410 con fuerte influencia del terreno donde se encuentran los electrodos, especialmente
411 la resistividad eléctrica del suelo. Dependiendo del tipo de aplicación, los requisitos
412 de los parámetros de puesta a tierra también varían. Generalmente, tales funciones se
413 asocian con el punto del sistema, que está conectado a la tierra por conductores
414 eléctricos. Para por ejemplo, las conexiones del neutro del transformador de un
415 sistema de distribución eléctrica a los electrodos colocados en el suelo, en la carcasa
416 metálica de un equipo o en la pista de un circuito impreso de una placa digital, entre
417 otros.(Manuel et al., 2019)

418

419 VII.METODOLOGÍA

420 7.1. Lugar de Estudio.

421 La zona del estudio se encuentra ubicada en la región de Puno, Provincia del Collao,
422 distrito de Santa Rosa de Mazo Cruz, en la región sierra. Geográficamente se sitúa
423 entre las coordenadas UTM (WGS84) -16.742609 m E, -69.715976 m S a una altitud
424 promedio de 4500 m.s.n.m.

425 7.2. Población y tamaño de muestra.

426 Población.

427 En esta investigación, el tamaño de la población de estudio estará, conformadas
428 por los pozos a tierra.

429 Muestra

430 *En esta investigación, la muestra estará, conformada por los pozos a tierra.*
431 *Tratados con estiércol de alpaca.*

432 7.3. Descripción detallada de los métodos, uso de materiales, equipos o insumos.

433 a) Diseño de muestreo

434 Sera diseño aleatorio simple.

435 b) Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos, entre 436 otros.

437 Se utilizará, los siguientes materiales, equipos, insumos:

438 **Sistema informático;** que consta de:

439 Un sistema de gestión de la base de datos con el programa Excel 2016.

440 El software AutoCAD 2020, para la visualización de los planos.

441 Programas de Microsoft office.

442 **Fuentes de información**

443 Publicaciones científicas o técnicas revisadas: artículos publicados en
444 revistas científicas previa revisión.

445 Tesis, tesinas y trabajos de final de carrera.

446 Compilaciones de datos publicadas: tablas, bases de datos, monografías, etc.
447 elaboradas y publicadas por organismos de prestigio.

448 Datos suministrados por empresas: datos suministrados por empresas

449 **Equipo**

450 Telurómetro.

451 Pozo a tierra

452 **c) Descripción de variables a ser analizados en el objetivo específico**

453 - **Independientes:**

454 **Método de mejoramiento del sistema a tierra con estiércol de alpaca.**

455 Composición de los estratos del suelo donde se ubica la varilla.

456 - **Dependientes:**

457 **Ionización del sistema a tierra**

458 **d) Aplicación de prueba estadística inferencial.**

459 Se realizará mediante el diseño de experimentos u otro apropiado.

460 **7.4. Tabla de recolección de datos por objetivos específicos.**

461

462 Para medir la resistividad del terreno en cada estrato de la ubicación del electrodo, que
463 se mide por el método de Wenner (Sekioka et al., 2005).

464

Tabla N° 1:

465

Cálculo de la resistividad aparente del terreno			
Distancia entre electrodos, a (m)	Profundidad ,b (m)	Lectura instrumento R (ohm)	Resistividad del terreno (Ω.m)
			$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$

466

467 Fuente: (Sekioka et al., 2005).

468 Para determinar la Resistencia del sistema de puesta a tierra se utilizara el método de
 469 los 3 polos, también conocido como la caída del potencial, utilizando dos electrodos
 470 auxiliares hincados en el suelo a las distancias de 20m y 40m de la varilla principal,
 471 respectivamente (Androvitsaneas et al., 2015).

472 Tabla N° 2: Propuesta de mantenimiento

Resistencia de Puesta a Tierra				
Instumento :				
Realizado por:				
Longitud del electrodo (L)	Radio del electrodo (r)	Resistividad del terreno (ρ)	Cálculo de la resistencia (R)	Valor medido (Ω)
			$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{r} - 1 \right)$	

473
 474 Fuente: (Androvitsaneas et al., 2015)

475

476

477 **VIII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

ACTIVIDADES	MES - 2022							
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
1. Inicio	X							
2. Recopilación de información		X	X					
3. Elaboración del proyecto de Tesis			X					
4. Presentación del proyecto de Tesis				X				
5. Aprobación del proyecto de tesis por los jurados.				X				
6. Ejecución del proyecto				X				
7. Elaboración de matrices de datos				X	X			
8. Tabulación y proceso de datos					X			
9. Evaluación y optimización						X		
10. Derivación de conclusiones						X		
11. Presentación del Borrador							X	
12. Sustentación de Tesis								X

478

479 **IX. PRESUPUESTO**

RUBRO	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario S/.	Precio Total S/.
Personal				
Digitador	Unidad	1.00	1,000.00	1,000.00
Asesor especialista en PAT	Unidad	1.00	5,000.00	4,000.00
Sub Total I				6,000.00
Materiales y equipos				
Laptop	Equipo	1.00	3,500.00	3,500.00
Papel bond 80 gramos	Unidad	5000.00	0.10	500.00
Adquisición bibliográfica.	Unidad	5.00	60.00	300.00
Sub Total II				4,300.00
Servicios				
Acceso a Internet	horas	200.00	1.00	200.00
Impresión	Unidad	3500.00	0.50	1,750.00
Copias	Unidad	5000.00	0.10	500.00
Alquiler de movilidad	Glb.	1.00	3,500.00	3,500.00
Sub Total III				5,950.00
Imprevistos 10 % (Sub Total I,II,III)				
	Glb.	1.00		1,425.00
Total				S/. 17,675.00

480

481

482 **X. BIBLIOGRAFÍA**

483

484 Androvitsaneas, V. P., Gonos, I. F., & Stathopoulos, I. A. (2012). Performance of ground
485 enhancing compounds during the year. *2012 31st International Conference on*
486 *Lightning Protection, ICLP 2012*. <https://doi.org/10.1109/ICLP.2012.6344356>

487 Androvitsaneas, Vasilios P, Gonos, I. F., & Stathopoulos, I. A. (2015). Experimental study
488 on transient impedance of grounding rods encased in ground enhancing compounds.
489 *Electric Power Systems Research*. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.11.032>

490 Arturo Galvan D., Gilberto Pretelln G, E. G. E. (2010). Practical Evaluation of Ground
491 Enhancing Compounds for. *30th International Conference on Lightning Protection -*
492 *ICLP 2010, m, 3–6*.

493 Committee, S., Power, I., & Society, E. (2012). *IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity*
494 *, Ground Impedance , and Earth Surface Potentials of a Grounding System IEEE Power*
495 *and Energy Society* (Vol. 2012).

496 García Márquez, R. (1999). *La Puesta A Tierra De Instalaciones Electricas*.

497 Gazzana, D. S., Smorgonskiy, A., Mora, N., Sunjerga, A., Rubinstein, M., & Rachidi, F.
498 (2018). *An experimental field study of the grounding system response of tall wind*
499 *turbines to impulse surges*. 160, 219–225. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2018.02.020>

500 Guo, D., Lathi, D., Harid, N., Griffiths, H., Haddad, A., & Ainsley, A. (2010). Experimental
501 investigation into the performance of large-scale earthing electrodes. *2010*
502 *International Conference on High Voltage Engineering and Application, ICHVE 2010,*
503 465–468. <https://doi.org/10.1109/ICHVE.2010.5640727>

504 Hu, W., Yu, S., Cheng, R., & He, J. (2012). A testing research on the effect of conductive
505 backfill on reducing grounding resistance under lightning. *2012 31st International*
506 *Conference on Lightning Protection, ICLP 2012,* 1–4.
507 <https://doi.org/10.1109/ICLP.2012.6344300>

508 Jones, W. R. (1980). Bentonite rods assure ground rod installation in problem soils. *IEEE*
509 *Transactions on Power Apparatus and Systems, PAS-99(4),* 1343–1346.
510 <https://doi.org/10.1109/TPAS.1980.319556>

511 Kontargyri, V. T., Gonos, I. F., & Stathopoulos, I. A. (2015). *Study on wind farm grounding*

- 512 system. 9994(c). <https://doi.org/10.1109/TIA.2015.2418315>
- 513 Liu, Y., Theethayi, N., Thottappillil, R., Gonzalez, R. M., & Zitnik, M. (2004). An improved
514 model for soil ionization around grounding system and its application to stratified soil.
515 *Journal of Electrostatics*, 60(2–4), 203–209.
516 <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2004.01.012>
- 517 Luiz, V., Piantini, A., Almaguer, H. A. D., Coelho, R. A., Boaventura, C., Osvaldo, J., &
518 Paulino, S. (2015). The influence of seasonal soil moisture on the behavior of soil
519 resistivity and power distribution grounding systems. *Electric Power Systems*
520 *Research*, 118, 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.eprsr.2014.07.027>
- 521 Manuel, R., Velásquez, A., Vanessa, J., & Lara, M. (2019). Failures in overhead lines
522 grounding system and a new improve in the IEEE and national standards. *Engineering*
523 *Failure Analysis*, 100(December 2018), 103–118.
524 <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.02.033>
- 525 Mazzetti, C., & Veca, G. M. (1983). Impulse behavior of ground electrodes. *IEEE*
526 *Transactions on Power Apparatus and Systems*, PAS-102(9), 3148–3156.
527 <https://doi.org/10.1109/TPAS.1983.318122>
- 528 Mohamad Nor, N., Abdullah, S., Rajab, R., & Ramar, K. (2013). Field tests: Performances
529 of practical earthing systems under lightning impulses. *International Journal of*
530 *Electrical Power and Energy Systems*, 45(1), 223–228.
531 <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.08.077>
- 532 Nor, N. M., Haddad, A., & Griffiths, H. (2006). Performance of earthing systems of low
533 resistivity soils. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 21(4), 2039–2047.
534 <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2006.874656>
- 535 Sekioka, S., Sonoda, T., & Ametani, A. (2005). Experimental study of current-dependent
536 grounding resistance of rod electrode. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 20(2 II),
537 1569–1576. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2004.838660>
- 538 Tu, Y., He, J., & Zeng, R. (2006). Lightning impulse performances of grounding devices
539 covered with low-resistivity materials. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 21(3),
540 1706–1713. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2006.874110>
- 541 W. F., W. Ahmad, M. S., A. Rahman, J., Jasni, M. Z. A., A.Kadir, H. (2010). CHEMICAL

542 ENHANCEMENT MATERIALS FOR GROUNDING PURPOSES. *System*, 2010, 1–
543 8.

544 Zhang, Z., Mei, D., Dan, Y., Zou, J., Liu, G., & Gao, C. (2020). Novel method for diagnosing
545 corrosion of grounding electrodes in soil. *Electric Power Systems Research*,
546 178(September 2019), 106049. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.106049>

547 Zhiwei, L. U., & Zhao, Z. (2012). *The Grounding Impedance Calculation of Large Steel*
548 *Grounding Grid*. 17, 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.02.077>

549

550

551

552

553 **XI. ANEXO:**

554 Cuadro de matriz de consistencia

555
556

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Planteamiento del problema	Planteamiento del problema específico	Hipótesis	Objetivos	Variables	Indicadores	Métodos
¿Cómo influye el Estiércol de Alpaca en la ionización de los Sistemas de Puesta a tierra?	¿Cómo mejora la resistencia del sistema de puesta a tierra, con el estiércol de alpaca?	La Resistencia del sistema de puesta a tierra, mejora con los el estiércol de alpaca.	Determinar la Resistencia del sistema de puesta a tierra.	Independientes: Método de mejoramiento del sistema a tierra. Dependientes: Ionización del sistema a tierra	Ohmios (Ω)	Caída del potencial
	¿Cuál es la influencia de la resistividad del terreno en la resistencia del sistema de puesta a tierra?	La resistividad del terreno está estrechamente relacionada con la resistencia de puesta a tierra.	Medir la resistividad del terreno en cada estrato de la ubicación del electrodo.	Independientes: composición de los estratos del suelo donde se ubica la varilla. Dependientes: Resistividad del suelo	Ohmios. Metro ($\Omega.m$)	Wenner

557
558