

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**

**Facultad de Ingeniería**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas

**“DISEÑO DE UN ALGORITMO RECURSIVO PARA EL ORDENAMIENTO  
DE DEFICIENCIAS DE SEGURIDAD PÚBLICA EN REDES  
ELÉCTRICAS DE LA EMPRESA ELECTROSUR S.A.  
TACNA – 2013”**

**TESIS**

Presentada por:

Bach. Hernandez Torres Alferez

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO EN INFORMÁTICA Y SISTEMAS**

TACNA – PERÚ

2015


**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, TACNA**

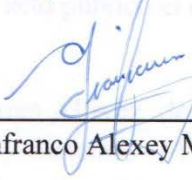
**Facultad de Ingeniería**

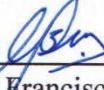
**Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas**


**“DISEÑO DE UN ALGORITMO RECURSIVO PARA EL ORDENAMIENTO DE  
DEFICIENCIAS DE SEGURIDAD PÚBLICA EN REDES ELÉCTRICAS  
DE LA EMPRESA ELECTROSUR S.A.  
TACNA – 2013”**

**TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 29 DE DICIEMBRE DEL 2014  
ESTANDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:**

**Presidente :**   
MSc. Edgar Aurelio Taya Acosta

**Secretario :**   
Ing. Gianfranco Alexey Málaga Tejada

**Vocal :**   
Ing. Erbert Francisco Osco Mamani

**Asesor :**   
Ing. Edwin Antonio Hinojosa Ramos

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**JURADO CALIFICADOR Y CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS**

TESIS N° \_\_\_\_\_

**TITULO PROFESIONAL DE:**  
**Ingeniero en Informática y sistemas**

La Secretaría Académica Administrativa de la Facultad de Ingeniería, por resolución de Facultad N° 02625-2014-FAIN/UNJBG, designó Jurado para la sustentación oral de la Tesis titulada: "DISEÑO DE UN ALGORITMO RECURSIVO PARA EL ORDENAMIENTO DE DEFICIENCIAS DE SEGURIDAD PÚBLICA EN REDES ELÉCTRICAS DE LA EMPRESA ELECTROSUR S.A. TACNA – 2013"

El mismo que está conformado por:


Presidente: MSc. Edgar Aurelio Taya Acosta


Secretario: Ing. Gianfranco Alexey Málaga Tejada

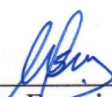
Vocal: Ing. Erbert Francisco Osco Mamani

Para calificar la sustentación de la Tesis en acto público el día 29 de diciembre del 2014.

Presentado por el Bachiller Hernandez Torres Alferez, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas. El Jurado Calificador en forma secreta e individual emitió su opinión sobre el tema de la tesis expuesta y procedió a obtener el promedio que arrojó el calificativo de aprobado con la nota de Diecisiete (17). Para ratificar lo detallado firman:

  
\_\_\_\_\_  
MSc. Edgar Aurelio Taya Acosta  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Gianfranco Alexey Málaga Tejada  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Erbert Francisco Osco Mamani  
Vocal

Tacna, 29 de diciembre del 2014

## ***Dedicatoria***

*A Dios por todo lo que me ha dado,  
a mi amada esposa, complemento de mi vida,  
y a mi familia, por todo el apoyo brindado en estos años.*

## *Agradecimientos*

*Quiero agradecer a todas aquellas personas que de una u otra manera han hecho posible concluir esta tesis. De manera especial a:*

*Al Ing. Edwin Antonio Hinojosa Ramos, por su asesoramiento, tiempo, y preocupación en el desarrollo de esta tesis.*

*Al Departamento de Mantenimiento de la empresa Electrosur S.A. por las facilidades que me dieron para la obtención de datos.*

*A la plana docente de mi “Alma máter”, quienes se encargaron de mi formación tanto profesional como personal.*

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b>	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>vi</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>3</b>
1.1. Descripción del problema	3
1.1.1. Antecedentes del problema	3
1.1.2. Problemática de la investigación.	5
1.2. Formulación del problema	7
1.2.1. Problema General	7
1.2.2. Problemas Específicos	8
1.3. Justificación	8
1.4. Alcances y limitaciones	9
1.5. Objetivos	10
1.5.1. Objetivo General	10
1.5.2. Objetivos Específicos	10
1.6. Variables	10
1.6.1. Identificación de las variables	10
1.6.2. Definición de las variables	11
1.6.3. Operacionalización de las variables	11
1.6.4. Clasificación de las variables	12
1.7. Diseño de la investigación	12
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>15</b>
2.1. Bases Teóricas	15
2.2. Definición conceptual de los términos	30
2.3. Abreviaturas.	30
<b>III. DESARROLLO</b>	<b>31</b>
3.1. Descripción de la red eléctrica de Electrosur S.A.	31
3.1.1. Sistemas Eléctricos y Subestaciones de Transformación (SET) de Electrosur S.A.	33
3.1.2. Instalaciones de Media Tensión.	35

3.2.	Descripción de la base de datos de deficiencias de seguridad pública de ElectroSur S.A.	38
3.2.1.	Parámetros generales (PG).	38
3.2.2.	Centro de transformación SET AT/MT (SET).	40
3.2.3.	Alimentadores de MT (ALM).	41
3.2.4.	Subestaciones de Distribución SED MT/BT (SED).	42
3.2.5.	Estructuras de MT (EMT)	43
3.2.6.	Tramo de MT (TMT)	44
3.2.7.	Vértices de MT	45
3.2.8.	Nodo de Enlace	46
3.2.9.	Deficiencias identificadas por puntos de inspección.	46
3.2.10.	Datos complementarios para deficiencias de responsabilidad de terceros.	51
3.3.	Proceso de supervisión de deficiencias de seguridad pública.	53
3.4.	Ordenamiento actual de deficiencias de seguridad pública.	55
3.5.	Modelo de base de datos.	60
3.6.	Diseño del algoritmo.	62
3.6.1.	Modelado de red, obtención de distancias relativas.	62
3.6.2.	Obtención de la ruta mínima de recorrido de la red.	66
3.6.3.	Ordenar deficiencias y generar reporte.	68
3.7.	Prototipo funcional.	69
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>72</b>
<b>V.</b>	<b>DISCUSIONES</b>	<b>81</b>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>83</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>84</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>88</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Representación de redes eléctricas mediante un árbol.	7
Figura N° 2: Diagrama de flujo que representa un algoritmo.	17
Figura N° 3: Ejemplo de pseudocódigo.	18
Figura N° 4: Ejemplo de una red (N, A)	25
Figura N° 5: Ejemplos de un árbol y de un árbol de expansión.	26
Figura N° 6: Procedimiento para la Supervisión de las Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública.	28
Figura N° 7: Esquema general de la red eléctrica de ElectroSur S.A.	32
Figura N° 8: Esquema de la red eléctrica de ElectroSur S.A.	37
Figura N° 9: Ejemplo de registros de la tabla centro de transformación ( <i>SET</i> ).	40
Figura N° 10: Ejemplo de registros de la tabla alimentador.	41
Figura N° 11: Ejemplo de registros de la tabla subestación de distribución.	43
Figura N° 12: Ejemplo de registros de la tabla estructura de media tensión.	44
Figura N° 13: Ejemplo de registros de la tabla tramo de media tensión.	45
Figura N° 14: Ejemplo de registros de la tabla vértices de media tensión.	45
Figura N° 15: Ejemplo de una deficiencia correspondiente a la tipificación 2024.	52
Figura N° 16: Plano de la red eléctrica del alimentador O-344 (terna C) de ElectroSur S.A.	55
Figura N° 17: Procedimiento de ordenación actual de deficiencias (actual).	58
Figura N° 18: Modelo de base de datos.	61
Figura N° 19: Ejemplo de tramos de media tensión.	63
Figura N° 20: Puntos de inicio y fin de un tramo de media tensión.	64
Figura N° 21: Diagrama de flujo de algoritmo de modelamiento de red.	65
Figura N° 22: Diagrama de flujo de algoritmo de ruta mínima.	67

Figura N° 23: Diagrama de flujo de algoritmo de relacionar coordenada de deficiencia con tramo	69
Figura N° 24: Interface del algoritmo recursivo.	70
Figura N° 25: Reporte de deficiencias ordenadas.	71
Figura N° 26: Cuadro comparativo de aplicación del algoritmo vs tradicional.	74
Figura N° 27: Cuadro comparativo de aplicación del algoritmo vs tradicional.	76
Figura N° 28: Cuadro comparativo de aplicación del algoritmo vs tradicional.	77
Figura N° 29: Cuadro comparativo de aplicación del algoritmo vs tradicional.	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables	11
Tabla 2: Tabla Parámetros Generales	39
Tabla 3: Tabla Centro de Transformación	40
Tabla 4: Tabla Alimentadores de MT	41
Tabla 5: Tabla Subestaciones de Distribución	42
Tabla 6: Tabla Estructuras de MT	43
Tabla 7: Tabla Tramo de MT	44
Tabla 8: Vértice de MT	45
Tabla 9: Nodo de Enlace	46
Tabla 10: Deficiencias identificadas por puntos de inspección	47
Tabla 11: Datos complementarios para deficiencias de responsabilidad de terceros	51
Tabla 12: Criterio para identificar registros no confiables	53
Tabla 13: Población de la investigación.	72
Tabla 14: Resultados de aplicación de algoritmo recursivo en la ordenación de deficiencias en el Sistema Eléctrico Tacna.	73
Tabla 15: Resultados de aplicación de algoritmo recursivo en la ordenación de deficiencias en el Sistema Eléctrico Tarata.	75
Tabla 16: Resultados de aplicación de algoritmo recursivo en la ordenación de deficiencias en el Sistema Eléctrico Tomasiri.	77
Tabla 17: Resultados de aplicación de algoritmo recursivo en la ordenación de deficiencias en el Sistema Eléctrico Yarada.	78
Tabla 18: Resultados generales de la aplicación del algoritmo recursivo.	79

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo diseñar un algoritmo recursivo para ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ElectroSur S.A.

Como parte del desarrollo de la investigación, se realizó la descripción de las redes eléctricas y el proceso actual de ordenación de deficiencias, con la finalidad de plantear una solución mediante el uso de algoritmos recursivos que permita dar solución a los problemas planteados.

Del análisis de los resultados obtenidos del uso de algoritmos recursivos, se puede afirmar que se puede dar una solución que permita ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas, obteniendo así una ruta óptima que minimiza el recorrido total necesario para inspeccionar las deficiencias.

## **INTRODUCCIÓN**

Dentro de una empresa se desarrollan diferentes procedimientos de trabajo, de las cuales no todas están correctamente optimizadas, el proceso de mejora continua se aplica con la finalidad de minimizar costos y maximizar beneficios, es por ello que se debe evaluar constantemente los resultados obtenidos, con la finalidad de determinar si se debe mejorar la forma de trabajo actual.

Los algoritmos son procedimientos ordenados que permiten resolver problemas. Previamente se debe realizar el análisis de la situación actual, parte esencial del diseño de algoritmos es comprender el contexto del problema, para identificar las verdaderas necesidades del problema, ya que de nada sirve un algoritmo eficiente computacionalmente si los resultados no ayudan a solucionar el problema, inclusive en ocasiones complica el procedimiento actual.

El modelamiento de la infraestructura mediante una representación lógica, ayuda para entender mejor los problemas, ya que en la industria se repite los mismos patrones, por ejemplo redes de agua potable, redes de transporte de energía eléctrica, redes de vías de comunicación, entre otros. Todas tienen la particularidad de dividirse en subredes, lo que permite analizar parte de la red y aplicarlo posteriormente al total.

En muchas ocasiones los problemas se pueden resolver utilizando la recursividad, ya que permite expresar soluciones simples y naturales, simplificando el desarrollo de algoritmos.

En esta investigación se ha elaborado un algoritmo recursivo que permitirá ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de Electrosur S.A. En el Capítulo I se plantea la investigación, se definen los objetivos y alcances de la investigación; en el Capítulo II se realiza una revisión de la base teórica; en el Capítulo III se desarrolla la investigación, para ello se describe la situación actual, y se diseña el algoritmo recursivo, en el Capítulo IV se muestran y analizan los resultados obtenidos. Para finalizar en los capítulos posteriores se muestran las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos del trabajo de investigación.

## **I. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Descripción del problema**

#### **1.1.1. Antecedentes del problema**

A continuación se presentan en síntesis una serie de investigaciones que se encuentran en el ámbito de la problemática de la presente investigación:

Según León Escobar Adolfo y Giraldo Suárez Eduardo (2011) en “Implementación de algoritmos de recorrido de grafos para el cálculo de la regulación de redes de distribución radiales” dicen: Este documento presenta una metodología para el cálculo de la regulación en redes de distribución radiales utilizando técnicas heurísticas para recorrido de grafos como son búsqueda en anchura o BFS (BreadthFirstSearch) y búsqueda en profundidad o DFS (DepthFirstSearch)”.

De la publicación, se destaca cómo se puede modelar redes eléctricas radiales mediante la utilización de grafos. Asimismo, se utiliza algoritmos heurísticos para el recorrido de grafos.

Silvia Simón, José Demaldé, José Hernández y Mercedes Carnero (2012), en “Optimización de Recorridos para la Recolección de Residuos Infecciosos” dicen: Este trabajo se presenta una metodología para la determinación de un

conjunto de rutas óptimas para la recolección de residuos infecciosos en la ciudad de Río Cuarto, Argentina. La recolección la realizan vehículos con restricciones de capacidad. El caso puede ser formulado como un problema de programación lineal entera mixta y está catalogado como NP-duro (non-deterministic polynomial-time hard). Se propone mejorar las soluciones obtenidas mediante un algoritmo de búsqueda exacto, a través de una heurística de búsqueda local. Ésta inspecciona el entorno de dichas soluciones mediante mecanismos diferentes asegurando la explotación intensiva de las regiones promisorias del espacio de búsqueda. Se presenta la metodología y su desempeño para resolución de diferentes problemas test extraídos de la literatura y para la determinación de un conjunto de rutas óptimas.

De la publicación, se observa cómo mediante la utilización de algoritmos se puede llegar a obtener rutas óptimas para la recolección de residuos infecciosos en la ciudad de Río Cuarto, Argentina.

Carlos García, Edwin García y Fernando Villada (2012), en “Algoritmo Evolutivo Eficiente Aplicado a la Planeación de la Expansión de Sistemas de Distribución” dicen: En este trabajo se aborda el problema de la optimización de la planeación de la expansión de un sistema de distribución real de la ciudad de Medellín (Colombia). El sistema de distribución en cuestión cuenta con 155 nodos y 154 tramos a un nivel de voltaje de 13200 volts. Para este fin se aplican

algoritmos evolutivos eficientes, con el objeto de observar las mejoras y el desempeño que estos presentan frente a los algoritmos evolutivos convencionales. Además se plantea un modelo de planeación de la distribución mono-etapa y mono-objetivo, que tiene como función objetivo la optimización de los costos de construcción y las pérdidas técnicas del sistema. Finalmente se analiza el impacto que tienen los operadores eficientes diseñados especialmente para optimización, así como el análisis de los costos obtenidos.

De la publicación, se observa cómo la utilización de algoritmos permite obtener un modelo para optimizar la planeación de la expansión de un sistema de distribución eléctrica.

### **1.1.2. Problemática de la investigación.**

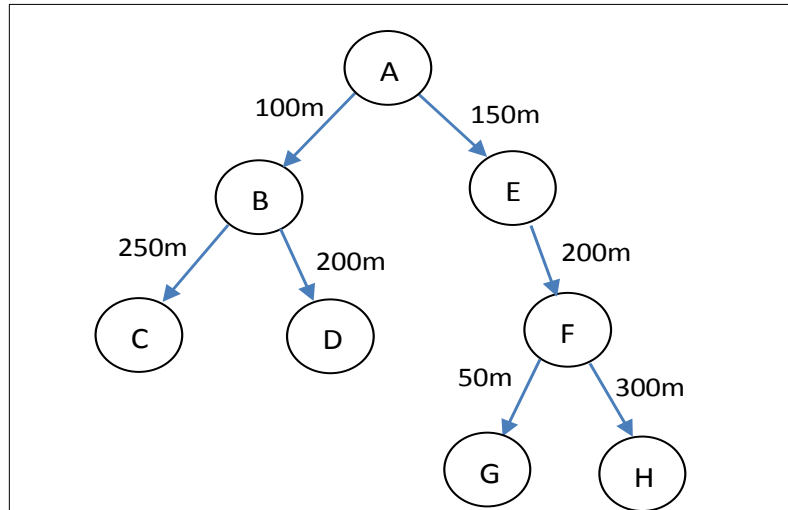
Las empresas eléctricas son fiscalizadas por el ente regulador, el cual como parte de su proceso de fiscalización, exige a las empresas eléctricas mantener actualizada una base de datos confiable de deficiencias en media tensión, según parámetros establecidos mediante Resolución 228-2009-OS/CD del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSIENRGMIN).

Parte del mantenimiento de dicha base de datos, corresponde la actualización permanente del registro de deficiencias, con la finalidad de establecer el estado actual de las mismas: deficiencia pendiente de subsanación,

deficiencia subsanada, o deficiencias con subsanación preventiva, de acuerdo a los parámetros establecidos por el ente regulador.

Actualmente, el principal problema radica en la dimensión misma de la red, que se cuantifica en kilómetros, razón por la cual, muchas veces se deja de lado, la inspección de muchas deficiencias, originando registros no confiables, a ello sumado que el personal encargado de las inspecciones, no cuenta con una metodología única para realizar el recorrido, originando pérdidas de horas-hombre y gastos excesivos en logística (alquiler de camionetas y combustible).

Para el caso de redes de media tensión, y otros niveles de tensión, éstas pueden representarse mediante grafos, por ejemplo, una representación de las redes eléctricas se podría dar si cada poste y subestación correspondiera a un nodo y los tramos de conductor a los enlaces, en cuyos elementos (nodos o enlaces) puede contener una deficiencia a inspeccionar, tal como se puede apreciar en el siguiente gráfico:



**Figura N° 1:** Representación de redes eléctricas mediante un árbol.

Fuente: elaboración propia

El problema es ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas, de tal manera que al inspeccionarlas en campo minimice la distancia recorrida (ruta mínima).

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema General

- ¿Cómo será el algoritmo recursivo para el ordenamiento de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cómo será el diseño el algoritmo recursivo para ordenar deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013?
- ¿Cómo es el ordenamiento de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013?

### **1.3. Justificación**

El diseño de algoritmos nos permite hallar la solución a un problema. Con el uso de las Ciencias de la Computación, se puede aprovechar el potencial de las computadoras para diseñar soluciones a los problemas que se presentan en la realidad.

En la empresa ELECTROSUR S.A. se tiene alrededor 6 000 deficiencias de seguridad pública, las cuales pertenecen a una red eléctrica. Actualmente el problema radica en que dichos registros no se encuentran ordenados de acuerdo al recorrido de la red eléctrica, lo que ocasiona que el personal técnico no pueda inspeccionar ni ubicar el total de deficiencias, originando gastos innecesarios a la empresa, al no tener una ruta óptima que permita recorrer las deficiencias en un orden preestablecido.

Aplicando las Ciencias de la Computación se puede diseñar un algoritmo recursivo, que permita ordenar las deficiencias de seguridad pública de ELECTROSUR S.A. de acuerdo a su recorrido de red eléctrica, tomando en consideración la ubicación geográfica de las deficiencias y obteniendo así una ruta óptima que permita realizar inspecciones en el menor tiempo posible, sin dejar de visitar ningún punto a inspeccionar.

#### **1.4. Alcances y limitaciones**

##### **Alcance:**

Se pretende diseñar un algoritmo recursivo que permita ordenar las deficiencias de seguridad pública de ELECTROSUR S.A., para ello se utilizará técnicas de diseño de algoritmos, flujogramas y pseudocódigos, que permitan describir cómo funcionará el algoritmo y los reportes que se obtendrán, todo dentro del ámbito de las redes de ELECTROSUR S.A.

##### **Limitaciones:**

Por la naturaleza del algoritmo a diseñar, existen limitaciones del tipo de red donde se aplicará el algoritmo, limitándose sólo a redes de tipo radial; aquel que tiene un solo inicio de la red eléctrica. De tratarse de redes tipo anillado o malla, se deberá de diseñar otro algoritmo que abarque esos casos, las cuales no serán materia de análisis en la presente investigación.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

- Diseñar un algoritmo recursivo que permita ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar el algoritmo recursivo que permita ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013.
- Describir el ordenamiento de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Identificación de las variables**

- Algoritmo recursivo
- Ordenación de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. - Tacna

### 1.6.2. Definición de las variables

**Algoritmo recursivo:** Es un algoritmo que expresa la solución de un problema mediante el uso de la recursividad (propiedad que posee una función por la cual puede llamarse a sí misma).

#### **Ordenación de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas:**

Actividad que consiste en ordenar geográficamente (según coordenadas UTM) las deficiencias de seguridad pública de la empresa ELECTROSUR S.A., con la finalidad de inspeccionarlas posteriormente y conocer su estado actual.

### 1.6.3. Operacionalización de las variables

**Tabla 1: Operacionalización de variables**

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>Variable N° 1:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Número de iteraciones</li></ul>
<b>Algoritmo recursivo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Consumo de recursos</li></ul>
<b>Variable N° 2:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Distancia recorrida</li></ul>
<b>Ordenamiento de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Redundancia de deficiencias visitadas</li><li>• Deficiencias no visitadas</li></ul>

Fuente: Elaboración propia

#### **1.6.4. Clasificación de las variables**

**Variables:** Algoritmo recursivo y ordenamiento de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. - Tacna.

**Criterios:**

- Con relación al fin de la Investigación: Asociadas
- Por su naturaleza: Cuantitativa continúa
- Por el método de estudio: Categóricas
- Por su escala de medición: Intervalo

#### **1.7. Diseño de la investigación**

##### **1.7.1. Diseño experimental o no experimental**

Esta investigación cuenta con un diseño no experimental, de tipo descriptiva, porque no se manipula las variables, los datos para la investigación se obtendrán de la Base de Datos de Deficiencias de Seguridad Pública de ELECTROSUR S.A.

La investigación no experimental es la que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que hace en este tipo de investigación es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para después analizarlos (Hernandez, Fernández, & Baptista, 2006).

### **1.7.2. Población y muestra**

Grasso (2006, p. 74) denomina a la población como “al conjunto de sujetos u objetos que poseen en común cierto o ciertos atributos especificables, que la definen” y requiere definir claramente sus características.

Para la investigación actual, el grupo de estudio está conformado por el total de redes de distribución de ELECTROSUR S.A. - Tacna, el cual está dividido en 31 subredes o alimentadores. Para el presente trabajo de investigación se realizará el estudio en el total de alimentadores. Por lo tanto no corresponde muestra.

#### **Criterios de inclusión:**

1. Redes eléctricas que pertenezcan a ELECTROSUR S.A. sede Tacna.
2. Redes eléctricas de tipo radial.

#### **Criterio de exclusión:**

1. Las redes eléctricas no deben ser de tipo anillado ni de tipo malla.

### **1.7.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizará la observación y medición como principal medio de recolección de datos.

#### **1.7.4. Análisis de datos**

Para procesar los datos recopilados se hará uso de la estadística descriptiva, tanto de la información que se tiene actualmente en la Base de Datos de Deficiencias de Seguridad Pública de ElectroSur S.A., correspondiente a la sede Tacna, y de los resultados que se obtendrán del diseño del algoritmo.

La presentación de los datos se realizará mediante tablas y cuadros estadísticos.

#### **1.7.5. Selección de pruebas estadísticas**

Se utilizará las pruebas de estadística descriptiva.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Bases Teóricas**

#### **Definición de algoritmo**

Según Joyanes Aguilar, Sánchez García & Zahonero Martínez (2007), “un algoritmo es un conjunto finito de reglas que dan una secuencia de operaciones para resolver un determinado problema. Es, por consiguiente, un método para resolver un problema que tiene en general una entrada y una salida” (p. 17).

Por su parte Deitel (2004), indica que: “la solución a cualquier problema de cómputo involucra la ejecución de una serie de acciones en un orden específico. Se llama algoritmo al procedimiento de resolver un problema en términos de: (1) las acciones a ejecutar, y (2) el orden en el cual se lleva a cabo dichas acciones” (p. 50).

Cobo Yera (2009) define a un algoritmo como una secuencia finita de instrucciones que especifica los pasos que hay que realizar para resolver un problema. En función de la entrada del algoritmo se obtendrá la salida o el resultado.

El Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, define a algoritmo como un conjunto ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución de un problema.

De las definiciones anteriores, podemos decir que un algoritmo es un procedimiento ordenado y finito para resolver un problema.

### **Diseño de un algoritmo.**

Según Cobo Yera (2009, p. 57), la resolución de un problema exige al menos los siguientes pasos:

- Definición y análisis del problema.
- Diseño del algoritmo.
- Transformación del algoritmo en un programa.
- Ejecución y validación del programa.

Por su parte Joyanes Aguilar et al. (2007), proponen los pasos para la resolución de un problema:

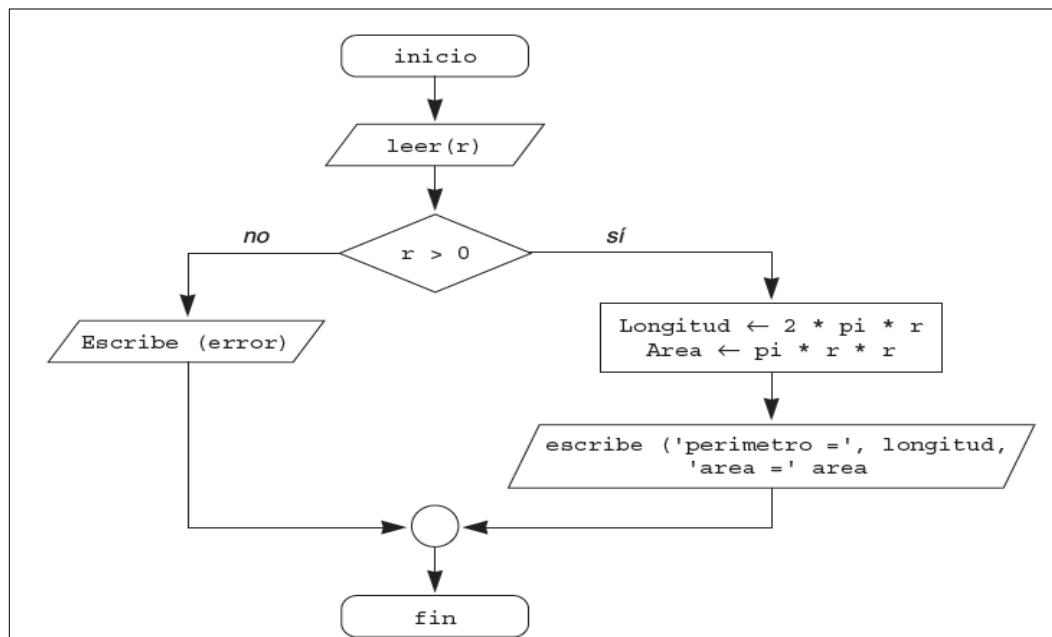
- *Diseño del algoritmo* que describe la secuencia ordenada de los pasos – sin ambigüedades –que conducen a la solución de un problema dado. (*Análisis del problema y desarrollo del algoritmo*).
- Expresar el algoritmo como un *programa* en un lenguaje de programación adecuado. (*Fase de codificación*).
- *Ejecución y validación* del programa por la computadora.

Para diseñar un algoritmo, previamente se debe de realizar el análisis del problema. Posteriormente diseñar el algoritmo propiamente dicho, con la finalidad de traducirlo a un programa mediante un lenguaje de programación específico.

Las dos herramientas más comúnmente utilizadas para diseñar un algoritmo son (Joyanes Aguilar et al.):

- Diagramas de flujo, que es una representación gráfica del algoritmo,
- Pseudocódigo, que es un lenguaje de especificación de algoritmos.

El pseudocódigo es un lenguaje artificial e informal que ayuda a los programadores a desarrollar algoritmos (Deitel, 2004, p. 51).



**Figura N° 2:** Diagrama de flujo que representa un algoritmo.

Fuente: (Joyanes Aguilar et al., 2007, p. 16)

```

algoritmo Producto__Suma
variables
    entero: Numero1, Numero2, Numero3, Producto, Suma
inicio
    Leer(Numero1, Numero2, Numero3)
    si (Numero1 > 0) entonces
        Producto ← Numero1* Numero2 * Numero3
        Escribe('El producto de los números es:', Producto)
    sino
        Suma ← Numero1 + Numero2 + Numero3
        Escribe('La suma de los números es: ', Suma)
    fin si
fin

```

**Figura N° 3:** Ejemplo de pseudocódigo.

Fuente: (Joyanes Aguilar et al., 2007, p. 16)

### **Propiedades de los algoritmos.**

Cobo Yera (2000, p. 58), indica que para que un algoritmo pueda ser implantado en un ordenador es necesario que cumpla las siguientes características:

- *Preciso.* El algoritmo debe de indicar perfectamente el orden de ejecución de cada instrucción.
- *Bien definido.* Debe estar bien definido de forma que si ejecuta dos veces con la misma entrada se debe de obtener el mismo resultado.
- *Finito.* El algoritmo debe de acabar en algún momento. Es decir, para cualquier dato de entrada del algoritmo el tiempo de ejecución es finito.

Por su parte Joyanes Aguilar et al., indica que un algoritmo debe de cumplir diferentes propiedades, las cuales son:

- *Especificación precisa de la entrada.* El algoritmo toma un conjunto de valores de entrada y ejecuta algunas manipulaciones para producir un conjunto de valores de salida.
- *Especificación precisa de cada instrucción.* Cada etapa de un algoritmo debe ser definida con precisión. Esto significa que no puede haber *ambigüedad* sobre las acciones que se deban ejecutar en cada momento.
- *Exactitud, Corrección.* Se debe poder demostrar que el algoritmo resuelve el problema. Se debe calcular la función deseada, convirtiendo cada entrada a la salida correcta.
- *Etapas bien definidas y concretas.* Un algoritmo se compone de una serie de *etapas concretas*. Concreta significa que la acción descrita por esa etapa está totalmente comprendida por la persona o máquina que debe ejecutar el algoritmo. Cada etapa debe ser ejecutable en una cantidad finita de tiempo.
- *Número finito de pasos.* Un algoritmo se debe componer de un número *finito* de pasos. Si la descripción del algoritmo se compone de un número infinito de etapas, nunca se podrá implementar como un programa de computador.
- *Un algoritmo debe terminar.* En otras palabras, no puede entrar en un bucle infinito.

- *Descripción del resultado o efecto.* Debe estar claro cuál es la tarea que el algoritmo debe ejecutar. La mayoría de las veces, esta condición se expresa con la producción de un valor como resultado que tenga ciertas propiedades.

Kunth (1985), indica que un algoritmo además de ser meramente un conjunto finito de reglas que dan una secuencia de operaciones para resolver un problema, un algoritmo cumple cinco importantes condiciones:

- *Finitud.* Un algoritmo tiene que acabar siempre tras un número finito de pasos.
- *Definibilidad.* Cada paso de un algoritmo debe definirse de modo preciso; las acciones a realizar han de estar especificadas para cada caso rigurosamente y sin ambigüedad.
- *Entrada.* Un algoritmo tiene cero o más entradas, es decir cantidades dadas inicialmente antes de empezar un algoritmo.
- *Salida.* Un algoritmo tiene una o más salidas, es decir, cantidades que tienen una relación específica con las entradas.
- *Efectividad.* Se pretende que un algoritmo sea efectivo.

De las definiciones anteriores, podemos concluir entonces como la precisión, definibilidad y finitud como características principales de un algoritmo, además que debe de poseer una entrada y salida.

## **Programa de computadora**

Un programa de computadora es “una representación es una representación concreta de un algoritmo en un lenguaje de programación” (Joyanes Aguilar et al., p. 157).

Un algoritmo para ser representado por un programa de computadora debe tener dos características principales:

- Que sea fácil de entender, codificar y depurar.
- Que consiga la mayor eficiencia a los recursos de computadora.

## **Eficiencia de un algoritmo**

La eficiencia de un algoritmo es la propiedad mediante la cual un algoritmo debe alcanzar la solución al problema en el tiempo más corto posible y/o utilizado la cantidad más pequeña posible de recursos físicos, y que sea compatible con su exactitud y corrección (Joyanes Aguilar et al.).

Según Cobo (2007) existen dos formas de averiguar la eficiencia:

- La *empírica*, que consiste en programar un algoritmo dado y ejecutarlo con distintas entradas.
- La *teórica*, que consiste en determinar matemáticamente la cantidad de recursos que necesita un algoritmo mediante una función.

Para evaluar un algoritmo se debe considerar (Joyanes Aguilar et al.):

- Su facilidad de codificación y depuración.
- Su funcionamiento correcto para cualquier posible valor de los datos entrada.
- Inexistencia de otro algoritmo que resuelva el problema utilizando menos recursos (tiempo en ejecutarse y memoria consumida). El recurso espacio y el recurso tiempo deben ser contrapuestos.

### **Recursividad**

La recursión es un recurso muy poderoso que permite expresar soluciones simples y naturales a ciertos tipos de problemas. Es importante considerar que no todos los problemas son naturalmente recursivos; algunos si lo son y otros no (Cairo, 2006).

La recursividad (recursión) es aquella propiedad que posee una función por la cual puede llamarse a sí misma. Aunque la recursividad se puede utilizar como una alternativa a la iteración, una solución recursiva es normalmente menos eficiente, en términos de tiempo de computadora, que una solución iterativa, debido a las operaciones auxiliares que llevan consigo las invocaciones suplementarias a las funciones (Joyanes Aguilar et al). Sin embargo, en muchas circunstancias el uso de la recursión permite a los programadores especificar soluciones naturales, sencillas, que serían, en caso contrario, difíciles de resolver.

### **Algoritmos recursivos.**

Según Joyanes Aguilar et al. “una función recursiva es aquella que se llama a sí misma o bien directamente o bien a través de otra función. Una función que tiene sentencias entre las que se encuentra al menos una que llama a la propia función se dice que es recursiva” (p. 57).

Se dice que un objeto es *recursivo*, sin en parte está formado por sí mismo o se define en función de sí mismo (Niklaus Wirth, 1987). La recursión se encuentra no sólo en las matemáticas, sino también en la vida diaria.

Según Oswaldo Cairo (2006), la recursión se puede presentar de dos diferentes maneras:

- *Directa*: el programa o subprograma se llama directamente a sí mismo.
- *Indirecta*: el subprograma llama a otro subprograma, y éste en algún momento, llama nuevamente al primero.

En toda definición recursiva de un problema siempre se debe establecer dos pasos diferentes y muy importantes: “el paso básico y el paso recursivo. El primero, uno o varios, dependiendo del problema, se utiliza como condición de parada o fin de la recursividad. A éste llegamos cuando encontramos la solución al problema o cuando decidimos que ya no vamos a seguir, porque no están dadas las condiciones para hacerlo. El segundo paso, por otra parte, propicia la

recursividad. Se puede presentar una o varias nuevamente dependiendo del problema a resolver” (Cairo, 2006, p. 109).

El diseño recursivo de algoritmos está basado en el “Principio de Inducción Matemática” (Rabasa Dolado & Santamaría Arana, 2004, p. 26):

*“Si dado  $n$ , se cumple  $P(n)$ ; entonces dado  $n+1$ , se cumple  $P(n+1)$ ”.*

### **Árboles**

Un árbol se puede definir como “una estructura jerárquica aplicada sobre una colección de elementos u objetos llamados nodos, uno de los cuales es conocido como rama. Además se crea una relación de parentesco entre los nodos dando lugar a términos como padre, hijo, hermano, antecesor, sucesor, ancestro, etcétera” (Cairo, 2006, p. 178).

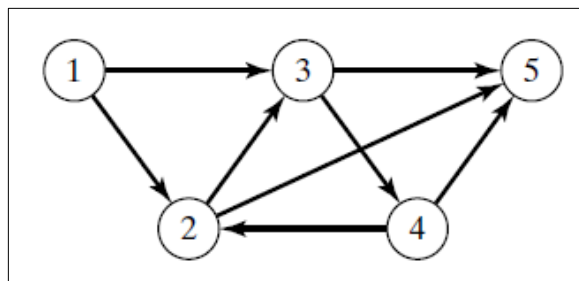
Los árboles son estructuras recursivas, ya que cada subárbol es a su vez un árbol.

Un árbol es “una colección de elementos llamados nodos, uno de los cuales se distingue como raíz, junto con una relación (de «paternidad») que impone una estructura jerárquica sobre los nodos. Un nodo, como un elemento de una lista, puede ser del tipo que se desee” (Aho, Hopcroft & Ullman, 1998, p. 76).

Las estructuras de tipo árbol se usan para representar datos con una relación jerárquica entre sus elementos. La definición de árbol implica una naturaleza recursiva, ya que un árbol o es vacío o se considera formado por un nodo raíz y un conjunto de árboles que se llaman subárboles del raíz (Joyanes Aguilar et al.).

### Redes

Una red consiste en “una serie de nodos enlazados con arcos (o ramas). La notación para describir una red es  $(N, A)$ , donde  $N$  es el conjunto de nodos y  $A$  es el conjunto de arcos” (Taha, 2004, p. 214).



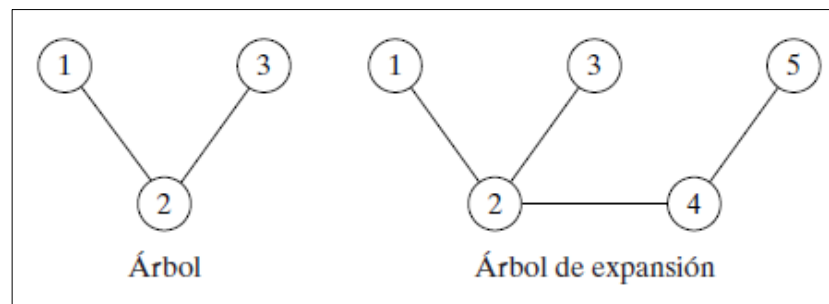
**Figura N° 4:** Ejemplo de una red  $(N, A)$

Fuente: (Taha, 2004, p. 2014)

Con cada red se asocia algún tipo de flujo (por ejemplo, flujo de productos petroleros en un oleoducto y flujo de tráfico de automóviles en carreteras). En general, el flujo en una red está limitado por la capacidad de sus arcos, que pueden ser finitos o infinitos.

Si el flujo a través de un arco se permite sólo en una dirección –como en una calle de un sentido–, se dice que el arco es un arco dirigido. Si el flujo a través de un arco se permite en ambas direcciones –como una tubería que se puede usar para bombear fluido en ambas direcciones–, se dice que el arco es un arco no dirigido (Hillier & Lieberman, 2010).

Una red conectada es aquella en que cada dos nodos distintos están enlazados al menos por una ruta. Un árbol es una red conectada que puede consistir sólo en un subconjunto de todos los nodos en ella, donde no se permiten ciclos, y un árbol de expansión es un árbol que enlaza todos los nodos de la red, también sin permitir ciclos (Taha, 2004).



**Figura N° 5:** Ejemplos de un árbol y de un árbol de expansión.

Fuente: (Taha, 2004, p. 2014)

## **Deficiencia de seguridad pública**

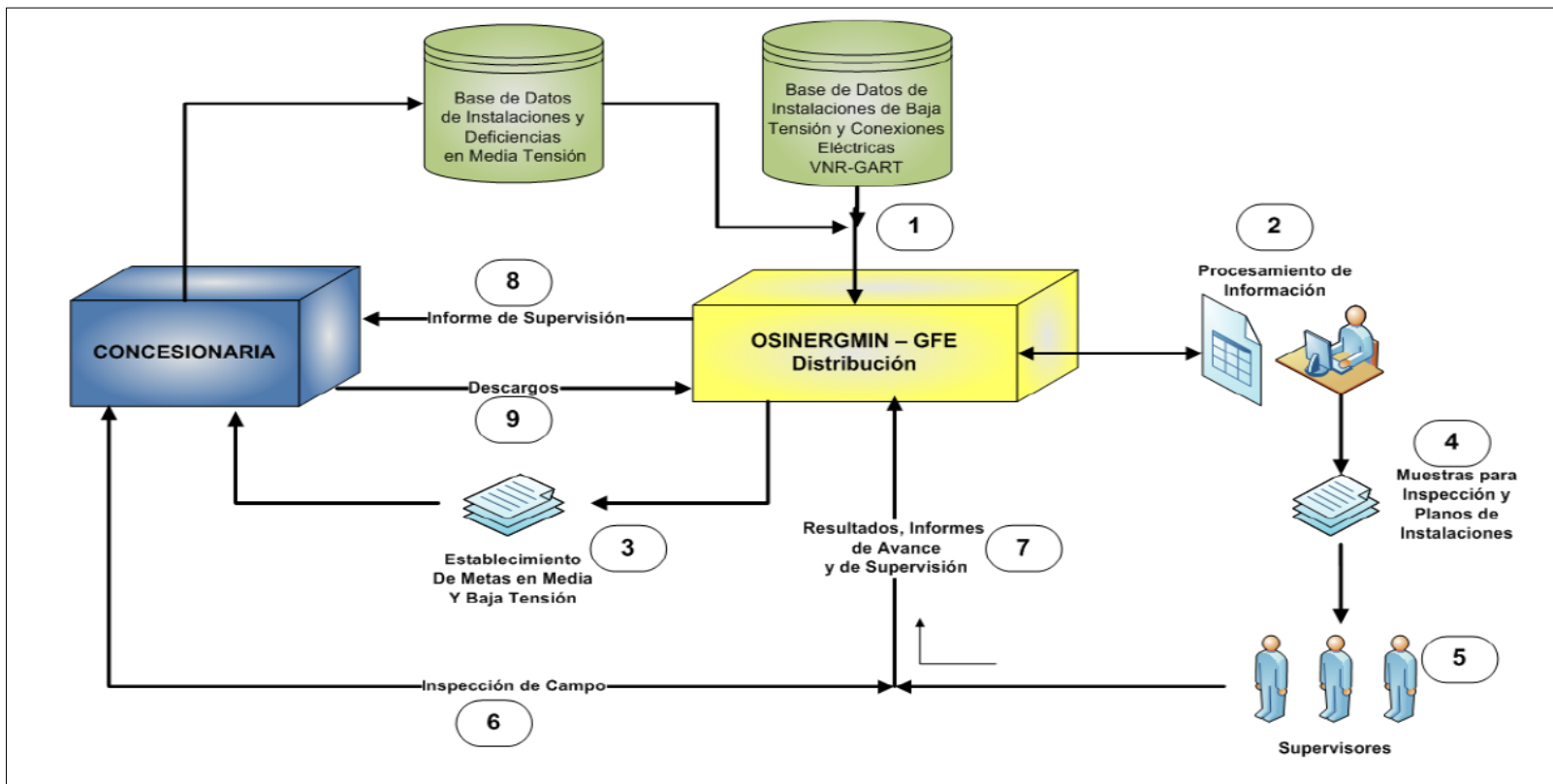
*Seguridad Pública:* Condiciones que deben cumplir las instalaciones eléctricas para no afectar la integridad de las personas y de la propiedad, de conformidad con las normas de seguridad

*Deficiencia:* Estado de un componente del punto de inspección que incumple con las especificaciones de las normas y reglamentos vigentes.

*Deficiencia tipificada:* Deficiencia codificada por el OSINERGMIN (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería) que incumple con las especificaciones de las normas y reglamentos vigentes que afecta la seguridad pública.

## **Procedimiento para la supervisión de las instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública**

Las empresas eléctricas son fiscalizadas por el OSINERGMIN, mediante el “Procedimiento para la supervisión de las instalaciones de distribución eléctrica por seguridad pública”, aprobada mediante Resolución N° 228-2009-OS/CD. Dicho procedimiento establece los lineamientos para la supervisión y fiscalización a las concesionarias de distribución para verificar el cumplimiento de las normas de seguridad en las instalaciones de distribución eléctrica. Este procedimiento establece también las actividades que deben realizar las concesionarias para contribuir al proceso de supervisión y fiscalización.



**Figura N° 6:** Procedimiento para la Supervisión de las Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública.

Fuente: Osinergmin, 2010, p. 13

### **Punto de Inspección.**

Parte de la instalación que se inspecciona en relación con la seguridad pública. Tipos de puntos de inspección:

- *Estructura de Media Tensión (EMT)*: Unidad de soporte (poste, torre o pedestal) de la línea de media tensión.
- *Subestación de Distribución (SED)*: Conjunto de instalaciones para la transformación de tensión que recibe de una red de distribución primaria y la entrega a una red de distribución secundaria, instalaciones de alumbrado público o a usuarios. Comprende el transformador y los equipos de maniobra, protección, medición y control, tanto en el lado primario como en el secundario, y eventualmente edificaciones para albergarlos.
- *Tramo de Media Tensión (TMT)*: Parte de la red de media tensión con igual tipo de material, sección y fase, limitado por una derivación hacia otro tramo de la red, utilizado para transferir electricidad entre dos puntos de la misma.

## **2.2. Definición conceptual de los términos**

### **Algoritmo recursivo:**

Es un algoritmo que expresa la solución de un problema mediante el uso de la recursividad (propiedad que posee una función por la cual puede llamarse a sí misma).

### **Ordenación de deficiencias de seguridad pública:**

Actividad que consiste en ordenar geográficamente (según coordenadas UTM) las deficiencias de seguridad pública de la empresa ELECTROSUR S.A., con la finalidad de inspeccionarlas posteriormente y conocer su estado actual.

## **2.3. Abreviaturas.**

**OSINERGMIN:** *Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.*

**ELECTROSUR:** *Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad*

**KV:** *Kilovoltio (1000 voltios)*

### **III. DESARROLLO**

Este capítulo describe las actividades realizadas a lo largo del trabajo de investigación, partiendo desde la descripción del proceso de ordenamiento de deficiencias en Electrosur S.A. sede Tacna, el diseño del algoritmo recursivo como propuesta a la solución del problema de ordenación de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas, y la simulación de diferentes situaciones que permitan comparar los resultados de la utilización del algoritmo y del procedimiento manual.

#### **3.1. Descripción de la red eléctrica de Electrosur S.A.**

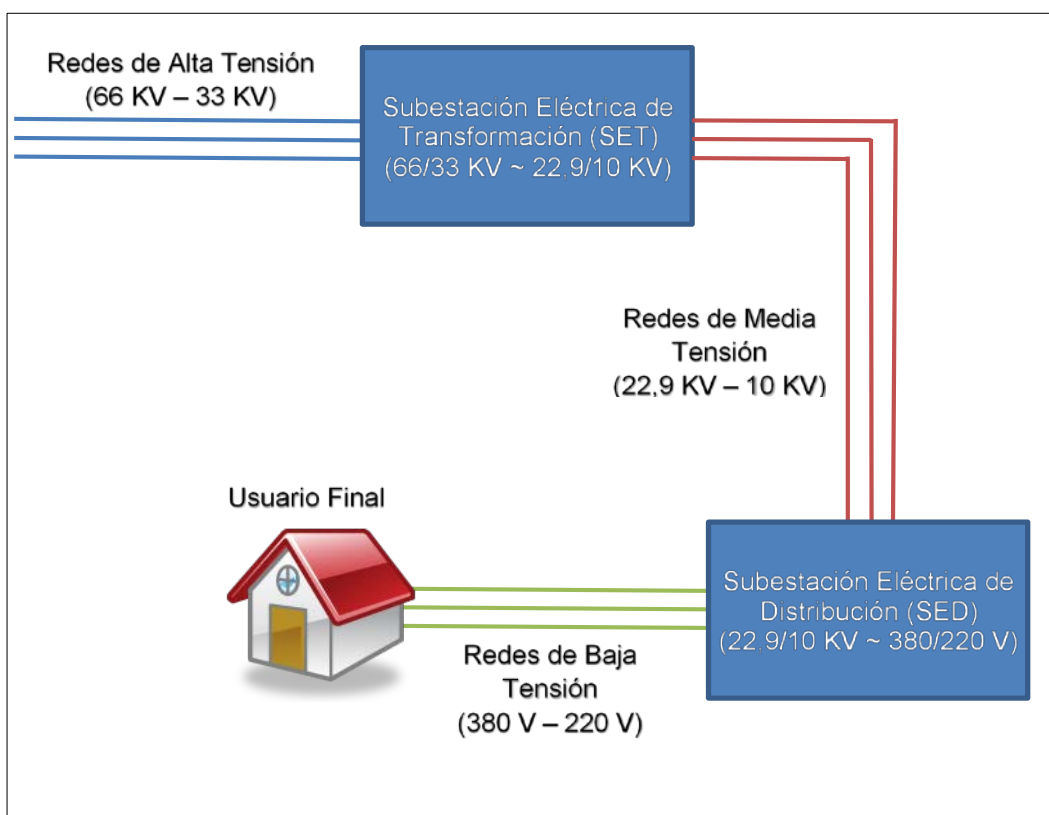
De acuerdo Electrosur S.A. (2013):

La empresa Regional de Servicio Público de Electricidad – Electrosur S.A., fue creada por Ley N° 24093 del 28 de Enero de 1985 y por Resolución Ministerial N° 096-85-EM/DGE del 22 de Abril de 1985 sobre la base de la anterior Unidad de Operaciones Sur Oeste de ELECTROPERU iniciando sus operaciones el 01 de Junio de 1985.

Es una empresa estatal regional de derecho privado y de duración indefinida, constituida bajo la forma de sociedad anónima, y goza de autonomía propia para realizar sus actividades, siendo su actividad principal la distribución y

comercialización de energía eléctrica dentro del área de su concesión que comprende los departamentos de Tacna y Moquegua.

Para realizar la distribución y comercialización, ElectroSur S.A. cuenta con redes para transportar la energía eléctrica, las que podemos clasificar en Redes Alta, Media y Baja Tensión, la conversión entre Alta y Media, y entre Media y Baja Tensión se realiza a través de Subestaciones de Transformación y Distribución respectivamente, las que se encargan de reducir el voltaje de la energía eléctrica.



**Figura N° 7:** Esquema general de la red eléctrica de ElectroSur S.A.

Fuente: Elaboración propia

Las redes de alta tensión comprende todo el sistema de transporte para la energía eléctrica, la infraestructura consta de torres o postes de alta tensión y los conductores, que soportan tensiones, para el caso de Electrosur S.A., de 33 KV (33 000 voltios) y 66 KV (66 000 voltios). La misión de las Subestaciones de Transformación (SET) es reducir el voltaje de operación de 66 KV ó 33 KV a 22,9 KV o 10 KV.

Las redes de Media Tensión comprende el sistema de transporte de la energía eléctrica y las Subestaciones de Distribución, éstas se encargan de transformar el voltaje de trabajo de 22,9 KV ó 10 KV a 380 V ó 220 V. Por último las redes de Baja Tensión se encargan de transportar la energía a los usuarios finales y al alumbrado público.

### **3.1.1. Sistemas Eléctricos y Subestaciones de Transformación (SET) de Electrosur S.A.**

La agrupación de una o más subestaciones de transformación, corresponde a un sistema eléctrico. Un Sistema Eléctrico es un conjunto de infraestructura eléctrica destinada a suministrar energía a un sector en particular.

En el Departamento de Tacna, se cuenta con cuatro (4) sistemas eléctricos, todas ellas están interconectadas mediante el Sistema Interconectado Nacional (SEIN):

**a) Sistema Eléctrico Tacna.**

Se encarga de suministrar energía a las zonas de Tacna Cercado, los Distritos de Ciudad Nueva, Alto de la Alianza, Gregorio Albarracín Lanchipa, Pocollay, Calana y Pachía. Cuenta con dos subestaciones de transformación (SET):

- SET Tacna
- SET Parque Industrial

**b) Sistema Eléctrico Yarada.**

Se encarga de suministrar energía a las zonas agrícolas de La Yarada y Los Palos. Cuenta con una subestación de transformación (SET):

- SET Yarada

**c) Sistema Eléctrico Tomasiri.**

Se encarga de suministrar energía a las localidades de Locumba, Ite, Boca del Río, y poblados contiguos. Cuenta con una subestación de transformación (SET):

- SET Tomasiri.

**d) Sistema Eléctrico Tarata.**

Se encarga de suministrar energía a la zona altoandina del Departamento de Tacna: Provincias de Tarata y Candarave, y localidades de Ilabaya y Palca. Cuenta con cinco subestaciones de transformación (SET):

- SET Caserío Aricota.
- SET Aricota 2 (de propiedad de la empresa Egesur S.A.)
- SET Tarata.
- SET Alto Toquela.
- SET El Ayro.

### **3.1.2. Instalaciones de Media Tensión.**

Comprende la línea de media tensión, los equipos y las subestaciones de distribución. La línea de media tensión comprende los conductores, estructuras de soporte (postes) y accesorios, utilizados para transmitir energía eléctrica. A este conjunto de elementos se denomina también **red de distribución primaria** (la red de distribución secundaria corresponde a los postes de baja tensión, alumbrado público y suministros a clientes).

Las instalaciones de media tensión están agrupadas por alimentador (llamado también terna). Cada alimentador tiene su punto de inicio una subestación de transformación (SET).

Por ejemplo, de la Subestación de Transformación Parque Industrial, derivan cuatro (4) alimentadores de media tensión:

- Alimentador O-281 (Terna F), que se encarga de distribuir la energía a la zona del Parque Industrial de Tacna.

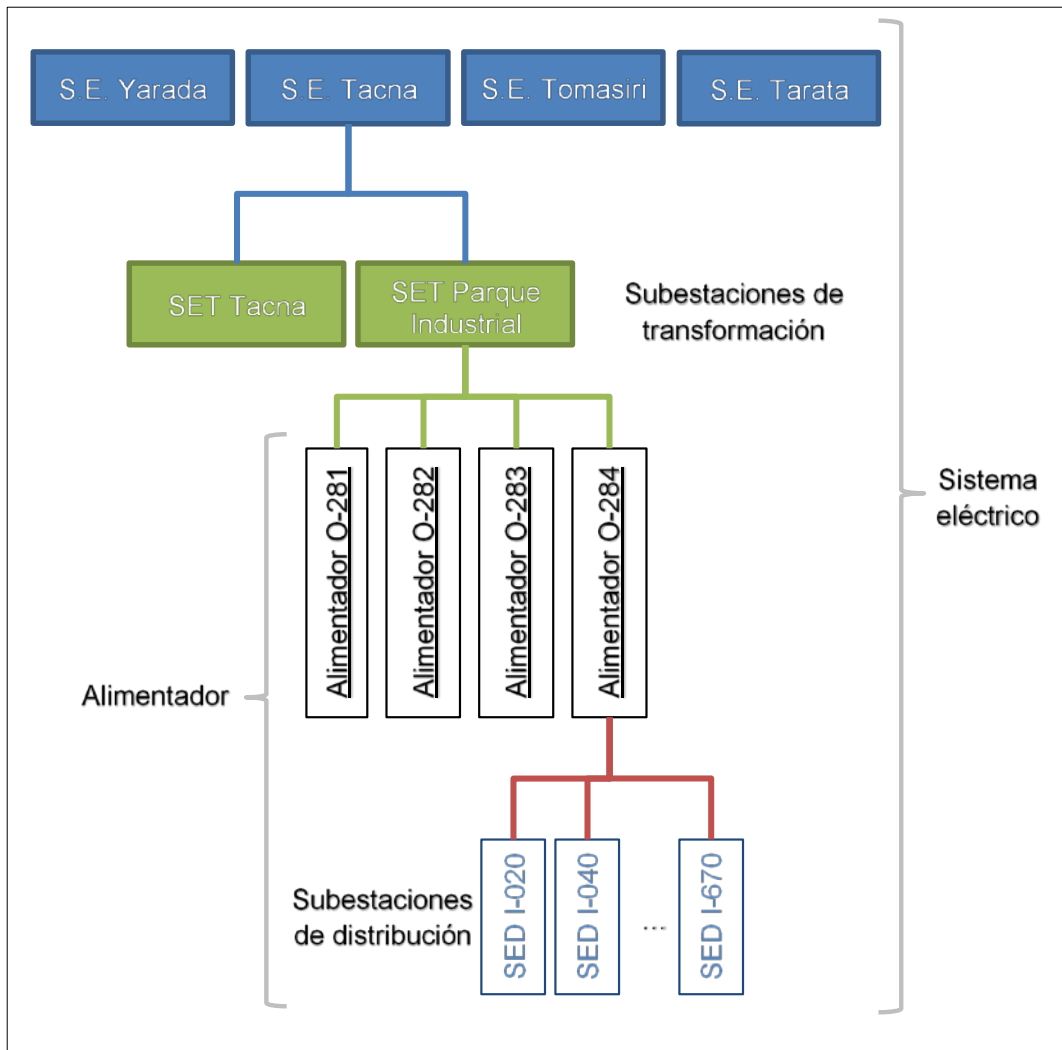
- Alimentador O-282 (Terna G), que se encarga de distribuir la energía al CPM La Natividad.
- Alimentador O-283 (Terna H), que se encarga de distribuir la energía a los Distritos de Ciudad Nueva y parte de Alto de la Alianza.
- Alimentador O-284 (Terna I), que se encarga de distribuir la energía a los Distritos de Pocollay, Calana y Pachía.

La subestación de distribución (SED) es un “conjunto de instalaciones para la transformación de tensión que recibe de una red de distribución primaria y la entrega a una red de distribución secundaria, instalaciones de alumbrado público o a usuarios”.

Cada alimentador tiene una o varias subestaciones de distribución, que se encargan de suministrar energía a un grupo de clientes, por ejemplo, para el caso del alimentador O-284, se tiene 167 subestaciones de distribución.

Dentro de un alimentador también existen redes de uso exclusivo o de propiedad de terceros (privada), éstas redes también forman parte del sistema eléctrico de Electrosur S.A., sin embargo el mantenimiento de las mismas están a cargo de los propietarios de las mismas.

En la siguiente figura se esquematiza lo descrito anteriormente, se observa como todo el sistema se compone de niveles.



**Figura N° 8:** Esquema de la red eléctrica de Electrosur S.A.

Fuente: Elaboración propia

### **3.2. Descripción de la base de datos de deficiencias de seguridad pública de ElectroSur S.A.**

Según Osinergmin, la Base de Datos corresponde a los registros de las deficiencias existentes en las redes eléctricas de ElectroSur S.A., asimismo, contiene los datos necesarios de la topología de la red eléctrica (inventario eléctrico).

El formato de los datos almacenados en la base de datos de deficiencias lo define el “Procedimiento para la Supervisión de las Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública” (Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD). En dicho procedimiento se establece las tablas y los tipos de datos que la componen cada.

Las tablas de la Base de Datos de Deficiencias son archivos de texto, las columnas son separadas mediante el carácter “tabulador”.

En total son 10 tablas que componen la base de datos de deficiencias:

#### **3.2.1. Parámetros generales (PG).**

Corresponden a los datos que identifican el código de la empresa concesionaria (para el caso de ElectroSur S.A. su código es ELS), el periodo de supervisión, sistemas de coordenadas, representantes de la concesionaria, entre otros.

**Tabla 2:** Tabla Parámetros Generales

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	4		Código de la empresa
2	Alfanumérico	5		Periodo de supervisión
3	Numérico	4	0	Cantidad de alimentadores de MT reportados
4	Numérico	8	2	Metrado de las líneas aéreas de MT reportadas en km
5	Alfanumérico	8		Datum en que son reportados los datos gráficos (PSAD56 o WGS84)
6	Alfanumérico	2		Zona en que son reportados los datos gráficos (17, 18 ó 19)
7	Alfanumérico	64		Nombre del responsable de la empresa concesionaria de la remisión de datos al OSINERGMIN
8	Alfanumérico	64		Correo electrónico del representante de la empresa concesionaria de la remisión de información al OSINERGMIN

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

Como se mencionó anteriormente, en la base de datos se tiene la topología de la red eléctrica. Para ello se hace uso de coordenadas UTM (sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator), el Datum utilizado es el PSAD56 (Datum Provisional Sudamericano de 1956) y la zona UTM utilizada es la 19.

### 3.2.2. Centro de transformación SET AT/MT (SET).

Corresponden a los datos que identifican los Centros de Transformación de ElectroSur S.A.

**Tabla 3:** Tabla Centro de Transformación

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	4		Código de la empresa concesionaria
2	Alfanumérico	6		Código Ubigeo de distrito (según INEI)
3	Alfanumérico	15		Código de identificación de la SET
4	Alfanumérico	30		Nombre de la SET
5	Numérico	4		Cantidad de alimentadores
6	Numérico	4	2	Capacidad de transformación (MVA)
7	Numérico	8	2	Coordenada UTM Este (m) ubicación SET
8	Numérico	8	2	Coordenada UTM Norte (m) ubicación SET
9	Numérico	3	2	Tensión nominal de barra 1 (kV)
10	Numérico	3	2	Tensión nominal de barra 2 (kV)
11	Numérico	3	2	Tensión nominal de barra 3 (kV)

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

1	ELS	230104	4308	SET PARQUE INDUSTRIAL	4	8.0	369745.42	8010778.94	66.0	10.0
2	ELS	230101	4315	SUBESTACION TACNA	7	12.75	365617.99	8006886.33	66.0	10.0
3	ELS	230401	1425373	SET TARATA	3	0.0	390894.94	8068038.49	33.0	10.0
4	ELS	230405	1425380	SET CHALLAGUAYA	2	0.0	381094.36	8076059.09	33.0	10.0
5	ELS	230206	1425387	SET CASERIO ARICOTA	3	0.0	367920.51	8083214.17	33.0	10.0

**Figura N° 9:** Ejemplo de registros de la tabla centro de transformación (SET).

Fuente: ElectroSur S.A.

### 3.2.3. Alimentadores de MT (ALM).

Corresponde a los datos de los alimentadores de media tensión de Electrosur S.A. En esta tabla también se identifica la coordenada de inicio del alimentador.

**Tabla 4:** Tabla Alimentadores de MT

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	4		Código de la empresa concesionaria
2	Alfanumérico	6		Código de identificación del sistema eléctrico
3	Alfanumérico	15		Código de identificación de la SET
4	Alfanumérico	12		Código de identificación del alimentador
5	Alfanumérico	12		Nombre o Etiqueta de Campo del Alimentador
6	Numérico	3	2	Tensión nominal del alimentador (kV)
7	Alfanumérico	3		Tipo de conexión a la salida del alimentador
8	Alfanumérico	3		Tipo de protección a la salida del alimentador
9	Numérico	3	3	Recorrido total (aéreo + subterráneo) del alimentador (Km)
10	Numérico	3	3	Recorrido total aéreo del alimentador (Km)
11	Numérico	8	2	Coordenada UTM Este (m) ubicación de la salida del alimentador
12	Numérico	8	2	Coordenada UTM Norte (m) ubicación de la salida del alimentador

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

1	ELS	SE0112	→4308	→4322	→0-281	→10.0	→03	→03	→14.293	→13.815	→369747.36	→8010776.13
2	ELS	SE0112	→4308	→4326	→0-282	→10.0	→03	→03	→12.761	→12.459	→369746.54	→8010777.80
3	ELS	SE0112	→4315	→4330	→0-343	→10.0	→03	→03	→17.307	→16.662	→365618.83	→8006890.25
4	ELS	SE0112	→4315	→4334	→0-241	→10.0	→03	→03	→20.918	→20.02	→365616.83	→8006883.91
5	ELS	SE0112	→4315	→4338	→0-243	→10.0	→03	→03	→56.378	→52.51	→365613.39	→8006886.32
6	ELS	SE0112	→4315	→4342	→0-242	→10.0	→03	→03	→27.329	→27.005	→365614.77	→8006885.19
7	ELS	SE0112	→4315	→4346	→0-344	→10.0	→03	→03	→19.412	→18.713	→365620.81	→8006888.72
8	ELS	SE0112	→4308	→4354	→0-283	→10.0	→03	→03	→22.355	→22.001	→369744.43	→8010780.13

**Figura N° 10:** Ejemplo de registros de la tabla alimentador.

Fuente: Electrosur S.A.

### 3.2.4. Subestaciones de Distribución SED MT/BT (SED).

Identifica a cada uno de las subestaciones de distribución de Electrosur S.A. Se tiene un campo que identifica a que alimentador pertenece la subestación, su coordenada de ubicación, el propietario de la instalación (a cargo de la concesionaria o particular), entre otros.

**Tabla 5:** Tabla Subestaciones de Distribución

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	4		Código de la empresa concesionaria
2	Alfanumérico	6		Código Ubigeo de distrito (según INEI)
3	Alfanumérico	12		Código identificación del alimentador de MT
4	Alfanumérico	12		Código identificación de la SED MT/BT
5	Alfanumérico	12		Nombre o Etiqueta de Campo de la SED
6	Alfanumérico	4		Código de la instalación
7	Alfanumérico	1		Propietario (C: Concesionaria o P: Particular)
8	Numérico	3	2	Tensión nominal BT (kV)
9	Numérico	3	2	Tensión nominal MT (kV)
10	Numérico	4	2	Capacidad de transformación (kVA)
11	Numérico	8	2	Coordenada UTM Este (m) ubicación de la SED
12	Numérico	8	2	Coordenada UTM Norte (m) ubicación de la SED

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

El campo 4 “Código identificación de la SED MT/BT” es un código único que identifica a la subestación, para el caso de Electrosur es un numeral. El campo 5 “Nombre o Etiqueta de Campo de la SED”, representa la etiqueta inscrita en la instalación.

1	ELS	230101	→4326	→185	G-200	→3050	→C	→0.38	→10.0	→250.0	→368435.16	→8009189.59
2	ELS	230101	→4326	→191	G-195E	→3050	→P	→0.38	→10.0	→100.0	→368508.83	→8009245.33
3	ELS	230101	→4326	→197	G-185E	→3050	→P	→0.38	→10.0	→50.0	→368555.65	→8009283.02
4	ELS	230101	→4326	→203	G-205E	→3050	→P	→0.38	→10.0	→160.0	→368463.4	→8009148.53
5	ELS	230101	→4326	→209	B-530	→3050	→C	→0.38	→10.0	→160.0	→368413.65	→8008965.18
6	ELS	230101	→4326	→215	B-535	→3050	→C	→0.38	→10.0	→250.0	→368681.98	→8008913.60
7	ELS	230101	→4334	→221	B-140	→3050	→C	→0.38	→10.0	→80.0	→367395.63	→8008669.71
8	ELS	230101	→4334	→227	B-230	→3050	→C	→0.38	→10.0	→200.0	→367977.07	→8008790.20
9	ELS	230101	→4334	→233	B-505	→3050	→C	→0.38	→10.0	→160.0	→368144.04	→8008912.43
10	ELS	230101	→4334	→239	B-250	→3050	→C	→0.38	→10.0	→315.0	→368151.63	→8008580.51
11	ELS	230101	→4334	→245	B-235	→3050	→C	→0.38	→10.0	→75.0	→368025.08	→8008728.13

**Figura N° 11:** Ejemplo de registros de la tabla subestación de distribución.

Fuente: ElectroSur S.A.

### 3.2.5. Estructuras de MT (EMT)

Identifica cada poste de media tensión. Al igual que las subestaciones de distribución, se tiene un campo que identifica el alimentador a la que pertenece, el propietario de la instalación, su coordenada, entre otros. En esta tabla también se identifica el tramo de media tensión asociado.

**Tabla 6:** Tabla Estructuras de MT

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	4		Código de la empresa concesionaria
2	Alfanumérico	12		Código identificación del alimentador
3	Alfanumérico	12		Código identificación del tramo de MT asociado
4	Alfanumérico	12		Código identificación de la estructura de MT
5	Alfanumérico	12		Nombre o Etiqueta de Campo de la estructura de MT
6	Alfanumérico	4		Código de la instalación
7	Alfanumérico	1		Propietario (C: Concesionaria o P: Particular)
8	Numérico	8	2	Coordenada UTM Este (m) ubicación de la SED
9	Numérico	8	2	Coordenada UTM Norte (m) ubicación de la SED

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

El campo 4 “Código identificación de la estructura de MT” es un código único que identifica a la subestación, para el caso de ElectroSur es un numeral. El campo 5 “Nombre o Etiqueta de Campo de la estructura de MT”, representa la etiqueta inscrita en la instalación.

1	ELS	4330	5790642	36348	C128	2050	C	367508.73	8008103.96
2	ELS	4334	2923005	36352	B094	2060	C	367739.57	8008741.83
3	ELS	4334	6546328	36432	B113	2060	C	368141.83	8008565.49
4	ELS	4334	14476	36460	B250313	2070	C	368227.25	8008475.47
5	ELS	4334	4282221	36472	B124	2050	P	368279.65	8008514.27
6	ELS	4334	13972	36480	B221	2060	C	368361.58	8008824.74
7	ELS	4334	3143546	36484	B219	2060	C	368326.58	8008877.36

**Figura N° 12:** Ejemplo de registros de la tabla estructura de media tensión.

Fuente: ElectroSur S.A.

### 3.2.6. Tramo de MT (TMT)

Un tramo de media tensión es una parte de la red de media tensión. Se tiene un campo que identifica el alimentador de media tensión a la que pertenece el tramo, la longitud del tramo, el propietario de la instalación, entre otros.

**Tabla 7:** Tabla Tramo de MT

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	4		Código de la empresa concesionaria
2	Alfanumérico	12		Código identificación del alimentador de MT
3	Alfanumérico	12		Código identificación del tramo MT
4	Alfanumérico	1		Propietario (C: Concesionaria o P: Particular)
5	Alfanumérico	1		Tipo de instalación (a: aérea, s: subterránea)
6	Numérico	8	2	Longitud del tramo en metros

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

1	ELS > 2671117 > 11922 → P → A → 36.
2	ELS > 2671117 > 11928 → P → A → 558
3	ELS > 2671117 > 12170 → C → A → 340
4	ELS > 4326 → 12952 → C → A → 104
5	ELS > 4334 → 12960 → C → A → 50

**Figura N° 13:** Ejemplo de registros de la tabla tramo de media tensión.

Fuente: ElectroSur S.A.

### 3.2.7. Vértices de MT

Los vértices de media tensión, en conjunto con los tramos de media tensión (tabla 7), componen una polilínea que identifica parte de la red de media tensión.

**Tabla 8:** Vértice de MT

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	12		Código identificación del tramo MT
2	Alfanumérico	4		Numero de secuencia del vértice de la polilínea que conforma el tramo
3	Númérico	18	2	Coordenada UTM este (m)
4	Númérico	8	2	Coordenada UTM norte (m)

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

1	11922 → 0 → 363373.78 → 8001824
2	11922 → 1 → 363351.34 → 8001807
3	11928 → 0 → 363351.34 → 8001807
4	11928 → 1 → 363307.24 → 8001739
5	11928 → 2 → 363263.84 → 8001671
6	11928 → 3 → 363219.79 → 8001605
7	11928 → 4 → 363175.52 → 8001538
8	11928 → 5 → 363131.69 → 8001471

**Figura N° 14:** Ejemplo de registros de la tabla vértices de media tensión.

Fuente: ElectroSur S.A.

### 3.2.8. Nodo de Enlace

El nodo enlace define el punto de vinculación o conexión entre un tramo de media tensión y la subestación de distribución. La coordenada de ubicación corresponde a la ubicación de la subestación de distribución. Esta tabla es necesaria para identificar la topología y conectividad de las instalaciones de distribución eléctrica.

**Tabla 9:** Nodo de Enlace

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	12		Código identificador del tramo MT
2	Alfanumérico	12		Código identificación del tramo de media tensión asociado
3	Alfanumérico	12		Código identificador de la SED asociada
4	Numérico	11	2	Coordenada UTM Este (m) ubicación del nodo de enlace
5	Numérico	11	2	Coordenada UTM Norte (m) ubicación del nodo de enlace

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

### 3.2.9. Deficiencias identificadas por puntos de inspección.

Según el Procedimiento 228-2009-OS/CD, una deficiencia es un “estado de un componente del punto de inspección que incumple con las especificaciones de las normas y reglamentos vigentes”. La seguridad pública se define como: “condiciones que deben cumplir las instalaciones eléctricas para no afectar la integridad de las personas y de la propiedad, de conformidad con las normas de seguridad”.

En esta tabla se registra cada una de las deficiencias de seguridad pública que anualmente Electrosur S.A. declara a Osinergmin.

**Tabla 10:** Deficiencias identificadas por puntos de inspección

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	4		Código de la empresa concesionaria
2	Alfanumérico	12		Código de identificación de la deficiencia
3	Numérico	4		Código de tipo de identificación 1:SED 2:EMT 3:MT
4	Alfanumérico	12		Código de identificación de la instalación
5	Alfanumérico	4		Código de tipificación de la deficiencia
6	Alfanumérico	4		Responsable de incumplimiento 0: concesionaria 1: tercero
7	Alfanumérico	12		Numero de suministro
8	Numérico	4		Código de denunciante 1: Concesionaria 2: Usuario 3: Autoridades 4: OSINERGMIN
9	dd/mm/yyyy	10		Fecha de denuncia
10	dd/mm/yyyy	10		Fecha de la inspección hecha por la empresa
11	dd/mm/yyyy	10		Fecha de subsanación o medida preventiva
12	Numérico	4		Estado de la subsanación
13	Alfanumérico	64		Observaciones
14	Alfanumérico	16		Referencia 1 (Para TMT) Código de la estructura anterior a la deficiencia
15	Alfanumérico	16		Referencia 2 (Para TMT) Código de la estructura posterior a la deficiencia
16	Numérico	8	2	Coordenadas UTM este (m)
17	Numérico	8	2	Coordenadas UTM este (m)

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

El campo 2 registra el código de identificación de la deficiencia.

El campo 3 identifica el punto de inspección de la deficiencia. El punto de inspección corresponde a parte de la instalación que se inspecciona en relación con la seguridad pública. Los tipos de punto de inspección para las deficiencias en media tensión son:

- Estructura de media tensión (EMT)
- Subestación de distribución (SED)
- Tramo de media tensión (TMT)

Existen otros puntos de inspección referentes a instalaciones de baja tensión, materia que no forma parte de la presente investigación.

El campo 4 define el código de identificación de la instalación, que corresponde al código de estructura de media tensión, subestación de distribución o tramo de media tensión.

El campo 5 define la tipificación de la deficiencia. Las deficiencias de seguridad pública en media tensión están clasificadas de acuerdo al punto de inspección, se tiene deficiencias en estructuras, subestaciones y tramos de media tensión. Las deficiencias se encuentran tipificadas, esto quiere decir que se encuentra codificada por OSINERGMIN. Por ejemplo para estructuras de media tensión se tiene deficiencias de poste en mal estado de conservación (tipificación

1002), para subestaciones de distribución se tiene deficiencias de retenida en mal estado (tipificación 2072), para tramos de media tensión se tiene deficiencias de incumplimiento de distancia de seguridad a edificaciones (tipificación 5026).

En el campo 6 se registra el responsable del incumplimiento de la deficiencia, que puede atribuirse a la concesionara, por ejemplo cuando las estructuras se encuentran en mal estado, o a un tercero, por ejemplo cuando se realizan construcciones sin respetar las normas de edificación y se acercan indebidamente a la línea de media tensión.

El campo 7 registra un suministro de referencia que permitirá ubicar con mayor facilidad la deficiencia. Por suministro se entiende al medidor de energía y su caja portamedidor instalado en los usuarios.

El campo 8 identifica el código del denunciante de la deficiencia. Generalmente es la concesionaria quien declara las deficiencias de seguridad pública.

El campo 9, 10 y 11, identifica la fecha de denuncia, fecha de inspección en campo y la fecha de subsanación o medida preventiva respectivamente.

El campo 12 registra el estado de la subsanación de la deficiencia. Según el procedimiento de Osinergmin, se tiene 3 estados:

- **Por subsanar (0):** Se refiere a una deficiencia que no ha sido intervenido por el concesionario para levantar la observación realizada.
- **Subsanación preventiva (1):** Son casos donde se han tomado alguna medida que reduce el riesgo eléctrico, por ejemplo instalar barreras que impidan acercarse a la línea de media tensión.
- **Subsanación definitiva (2):** Se refiere a casos donde se ha realizado trabajos para reparar o eliminar de forma definitiva la deficiencia.

La base de datos de deficiencias de seguridad pública la componen deficiencias con los tres estados de subsanación.

En el campo 13 se registra observaciones a la deficiencia identificada.

Los campo 14 y 15 identifican el código de instalación anterior y posterior a la deficiencia. Esto sólo se aplica a las deficiencias identificadas en tramos de media tensión, con la finalidad de ayudar a ubicarlas. El código de instalación anterior y posterior puede ser un poste de media tensión (EMT) o una subestación de distribución (SED).

En los campos 16 y 17 se registra las coordenadas de ubicación de las deficiencias. En el caso de Electrosur S.A. como cada deficiencia está asociada a una estructura, la coordenada coincide con una estructura de media tensión o una subestación asociada generalmente al código de instalación anterior (campo 14).

### 3.2.10. Datos complementarios para deficiencias de responsabilidad de terceros.

Corresponde a datos adicionales para identificar deficiencias de seguridad pública de responsabilidad de terceros.

**Tabla 11:** Datos complementarios para deficiencias de responsabilidad de terceros

Campo	Tipo Campo	Longitud		Descripción
		Entero	Decimal	
1	Alfanumérico	4		Código de la empresa concesionaria
2	Alfanumérico	12		Código de identificación de la deficiencia
3	Numérico	4		Tipo de infractor 0: Persona natural, jurídica de derecho público o privado, empresa de otro sector (no comunicaciones) 1: empresa de comunicación
4	Alfanumérico	100		Nombre completo o razón social del infractor
5	Alfanumérico	100		Dirección de infractor
6	Alfanumérico	100		Nombre del representante legal (en el caso de empresa)
7	Alfanumérico	16		Numero de suministro (si corresponde)
8	dd/mm/yyyy	10		Fecha de puesta en servicio de la instalación eléctrica
9	Alfanumérico	100		Motivo de la deficiencia
10	Alfanumérico	16		Número de la carta enviada informando de la deficiencia

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 228-2009-OS/CD

Como se mencionó anteriormente, este caso corresponde a faltas ocasionadas por terceras personas contra la empresa concesionaria.

El campo 2, identificación de la deficiencia, corresponde a una deficiencia declarada en la tabla 10.



**Figura N° 15:** Ejemplo de una deficiencia correspondiente a la tipificación 2024 (Subestación de distribución incumple distancia de seguridad respecto a una edificación).

Fuente: ElectroSur S.A.

### 3.3. Proceso de supervisión de deficiencias de seguridad pública.

Anualmente Electrosur envía a Osinergmin la base de datos de deficiencias de seguridad pública (las 10 tablas anteriormente descritas). La información debe estar actualizada. La tabla “deficiencias identificadas por puntos de inspección” es proceso de supervisión en campo por parte de Osinergmin, para verificar la confiabilidad de información.

Se considera “Registro No Confiable” si hay diferencia entre la información que reporta la empresa distribuidora en la base de datos de deficiencias y el estado de las deficiencias constatadas en la supervisión, con el criterio siguiente: (Osinergmin, 2011).

**Tabla 12:** Criterio para identificar registros no confiables

Caso	Estado de la deficiencia	
	Reportado por la concesionara en la Base de Datos	Encontrado en la supervisión de campo
1	Por Subsananar o Subsananación Definitiva o Subsananación Preventiva	No existe, registro duplicado
2		No existe, registro mal identificado
3		No existe, instalación particular
4	Subsananación Definitiva	Por Subsananar
5		Subsananación Preventiva
6	Subsananación preventiva	Por Subsananar
7	No reportado	Por Subsananar

Fuente: Resolución de Osinergmin N° 129-2011-OS/CD

Del cuadro anterior, registro duplicado se refiere a que en una misma estructura se declara más de una deficiencia, los registros mal identificados corresponden a deficiencias que en verificación en campo no cumplen el criterio para ser declaradas en la Base de Datos, y los registros en instalación particular corresponden a deficiencias declaradas en líneas de media tensión de uso exclusivo, donde la concesionaria no tiene injerencia para realizar mantenimiento a la misma.

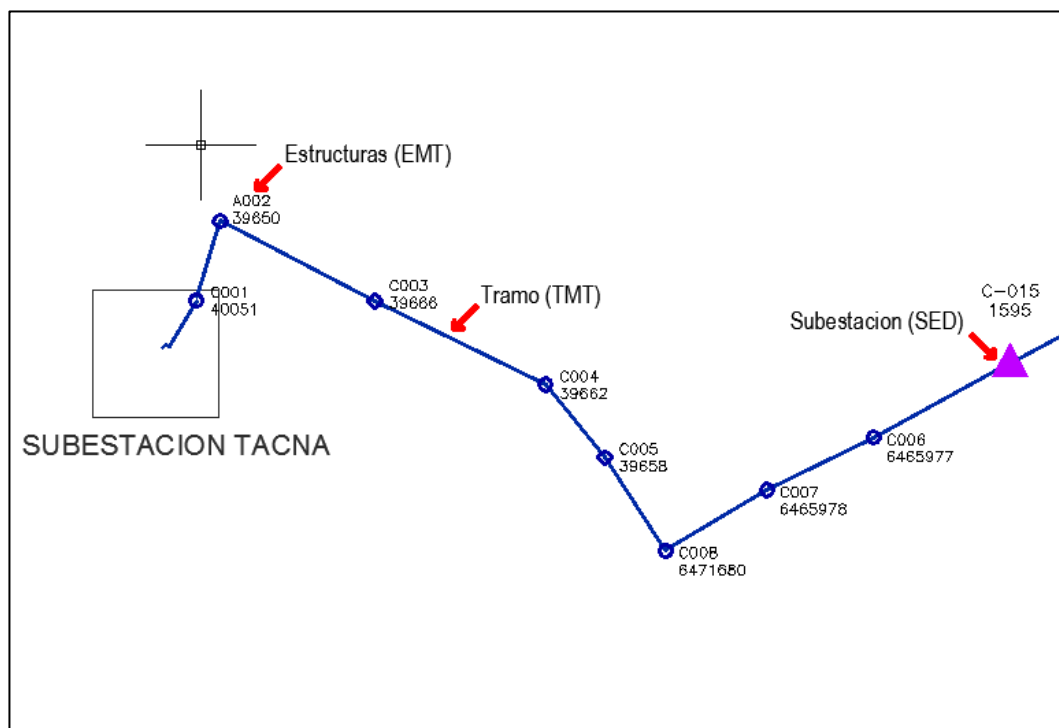
Asimismo, se establece una tolerancia de 7% para que en la Base de Datos existan registros no confiables. El proceso de supervisión en campo por parte de Osinergmin se realiza sobre una muestra aleatoria de alimentadores declarados. Por ejemplo para Tacna se tiene 31 alimentadores, de las cuales anualmente se selecciona una muestra (generalmente entre 4 a 6 alimentadores) para inspeccionar en campo y verificar la información declarada.

Para tener una base de datos actualizada antes de reportarla a Osinergmin se debe de inspeccionar en campo cada una de las deficiencias. Los registros de deficiencias son los mismos a lo largo de diferentes periodos de supervisión, en la verificación en campo por parte de Electrosur se determina el estado actual de la deficiencia, con la finalidad de actualizar un registro, eliminar o agregar nuevas deficiencias.

Entonces, el problema consiste en ordenar las deficiencias de tal manera que se puedan inspeccionar en campo por parte del personal de ElectroSur.

### 3.4. Ordenamiento actual de deficiencias de seguridad pública.

Actualmente, la inspección de deficiencias se realiza por alimentadores de media tensión. Por ejemplo en la siguiente figura se observa parte de las redes eléctricas de un alimentador de ElectroSur S.A. perteneciente a Tacna.



**Figura N° 16:** Plano de la red eléctrica del alimentador O-344 (terna C) de ElectroSur S.A.

Fuente: Adaptado de ElectroSur S.A.

Como se observa en la figura anterior, se puede apreciar las estructuras de media tensión (EMT), representadas por un círculo; los tramos de media tensión

(TMT), representados por línea; y las subestaciones de distribución (SED) representados por un triángulo. Asimismo, en las estructuras y subestaciones están representado los códigos y etiquetas de campo de las instalaciones.

Por ejemplo la estructura de etiqueta “C003” tiene código de instalación “39666”, y la subestación “C-015” tiene código de instalación “1595”.

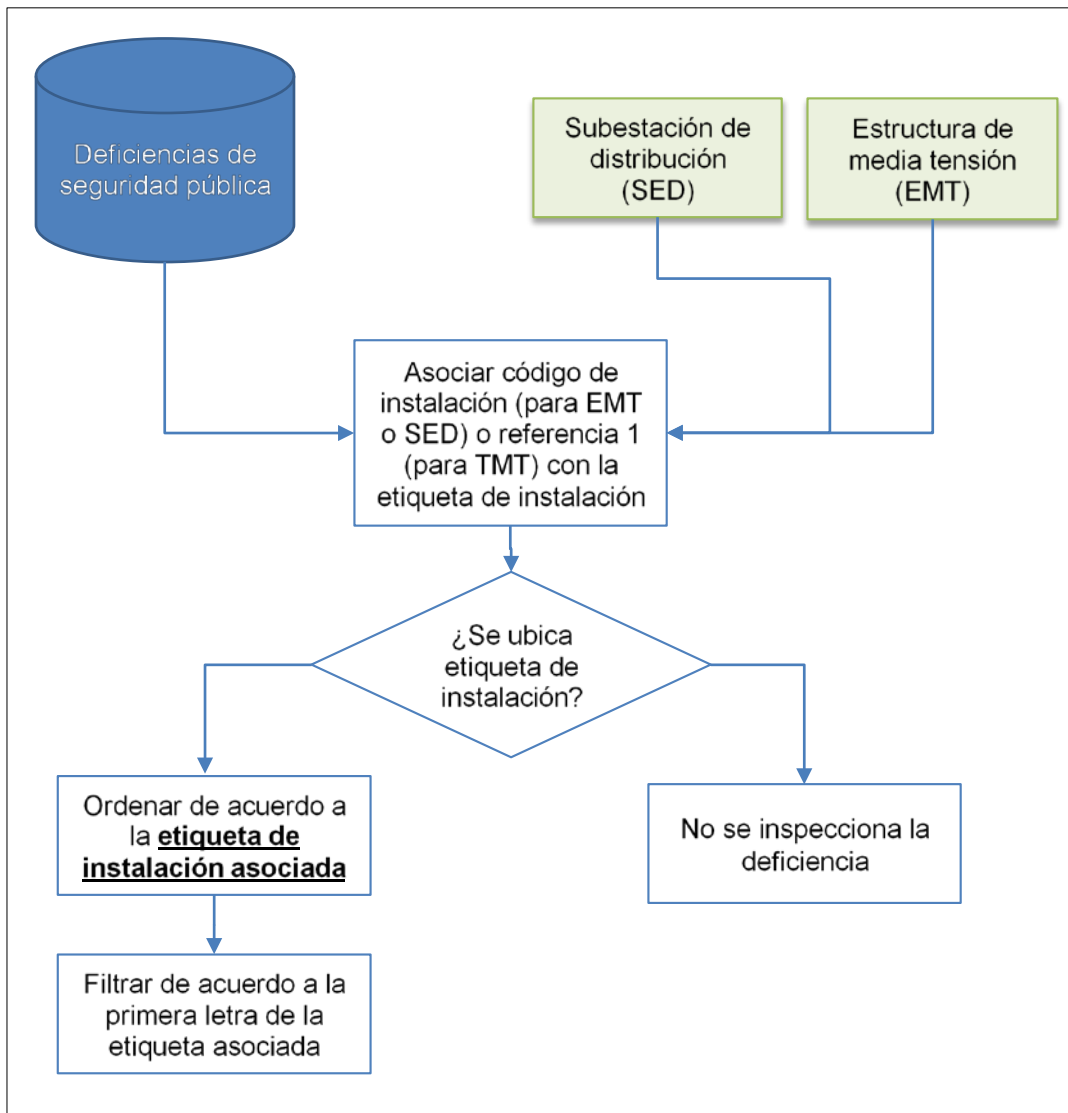
Una particularidad de las etiquetas, es que la primera letra representa el alimentador asociado de la estructura, y el número posterior a la letra es el correlativo ascendente del alimentador. Es así que en la figura anterior se puede identificar las estructuras de código C001, A001, C003, C004, C005, C008, C007, C006 en forma correlativa y en secuencia de la red. Sin embargo la estructura de etiqueta A001 aparentemente no pertenece al alimentador “C” y del C008 al C006 no se encuentran ordenados.

Inicialmente se etiquetaron ordenadamente las estructuras, sin embargo, al pasar los años se realizaron remodelaciones, ampliaciones de redes eléctricas, transferencias de carga de uno a otro alimentador que propiciaron que algunas estructuras no se encuentren ordenadas secuencialmente. Igualmente las subestaciones se encuentran ordenadas secuencialmente C-015, C-020, C-025..., sin embargo existen partes de la red que se encuentran desordenadas, por las mismas causas mencionadas anteriormente.

El criterio para ordenar las deficiencias, es tomar como referencia el correlativo de las etiquetas de las estructuras y subestaciones. Como se explicó anteriormente, en la tabla deficiencia se tiene identificada el código de instalación, más no la etiqueta de campo de la instalación, por lo que primeramente hay que asociar cada deficiencia con su etiqueta de instalación, de acuerdo al campo 3 “código de tipo de instalación” de la tabla deficiencias:

- Si se trata de una SED (1) se busca el “código de identificación de la instalación” (campo 4 de la tabla deficiencia) en la tabla subestación de distribución, y se asocia su etiqueta de campo.
- Si se trata de una EMT (2) se busca el “código de identificación de la instalación” (campo 4 de la tabla deficiencia) en la tabla estructura de media tensión, y se asocia su etiqueta de campo.
- Si se trata de un TMT (3) se busca la “referencia 1” (campo 14 de la tabla deficiencia) en la tabla estructura de media tensión, y se asocia su etiqueta de campo, si no se ubica el código en la tabla estructura, se procede a buscar el código en la tabla subestación de distribución.
- Si no se puede ubicar el código de identificación de la instalación en ninguno de los casos anteriores, se asume que la deficiencia está fuera de la red eléctrica, y no se inspecciona en campo.

Posteriormente se ordena las deficiencias de acuerdo a la etiqueta asociada, y se filtra de acuerdo al primer carácter de la etiqueta. Por ejemplo, las deficiencias con etiquetas asociadas A001, A002, A-050 pertenecen a la terna A, representado por el alimentador O-241.



**Figura N° 17:** Procedimiento de ordenación actual de deficiencias (actual).

Fuente: Elaboración propia

Entre las desventajas del procedimiento anterior tenemos:

- No se obtiene una ruta mínima para inspeccionar las deficiencias, esto debido a que el correlativo de la red no necesariamente se encuentra ordenado (en la figura 16 se observa cómo las estructuras del C006 al C008 no se encuentran ordenados), debido a remodelaciones, ampliaciones de redes eléctricas, o transferencias de carga entre alimentadores.
- Al filtrar las deficiencias por la primera letra de la etiqueta de instalación asociada no se agrupa realmente por alimentadores. Debido a que en la red de Electrosur S.A. existen transferencias de carga de un alimentador a otro. Por ejemplo, parte del alimentador O-343 en el campo se encuentra conectado al alimentador O-241.
- Según el procedimiento anterior quedan deficiencias sin inspeccionar debido a que no tienen instalaciones asociadas, sin embargo, en campo esto no necesariamente es cierto, debido a que puede darse el caso que la instalación asociada fue cambiada y actualmente tiene un nuevo código y etiqueta de instalación, sin embargo esto no se actualizó la tabla deficiencias.
- Existen deficiencias en tramos de media tensión que no se encuentran ordenadas, esto quiere decir que el código de referencia 1 corresponde al

2 y viceversa. Por lo que se debe de determinar en el campo si la deficiencia se encuentra posterior o anterior a la referencia 1, induciendo al error en la inspección.

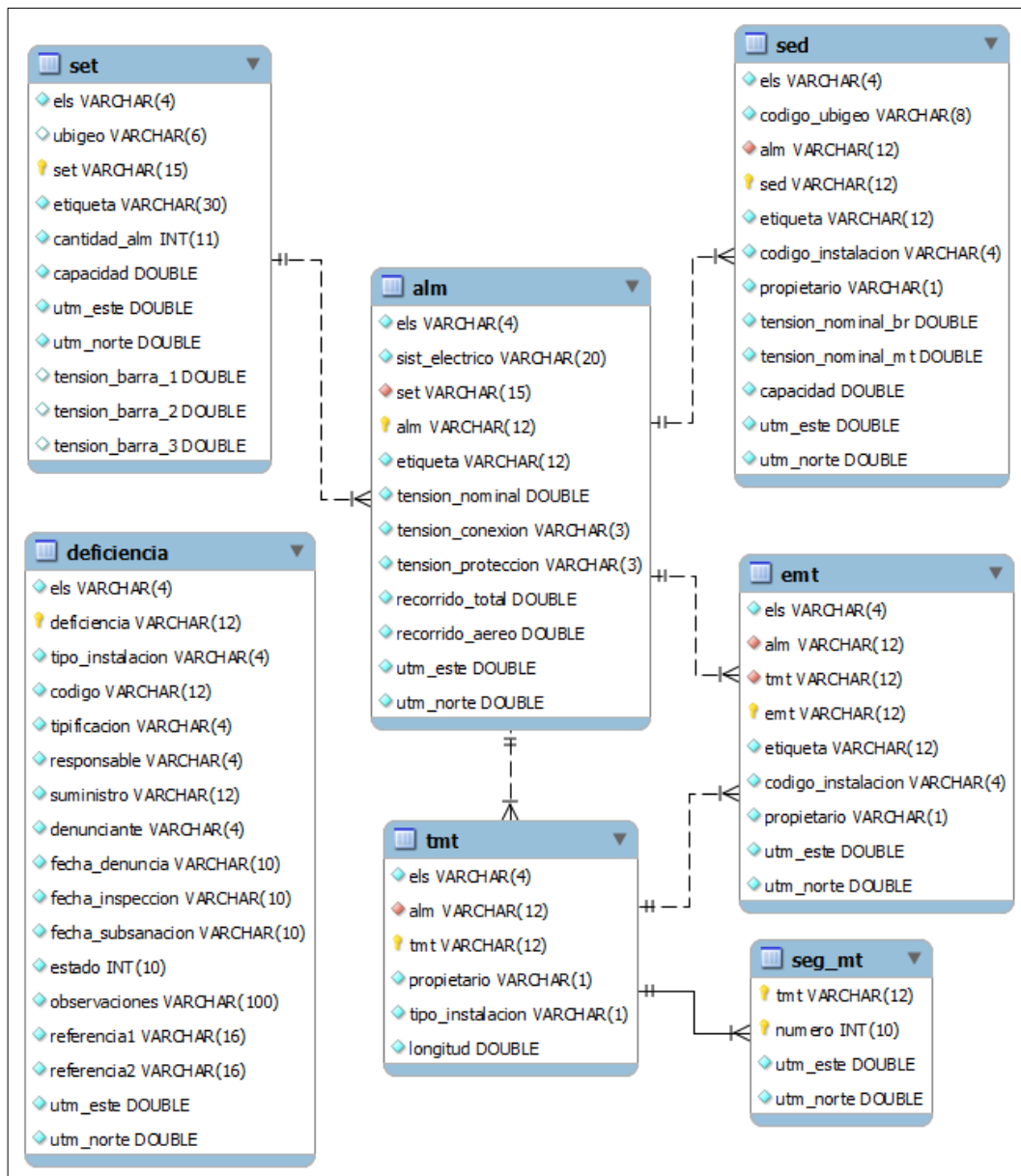
- El procedimiento antes descrito se basa necesariamente en el grado de conocimiento del personal que realice la inspección, ya que deberá de decidir si tomar una u otra derivación cuando se le presente el caso.

De acuerdo a los problemas mencionados y al no tener una metodología que permita optimizar el proceso de inspección de deficiencias en campo, es que se propone el diseño de un algoritmo que permita solucionar los problemas anteriormente descritos.

### **3.5. Modelo de base de datos.**

Para diseñar el algoritmo, se creó un modelo de base de datos que permita acceder a la información mediante consultas. Es así que de las tablas descritas en el ítem 3.2 se necesitan los datos de las 7 tablas que permitan modelar la red e identificar las deficiencias de seguridad pública.

El modelo de base de datos se realizó mediante la herramienta MySQL Workbench versión 6.0 y los datos se cargaron en una base de datos del sistema gestor de base de datos MySQL versión 5.0.



**Figura N° 18:** Modelo de base de datos.

Fuente: Elaboración propia

### **3.6. Diseño del algoritmo.**

Para ordenar las deficiencias de seguridad públicas de ElectroSur S.A., se optó, tal como se realiza con el procedimiento actual, por agrupar las deficiencias por alimentador. Esto permitirá inspeccionar ordenadamente de acuerdo al recorrido de la red eléctrica.

Para ello, podemos dividir todo el proceso mediante 3 etapas:

- Modelar red mediante un grafo y obtener distancias relativas.
- Obtener la ruta mínima.
- Ordenar las deficiencias de acuerdo a la ruta mínima.

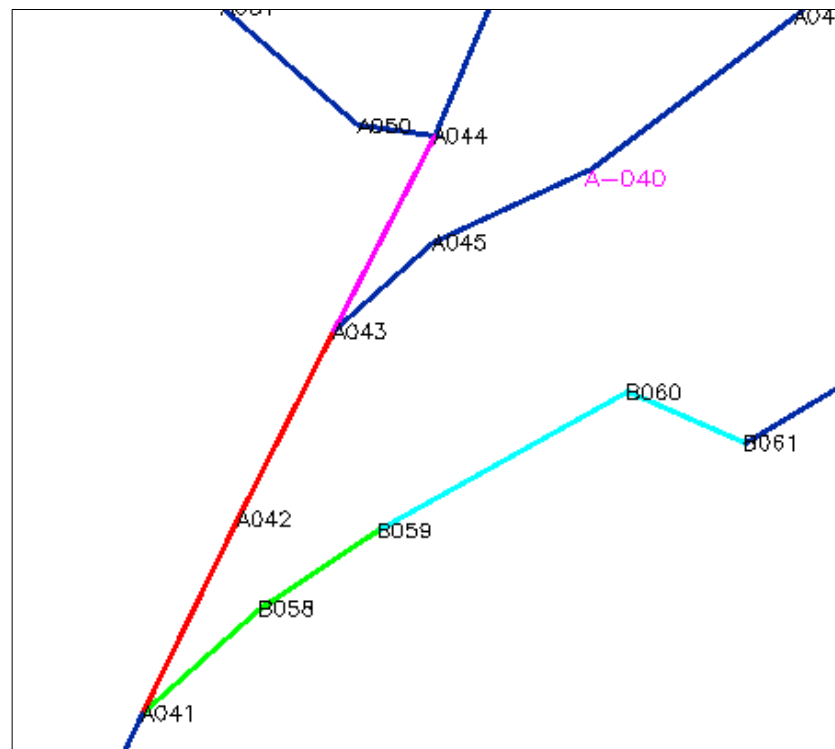
Para el desarrollo del algoritmo se utilizó el lenguaje de programación PHP (Hypertext Preprocessor), que en su última versión (versión 5.3) viene incorporada compatibilidad para la programación orientada a objetos.

#### **3.6.1. Modelado de red, obtención de distancias relativas.**

El primer paso será modelar la red a un grafo tipo árbol, donde la raíz será el alimentador a inspeccionar. Al mismo paso se obtendrán distancias relativas de los distintos tramos de media tensión, con la finalidad de obtener la ruta mínima.

A diferencia del proceso actual de ordenación de deficiencias, se propone ordenar las deficiencias por las coordenadas UTM de ubicación geográfica, ya que sólo así se puede determinar exactamente la ubicación de la deficiencia.

El modelo de red se basa en los tramos de media tensión por alimentador. Un tramo de media tensión es una polilínea que define un segmento de la red.



**Figura N° 19:** Ejemplo de tramos de media tensión.

Fuente: Elaboración propia

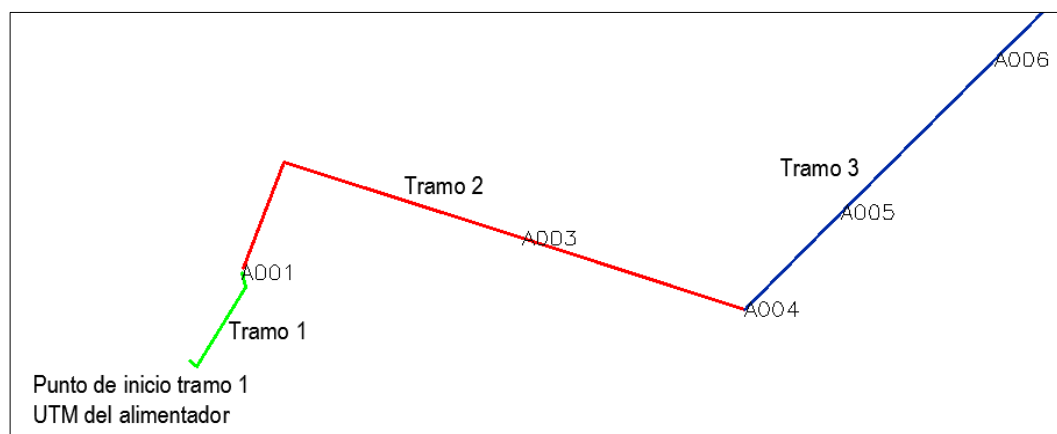
Por ejemplo de la figura anterior, se tiene un tramo de media tensión entre las estructuras A041 al A043 (color rojo), otro de la A041 al B059 (color verde), del B059 al B061 (color celeste), entre otros.

Un alimentador está compuesto por varios tramos de media tensión, la forma de representar un modelo de la red es precisamente mediante un grafo (de tipo árbol) de tramos de media tensión, donde la relación de padre – hijo viene representada por el tramo inmediato siguiente.

Dado la naturaleza recursiva de los árboles, el algoritmo a desarrollar será recursivo. Para ello se evaluará el inicio y fin de un tramo de media tensión, perteneciente a un alimentador. Las relaciones entre tramos se realizarán mediante la coordenada de inicio y fin de cada tramo. El punto de inicio del tramo 2 es el punto final del tramo 1.

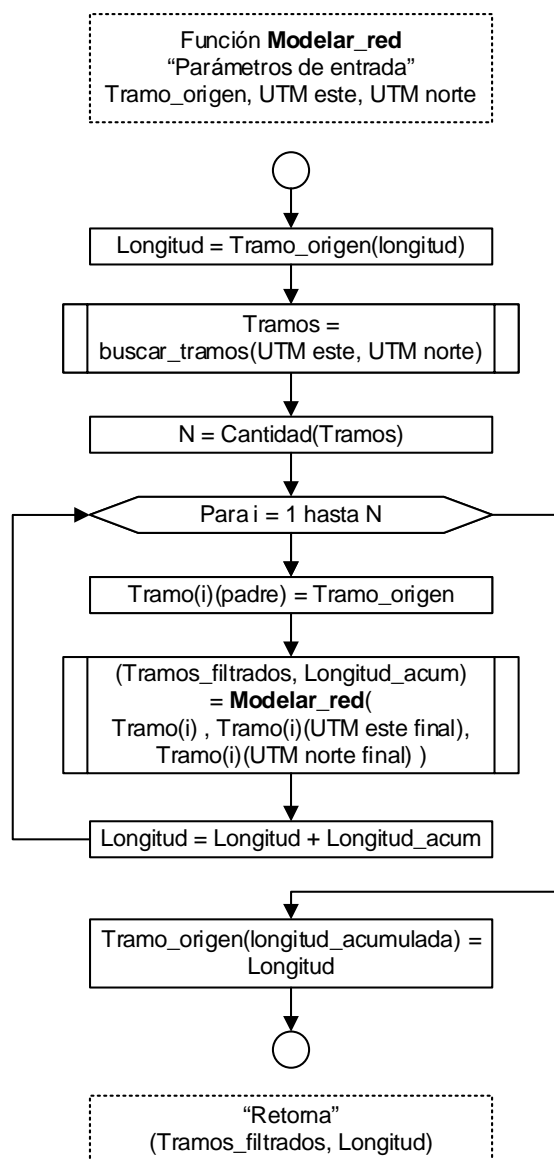
Como punto de inicio se tomará como referencia la coordenada del alimentador a inspeccionar.

La coordenada se representa mediante dos valores X (UTM este) e Y (UTM norte), que ubican en el plano un punto determinado.



**Figura N° 20:** Puntos de inicio y fin de un tramo de media tensión.  
Fuente: Elaboración propia

En el siguiente diagrama de flujo se muestra el algoritmo recursivo utilizado para modelar la red a un grafo. Asimismo, se obtiene las distancias acumuladas de cada tramo de media tensión.



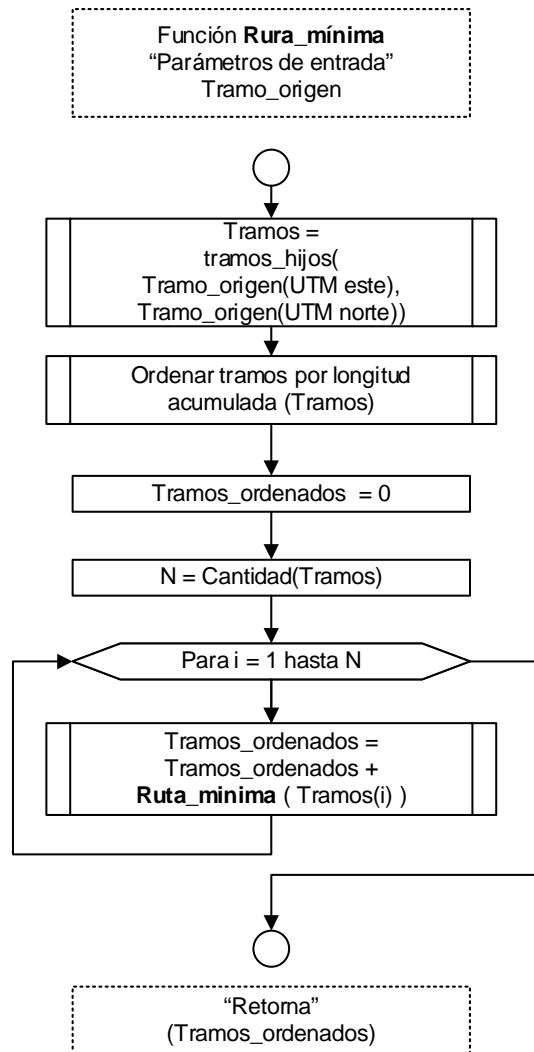
**Figura N° 21:** Diagrama de flujo de algoritmo de modelamiento de red.

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la aplicación del algoritmo en un alimentador de media tensión es un árbol, en cuyos nodos se guardan la topología de la red y las longitudes acumuladas de sus nodos hijos.

### **3.6.2. Obtención de la ruta mínima de recorrido de la red.**

Una vez obtenido el grafo, el siguiente paso es ordenar el grafo para obtener la ruta mínima. Como en cada tramo de media tensión se tiene almacenada la distancia relativa al tramo, la ruta mínima está determinada por escoger en una derivación el tramo de menor distancia.



**Figura N° 22:** Diagrama de flujo de algoritmo de ruta mínima.

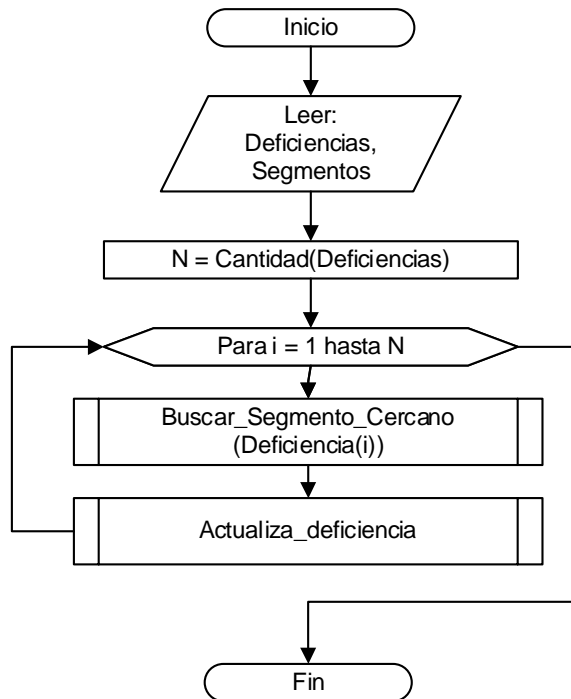
Fuente: Elaboración propia

### **3.6.3. Ordenar deficiencias y generar reporte.**

Una vez que se ha obtenido el grafo la ruta mínima, el siguiente paso es iterar sobre la ruta y obtener las deficiencias que se encuentren en el trayecto de la red. Para ello se considera no sólo las deficiencias que coincidan con el plano de la red, sino también las que se encuentren cercanas.

Esto permitirá inspeccionar sólo las deficiencias que se encuentren dentro de la red eléctrica actual, y no inspeccionar deficiencias que se encuentren en instalaciones retiradas o fuera de servicio, ya que éstas no son materia de supervisión por parte de Osinergmin.

Sin embargo, opcionalmente, se pueden inspeccionar el total de deficiencias (incluyendo las que se encuentren fuera de la red), para ello, previamente se aplicará un algoritmo que se encargará de relacionar la coordenada de la deficiencia retirada con el punto de la red que se encuentre más cercana. Esto permitirá inspeccionar el total de las deficiencias declaradas en la base de datos.



**Figura N° 23:** Diagrama de flujo de algoritmo de relacionar coordenada de deficiencia con tramo

Fuente: Elaboración propia

### 3.7. Prototipo funcional.

La aplicación permitirá ejecutar el algoritmo recursivo en la base de datos de deficiencias, y obtener reportes de la longitud de la ruta alcanzada. Se puede seleccionar entre las opciones de mostrar sólo deficiencias que se encuentren en la red o incluir las deficiencias retiradas.

Seleccione Sistema Eléctrico: SE0112: TACNA ▼ Modo de búsqueda Sólo deficiencias de la red ▼

Nro.	Subestación de Transformación - SET	Código alimentador	Etiqueta alimentador	Opciones
1	SUBESTACION TACNA	4334	O-241	Ordenar deficiencias
2	SUBESTACION TACNA	4342	O-242	Ordenar deficiencias
3	SUBESTACION TACNA	4338	O-243	Ordenar deficiencias
4	SUBESTACION TACNA	6314093	O-342	Ordenar deficiencias
5	SUBESTACION TACNA	4330	O-343	Ordenar deficiencias
6	SUBESTACION TACNA	4346	O-344	Ordenar deficiencias
7	SUBESTACION TACNA	2671117	O-345	Ordenar deficiencias
8	SET PARQUE INDUSTRIAL	4322	O-281	Ordenar deficiencias
9	SET PARQUE INDUSTRIAL	4326	O-282	Ordenar deficiencias
10	SET PARQUE INDUSTRIAL	4354	O-283	Ordenar deficiencias
11	SET PARQUE INDUSTRIAL	5992029	O-284	Ordenar deficiencias

Resultados:

Cantidad de deficiencias: 352 deficiencias  
 Distancia recorrida: 21991.59 metros  
 Reporte para inspeccionar: [Generar reporte](#)

**Figura N° 24:** Interface del algoritmo recursivo.

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, la aplicación permite generar reportes para inspeccionar en campo. Éste reporte se encuentra ordenado de acuerdo a la ruta mínima calculada.

Nro.	Deficiencia	Tipo instalación	Código de instalación			Etiqueta de instalación			Estado	Tipificación	Descripción de la deficiencia	Observaciones
			Código	Ref. 1	Ref. 1	Etiqueta	Etiqueta 1	Etiqueta 2				
1	TPO3610004	EMT	2002823			P009			Por subsanar	1074	Retenida sin conexión efectiva de puesta a tierra o sin aislador de retenida	Retenida sin aislador
2	YAR-2014-007	SED	3462913			P-002			Por subsanar	2082	Sistema de puesta a tierra inexistente, incompleto o en mal estado	PAT inexistente
3	TPO3610005	EMT	2002853			P019			Por subsanar	1002	Poste en mal estado de consevación o inapropiado para función de apoyo	EMT en mal estado
4	TPO3610044	EMT	6465943			P037			Subsanación definitiva	1074	Retenida sin conexión efectiva de puesta a tierra o sin aislador de retenida	EMT cambiado
5	TQO3620114	EMT	2002409			Q155			Por subsanar	1074	Retenida sin conexión efectiva de puesta a tierra o sin aislador de retenida	Retenida sin aislador
6	TQO3620104	EMT	2002457			Q171			Por subsanar	1074	Retenida sin conexión efectiva de puesta a tierra o sin aislador de retenida	Retenida sin aislador
7	TPO3610046	EMT	2005906			P038			Subsanación definitiva	1002	Poste en mal estado de consevación o inapropiado para función de apoyo	EMT cambiado
8	TPO3610335	EMT	2002919			P042			Subsanación definitiva	1002	Poste en mal estado de consevación o inapropiado para función de apoyo	EMT cambiada
9	YAR-2014-008	EMT	2002922			P043			Por subsanar	1002	Poste en mal estado de consevación o inapropiado para función de apoyo	EMT de madera en mal estado
10	TPO3610068	EMT	2002925			P044			Por subsanar	1002	Poste en mal estado de consevación o inapropiado para función de apoyo	EMT en mal estado
11	YAR-2014-009	EMT	2002928			P045			Por subsanar	1002	Poste en mal estado de consevación o inapropiado para función de apoyo	EMT de madera en mal estado
12	TPO3610074	EMT	2002934			P048			Por subsanar	1002	Poste en mal estado de consevación o inapropiado para función de apoyo	EMT en mal estado
13	TPO3610292	EMT	2002934			P048			Subsanación definitiva	1074	Retenida sin conexión efectiva de puesta a tierra o sin aislador de retenida	Retenida cambiada
14	TPO3610075	EMT	5135407			P049			Subsanación definitiva	1008	Poste inclinado más de 5°	EMT cambiado
15	TPO3610319	EMT	5135407			P049			Subsanación definitiva	1002	Poste en mal estado de consevación o inapropiado para función de apoyo	EMT cambiado
16	TPO3610278	TMT	2080665	5135407	2003069		P049	P050	Subsanación definitiva	5032	Conductor incumple distancia de seguridad respecto a una instalación de baja tensión	LMT reemplada

**Figura N° 25:** Reporte de deficiencias ordenadas.

Fuente: Elaboración propia

#### IV. RESULTADOS

Se realizó corridas del algoritmo en el total de la población, que corresponde a 31 alimentadores de media tensión pertenecientes a la red eléctrica de Electrosur S.A.

**Tabla 13:** Población de la investigación.

<b>Código Sistema Eléctrico</b>	<b>Nombre Sistema Eléctrico</b>	<b>Cantidad de alimentadores</b>
SE0112	TACNA	11
SE0113	YARADA	4
SE0115	TARATA	14
SE0116	TOMASIRI	2
Total		31

Fuente: Elaboración propia

Se comparará los resultados obtenidos del proceso tradicional y los obtenidos de la aplicación del algoritmo, en ambas opciones (incluyendo sólo las deficiencias de la red y considerando las retiradas).

La distancia recorrida corresponde al trayecto que se necesita para visitar cada una de las deficiencias ordenadas, se expresa en kilómetros recorridos.

**Tabla 14:** Resultados de aplicación de algoritmo recursivo en la ordenación de deficiencias en el Sistema Eléctrico Tacna.

Alimentador	Etiqueta	Terna	Terna antigua	Proceso tradicional		Algoritmo sin considerar retiradas		Algoritmo considerando retiradas	
				Cantidad	Distancia	Cantidad	Distancia	Cantidad	Distancia
					recorrida (km)		recorrida (km)		recorrida (km)
4334	O-241	A	A	357	62,35	299	18,91	354	22,03
4330	O-343	B	B	255	66,15	93	10,2	134	12,18
4346	O-344	C-1	C	221	49,84	200	19,62	221	20,37
6314093	O-342	C-2		0	0	43	5,33	80	5,95
4338	O-243	D-1	D	260	54,68	227	30,74	332	35,16
4342	O-242	D-2		0	0	19	4,24	42	6,67
4322	O-281	F	F	115	12	252	17,59	331	20,9
4326	O-282	G	G	408	89,8	340	16,03	394	17,98
4354	O-283	H	H	511	112,23	504	31,38	594	35,1
5992029	O-284	I	I	282	157,3	472	60,83	579	66,18
2671117	O-345	Z	Z	369	131,77	416	69,51	472	73,27

Fuente: Elaboración propia

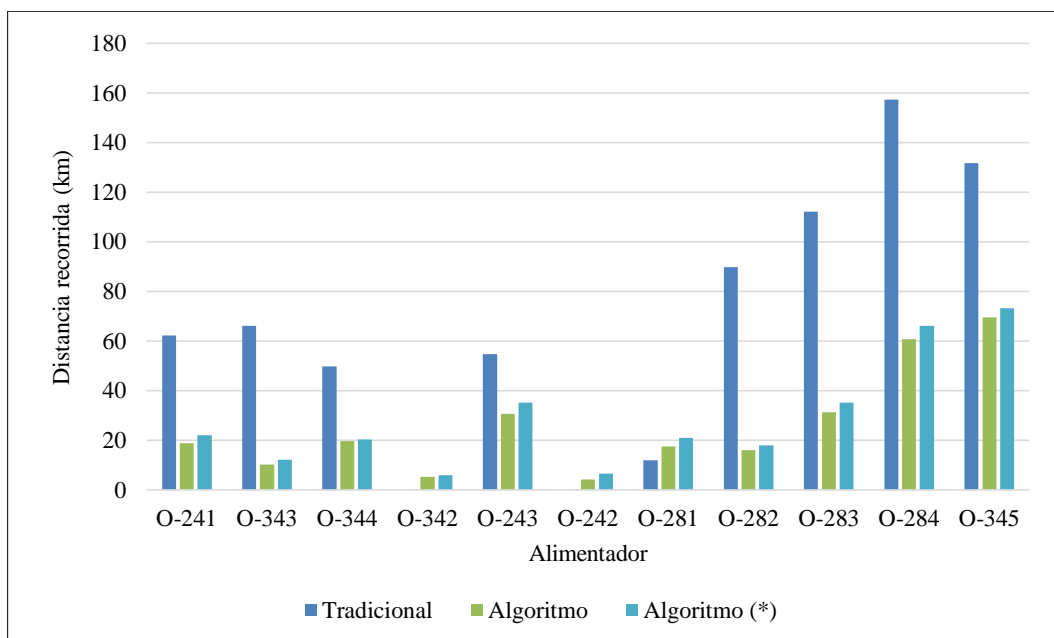
De la tabla N° 14, se puede apreciar cómo al aplicar el algoritmo recursivo se necesita una menor distancia para recorrer las deficiencias en cada uno de los alimentadores del Sistema Eléctrico Tacna. En el caso de la terna de etiqueta O-342 y O-242, aplicando el procedimiento tradicional no se obtiene ninguna deficiencia a inspeccionar, ya que mediante este procedimiento no se puede separar correctamente las deficiencias por alimentador.

Del cuadro se observa también que en el caso del alimentador O-343 (Terna B), al aplicar el procedimiento tradicional se obtiene una mayor cantidad de deficiencias a inspeccionar, esto debido a que la terna B se encuentra compartida con el alimentador O-281 (Terna F), el algoritmo logra separar las deficiencias de

acuerdo al alimentador, logrando identificar este tipo de casos, al contrario del proceso tradicional.

Comparando entre las dos opciones de aplicación del algoritmo, se observa que al considerar las deficiencias retiradas, se inspecciona 668 deficiencias adicionales, esto ocurre debido a que se considera deficiencias en instalaciones retiradas que no se encuentran en la trayectoria de la red.

En el siguiente gráfico se puede observar que al aplicar el algoritmo recursivo en la ordenación de deficiencias de seguridad pública se obtiene una menor distancia para inspeccionar las deficiencias.



(\*) Aplicando el algoritmo considerando las deficiencias fuera de la red.

**Figura N° 26:** Cuadro comparativo de aplicación del algoritmo vs tradicional.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15:** Resultados de aplicación de algoritmo recursivo en la ordenación de deficiencias en el Sistema Eléctrico Tarata.

Alimentador	Etiqueta	Terna	Terna antigua	Proceso tradicional		Algoritmo sin considerar retiradas		Algoritmo considerando retiradas	
				Cantidad	Distancia recorrida (km)	Cantidad	Distancia recorrida (km)	Cantidad	Distancia recorrida (km)
1425503	X-451	T-1	T	442	371,98	108	3,09	117	3,38
3470050	X-452	T-2		0	0	271	57,06	278	57,42
3470059	X-453	T-3		0	0	60	4,14	64	4,26
2060010	X-751	V-1	V	0	0	0	0	0	0
3470163	X-752	V-2		0	0	0	0	0	0
3470172	X-753	V-3		0	0	0	0	0	0
2059942	X-351	L-1	L	109	23,5	16	1,07	16	1,07
3469860	X-352	L-2		0	0	90	8,5	97	8,75
2059903	X-251	U-1	U	631	716,4	286	54,73	295	55,24
3469798	X-252	U-2		0	0	143	11,99	144	12,1
3469807	X-253	U-3		0	0	207	23,26	207	23,26
2220386	O-211	M-2		0	0	11	4,4	11	4,4
2060049	O-221	M-1	M	223	471,33	212	76,86	213	76,96
2060038	X-651	R	R	111	230,64	107	42,43	118	42,93

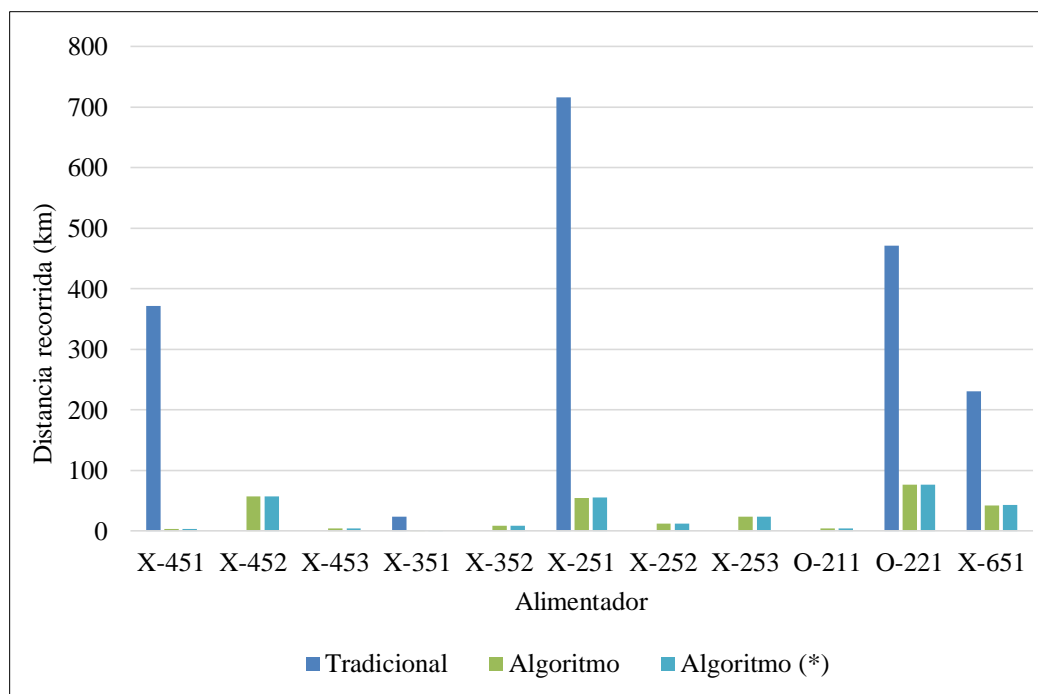
Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 15, al igual que en el caso anterior, al aplicar el algoritmo recursivo se obtiene una menor distancia para inspeccionar las deficiencias. Para el caso del alimentador X-451, X-452 y X-453 (ubicada en la Provincia de Tarata), con el procedimiento tradicional se obtiene una distancia recorrida de 371,78 km, a comparación de los 64,29 y 65,05 km recorridos aplicando el algoritmo, ésta diferencia notoria ocurre debido a que en el Sistema Eléctrico Tarata los alimentadores tienen una mayor distancia, ya que suministran energía a localidades rurales de la zona altoandina de Tacna. El procedimiento tradicional no consigue una ruta óptima, ya que combina distintos alimentadores en su

recorrido, las cuales se encuentran muy distantes entre sí. Similar caso ocurre con los alimentadores X-251, X-252 y X-253 ubicados en la Provincia de Candarave.

Para el caso de los alimentadores X-751, X-752 y X-753, se obtiene como recorrido 0 km, debido a que ElectroSur S.A. no tiene declarado deficiencias en dicha zona, ya que corresponden a líneas de media tensión de uso exclusivo ubicadas en la zona El Ayro de la Provincia de Tacna.

En la siguiente figura se observa las notorias diferencias entre los procedimientos utilizados.



(\*) Aplicando el algoritmo considerando las deficiencias fuera de la red.

**Figura N° 27:** Cuadro comparativo de aplicación del algoritmo vs tradicional.

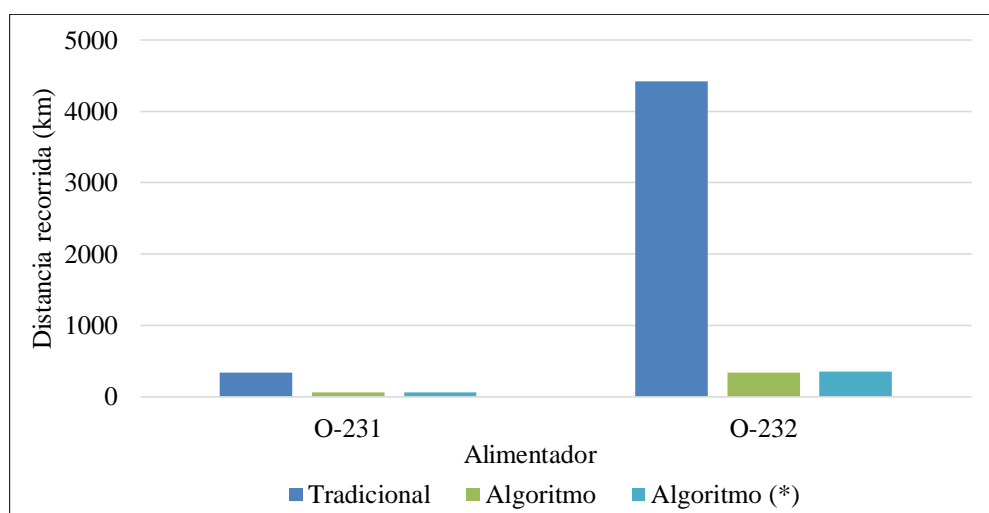
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16:** Resultados de aplicación de algoritmo recursivo en la ordenación de deficiencias en el Sistema Eléctrico Tomasiri.

Alimentador	Etiqueta	Terna	Terna antigua	Proceso tradicional		Algoritmo sin considerar retiradas		Algoritmo considerando retiradas	
				Cantidad	Distancia recorrida (km)	Cantidad	Distancia recorrida (km)	Cantidad	Distancia recorrida (km)
1937799	O-231	J	J	181	338,06	185	59,54	188	59,84
1937804	O-232	K	K	642	4421,26	639	335,74	691	353,17

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 16, para el caso del alimentador O-232, tal como ocurrió en el Sistema Eléctrico Tarata, la diferencia es notoria entre la utilización de los procedimientos, debido a que dicho alimentador suministra energía a las localidades de Boca del Río, Ite y Locumba. El procedimiento tradicional considera rutas no óptimas, por ejemplo desde Boca del Río a Locumba y luego de Locumba a Boca del Río.



(\*) Aplicando el algoritmo considerando las deficiencias fuera de la red.

**Figura N° 28:** Cuadro comparativo de aplicación del algoritmo vs tradicional.

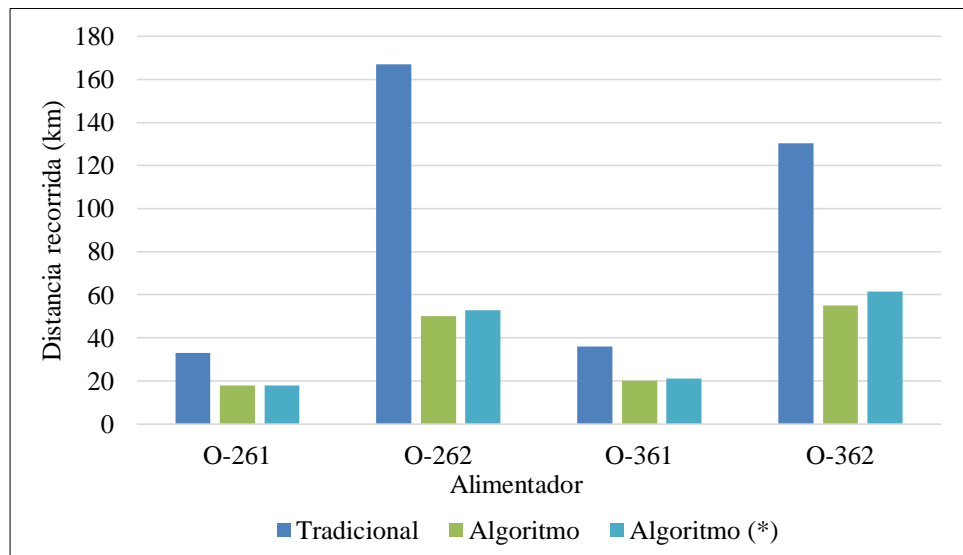
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17:** Resultados de aplicación de algoritmo recursivo en la ordenación de deficiencias en el Sistema Eléctrico Yarada.

Alimentador	Etiqueta	Terna	Terna antigua	Proceso tradicional		Algoritmo sin considerar retiradas		Algoritmo considerando retiradas	
				Distancia recorrida		Distancia recorrida		Distancia recorrida	
				Cantidad	(km)	Cantidad	(km)	Cantidad	(km)
2059636	O-261	Q	Q	86	33	84	17,79	88	17,9
2059645	O-262	S	S	76	167,09	76	50,19	92	52,74
2059616	O-361	P	P	47	35,89	47	20,02	65	21,16
2059625	O-362	N	N	125	130,49	122	54,98	130	61,55

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 17 se puede apreciar los resultados de la utilización de los distintos procedimientos. Al aplicar el algoritmo recursivo se obtiene una menor distancia recorrida.



(\*) Aplicando el algoritmo considerando las deficiencias fuera de la red.

**Figura N° 29:** Cuadro comparativo de aplicación del algoritmo vs tradicional.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18:** Resultados generales de la aplicación del algoritmo recursivo.

Sistema Eléctrico	Cantidad			Distancia recorrida (km)		
	Procedimiento Tradicional	Algoritmo sin considerar retiradas	Algoritmo considerando retiradas	Procedimiento Tradicional	Algoritmo sin considerar retiradas	Algoritmo considerando retiradas
TACNA	2778	2865	3533	736,12	284,38	315,79
TARATA	1516	1511	1560	1813,85	287,53	289,77
TOMASIRI	823	824	879	4759,32	395,28	413,01
YARADA	334	329	375	366,47	142,98	153,35
<b>Total</b>	<b>5451</b>	<b>5529</b>	<b>6347</b>	<b>7675,76</b>	<b>1110,17</b>	<b>1171,92</b>

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 18 se puede apreciar el resultado general por sistema eléctrico aplicando los tres procedimientos. En el caso del Sistema Eléctrico Tarata y Tomasiri, la diferencia de la distancia recorrida es más notoria, debido al carácter rural de dichos sistemas, que implica mayores recorridos por alimentador.

La utilización del procedimiento tradicional sólo logra inspeccionar 5451 deficiencias, con un recorrido de 7675,76 km. Al utilizar el algoritmo recursivo sin considerar las deficiencias retiradas, se inspecciona 5529 puntos con un recorrido total de 1100,17 km. Considerando las deficiencias retiradas se logra inspeccionar las 6347 deficiencias de la Base de Datos de deficiencias de ElectroSur S.A., para ello se recorre 1171,92 km.

La diferencia entre deficiencias inspeccionadas con el procedimiento tradicional y la utilización del algoritmo sin considerar las deficiencias retiradas es de 78 puntos de inspección, sin embargo la diferencia de recorrido es de 6565,79

km a favor de la utilización del algoritmo, lo que representa un 691,40% de mejora respecto al procedimiento tradicional.

Para inspeccionar el total de deficiencias de la base de datos, se necesita 61,75 km adicionales respecto a inspeccionar sólo las deficiencias que se encuentren en la red eléctrica.

## V. DISCUSIONES

1. León Escobar et al. (2011) modela mediante grafos redes eléctricas de distribución radiales. A partir de este antecedente se pudo modelar la red eléctrica de Electrosur S.A. mediante la utilización de la teoría de grafos, esto con la finalidad de diseñar un algoritmo recursivo que permita ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas.
2. Silvia Simón et al. (2012) plantea la optimización de recorridos para la recolección de residuos infecciosos en la ciudad de Río Cuarto, Argentina. Si bien el campo de aplicación es diferente al estudiado en el presente trabajo de investigación, permitió definir los objetivos, ya que se tenía el antecedente de un trabajo similar que daba solución a un problema de ruta mínima, que se comprueban en los resultados obtenidos, logrando así obtener una menor distancia recorrida para inspeccionar las deficiencias de seguridad pública: 1110,17 km con la utilización del algoritmo, y 7675,76 km con el procedimiento tradicional.
3. Joyanes Aguilar et al. (2007) y Cobo Yera (2009) definen los pasos para la resolución de problemas mediante la utilización de algoritmos, siguiendo los pasos definidos: definición y análisis del problema, diseño del algoritmo,

transformación del algoritmo en un programa y ejecución y validación del programa, se diseñó el algoritmo en el presente trabajo de investigación.

## CONCLUSIONES

1. Se ha descrito el proceso actual de ordenamiento de deficiencias, cuyas desventajas radican en que no se obtiene una ruta mínima, no se separa correctamente por alimentador las deficiencias, y se deja de inspeccionar las deficiencias en instalaciones retiradas de la red eléctrica.
2. Se ha elaborado un algoritmo recursivo que permite ordenar las deficiencias de seguridad pública, lo que permite realizar un procedimiento ordenado para inspeccionar las deficiencias de seguridad pública, obteniendo un 691,40% de mejora en la distancia recorrida.
3. Al utilizar el algoritmo recursivo, opcionalmente, también se consigue ordenar el total de las 6347 deficiencias contenidas en la Base de Datos de Deficiencias de ElectroSur S.A.
4. Al aplicar el algoritmo se logra separar correctamente las deficiencias por alimentador, lo que permite mejorar las inspecciones en campo.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda aplicar el procedimiento en campo, para ajustar del algoritmo de ser el caso. Asimismo, se recomienda actualizar los procedimientos de trabajo de Electrosur S.A., ya que durante la investigación se encontró documentación inconsistente.
2. Se recomienda actualizar la información de la Base de Datos de Deficiencias de Electrosur S.A., ya que durante el desarrollo de la investigación se han identificado deficiencias duplicadas (declaradas en una misma instalación). Esto podría ser pasible de sanción por parte del Osinergmin.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. Aho, A., Hopcroft, J. & Ullman, D. (1998). *Estructura de datos y algoritmos*. México: Alhambra Mexicana.
2. Cairó, O. & Guardati, S. (2006). *Estructura de datos*. España: McGraw-Hill.
3. Cobo, A. (2009). *Programar desde el punto de vista científico*. España: Visión Libros.
4. Deitel, H. & Deitel, P. (2004). *Cómo programar en C++ y Java*. México: Pearson Educación.
5. Empresa Regional de Servicio Público de Electricidad (2014). *Memoria anual 2013*. Perú: Electrosur.
6. Escobar, L. & Suárez G. (2011). *Implementación de algoritmos de recorrido de grafos para el cálculo de la regulación de redes de distribución radiales*. Recuperado de [http:// scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/docs/articulos /0122-701/2291172/2300750.pdf](http://scienti.colciencias.gov.co:8084/publindex/docs/articulos/0122-701/2291172/2300750.pdf)
7. García, C., García, E. & Villada, F. (2012). *Algoritmo Evolutivo Eficiente Aplicado a la Planeación de la Expansión de Sistemas de Distribución*. Recuperado de [http://www.scielo.cl/scielo.php? script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642012000400002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000400002&lng=es&nrm=iso).
8. Grasso, L. (2006). *Encuestas elementos para su diseño y análisis*. Córdoba, Argentina: Encuentro Grupo Editor.

9. Hernández, R, Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
10. Hiller, F. & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. México: McGraw-Hill.
11. Joyanes, L., Fernández, M., Sánchez, L., & Zahonero, I. (2005). *Estructura de datos en C*. España: McGraw-Hill.
12. Joyanes, L., Sánchez, L., & Zahonero, I. (2007). *Estructura de datos en C++*. España: McGraw-Hill.
13. Kunth, D. (1985). *El arte de programar ordenadores. Volumen 1: Algoritmos fundamentales*. España: Editorial Reverté.
14. Simón, S., Demaldé, J., Hernández, J. & Carnero, M. (2012). *Optimización de Recorridos para la Recolección de Residuos Infecciosos*. Recuperado de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-7642012000400014&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-7642012000400014&lng=es&nrm=iso)
15. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2009). *Procedimiento para la Supervisión de las Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública*. Resolución de Osinergmin 228-2009-OS-CD. Perú: <http://www.osinergmin.gob.pe/>
16. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2010). *Procedimiento para la Supervisión de las Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública (cartilla informativa Nro. 22)*. Perú:

[http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/GFE/SupervisionFiscalizacion/GFE\\_SupFisc\\_22.pdf](http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/GFE/SupervisionFiscalizacion/GFE_SupFisc_22.pdf)

17. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2011). *Incorporan anexo en la escala de multas y sanciones de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica*. Resolución de Osinergmin 129-2011-OS-CD. Perú:  
<http://www.osinergmin.gob.pe/>
18. Rabasa, A. & Santamaría L. (2004). *Metodología de la programación. Principios y aplicaciones*. España: Editorial Club Universitario.
19. Taha, A. (2004). *Investigación de operaciones*. México: Pearson Educación.
20. Wirth, N. (1987). *Algoritmos y estructura de datos*. México: Prentice-Hall Hispanoamérica.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

Diseño de un algoritmo recursivo para el ordenamiento de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de la empresa ELECTROSUR S.A. Tacna - 2013					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Diseño de la investigación
<p><b><u>Problema principal</u></b> ¿Cómo será el algoritmo recursivo para ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013?</p>	<p><b><u>Objetivo general</u></b> Diseñar un algoritmo recursivo que permita ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013.</p>		<p><b>Variable 1:</b> <b>Algoritmo recursivo</b> Es un algoritmo que expresa la solución de un problema mediante el uso de la recursividad (propiedad que posee una función por la cual puede llamarse a sí misma).</p>		<p><b><u>Población:</u></b> 33 subredes Comprende a todos las subredes o alimentadores de redes en Media Tensión de la empresa ELECTROSUR S.A., de la sede Tacna.</p>
<p><b><u>Problema específico 1</u></b> ¿Cómo será el diseño del algoritmo recursivo para ordenar deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013?</p>	<p><b><u>Objetivo específico 1</u></b> Diseñar el algoritmo recursivo que permita ordenar las deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013.</p>	<p>Por el alcance descriptivo de la investigación, la presente tesis no formula hipótesis alguna.</p>	<p><b>Variable 2:</b> <b>Ordenación de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas:</b> Actividad que consiste en ordenar geográficamente (según coordenadas UTM) las deficiencias de seguridad pública de la empresa ELECTROSUR S.A., con la finalidad de inspeccionarlas posteriormente y conocer su estado actual.</p>	<p><b>Variable 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de iteraciones</li> <li>• Consumo de recursos</li> </ul> <p><b>Variable 2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Distancia recorrida</li> <li>• Redundancia de deficiencias visitadas</li> <li>• Deficiencias no visitadas</li> </ul>	<p><b><u>Muestra</u></b> Se trabajará con toda la población</p> <p><b><u>Tipo de investigación</u></b> Investigación no experimental. Descriptiva</p> <p><b><u>Diseño de investigación</u></b> No experimental.</p> <p><b><u>Instrumentos</u></b> <i>Algoritmo recursivo</i> Observación y medición <i>Ordenación de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas</i> Observación</p>
<p><b><u>Problema específico 2</u></b> ¿Cómo es el ordenamiento de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013?</p>	<p><b><u>Objetivo específico 2</u></b> Describir el ordenamiento de deficiencias de seguridad pública en redes eléctricas de ELECTROSUR S.A. – Tacna, 2013.</p>				

**ANEXO 2**

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN EMITIDA  
POR ELECTROSUR S.A**

## CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN

Tacna, 15 de Setiembre del 2014.

Señores:

Hernandez Torres Alferez

Tacna

Por medio de la presente y en calidad del Jefe del Departamento de Mantenimiento a cargo de la administración y mantenimiento de la Base de Datos de Deficiencias de Seguridad Pública (Procedimiento para la Supervisión de Instalaciones de Distribución Eléctrica por Seguridad Pública - Resolución de Osinergmin 228-2009-OS/CD), autorizo al Bach. Hernandez Torres Alferez, identificado con DNI 43479249, para la utilización con fines académicos de la información contenida en dicha base de datos, correspondiente al periodo Segundo Semestre del 2013.

Atentamente,

  
.....  
Ing. Fortunato Anaya Preti  
Jefe Dpto de Mantenimiento  
ELECTROSUR S.A

## ANEXO 3

### CÓDIGO FUENTE

#### 2.1 Interface principal

```
1 <?php
2 require './modelo/ELS.php';
3 $els = new ELS();
4 ?>
5 <!DOCTYPE html>
6 <html>
7   <head>
8     <meta charset="UTF-8">
9     <title>Algoritmo recursivo - Deficiencias</title>
10    <link href="assets/estilo.css" rel="stylesheet"
type="text/css" />
11    <script src="assets/jquery.js"
type="text/javascript"></script>
12    <script src="assets/index.js"
type="text/javascript"></script>
13  </head>
14  <body>
15    <div class="titulo">
16      <h1>Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann</h1>
17      <h1>Facultad de Ingeniería - Ingeniería en Informática y
Sistemas</h1>
18    </div>
19    <div class="tema">
20      <h1>Diseño de un algoritmo recursivo para el ordenamiento
de deficiencias de
21      seguridad pública en redes eléctricas de la empresa
ELECTROSUR S.A. Tacna - 2013</h1>
22    </div>
23    <div class="opciones">
24      Seleccione Sistema Eléctrico:
25      <select id="selector">
26        <?php
27          $ses = $els->obtener_sistemas_electricos();
28          foreach ($ses as $se) {
29            echo "<option value='" . $se->sist_electrico . "'>" .
$se->sist_electrico . ": " . $se->sistema . "</option>";
30          }
31        ?>
32      </select>
33      Modo de búsqueda
34      <select id="opcion">
```

```

35         <option value="1">Sólo deficiencias de la red</option>
36         <option value="2">Incluir deficiencias fuera de la
red</option>
37     </select>
38 </div>
39 <div class="tabla" id="tabla">
40 </div>
41 <fieldset class="resultados">
42     <legend>Resultados:</legend>
43     <div class="resultado" id="resultado">
44     </div>
45 </fieldset>
46 </body>
47 </html>

```

## 2.2 Algoritmo

```

1  <?php
2
3  require_once '../modelo/Alimentador.php';
4  require_once '../modelo/ELS.php';
5  require_once 'FiltroUTM.php';
6  require_once 'FiltroTMT.php';
7  require_once 'FiltroDEF.php';
8  require_once 'distancia_recorrida.php';
9
10 $puntos_inspeccion = array();
11 set_time_limit(0);
12 $alm = $_GET["alm"];
13 $opcion = $_GET["o"];
14
15 //DATOS DEL ALIMENTADOR, SISTEMA ELÉCTRICO
16 $alimentador = new Alimentador($alm);
17 $alimentador->inicializar_deficiencias();
18
19 //CREAR MODELO DE TRAMOS DE MEDIA TENSIÓN
20 $tramos = $alimentador->obtener_tramos();
21
22 //NORMALIZAR GRAFO
23 $tramos_filtrado = modelar_red($tramos, (object) array('tmt'
=> null, 'longitud' => 0), $alimentador->utm_este, $alimentador-
>utm_norte)->filtro;
24
25 //OBTENER RUTA MÍNIMA
26 $ruta_minima = ruta_minima($tramos_filtrado, (object)
array('tmt' => null));
27
28 $els = new ELS();
29 $deficiencias = $els->obtener_deficiencias();

```

```

30 //agrega campos auxiliares a deficiencias
31 foreach ($deficiencias as $deficiencia) {
32     $deficiencia->inspeccionado = false;
33     $deficiencia->retirado = false;
34 }
35
36 //OBTENER DEFICIENCIAS Y REPORTE
37 $reporte = array();
38 foreach ($ruta_minima as $tramo) {
39     $reporte = array_merge($reporte,
obtener_deficiencias_tramo($tramo, $deficiencias, $opcion));
40 }
41 $alimentador->guardar_deficiencias($reporte);
42 $d = obtener_distancia_recorrida($reporte);
43
44 //RESULTADOS
45 $resultado = array();
46 $resultado['n'] = count($reporte);
47 $resultado['d'] = round($d, 2);
48 $resultado['alm'] = $alimentador->alm;
49
50 echo json_encode($resultado);
51
52 dibujar_autocad($ruta_minima);
53
54 /**
55  * Función recursiva que modela red y obtiene distancia
acumulada
56  * @param Array $tramos
57  * @param Tramo $tmt_origen
58  * @param Double $utm_este
59  * @param Double $utm_norte
60  * @return Object filtro y longitud acumulada
61  */
62 function modelar_red(&$tramos, $tmt_origen, $utm_este,
$utm_norte) {
63     //buscar tramo
64     $utm_filtro = (object) array('utm_este' => $utm_este,
'utm_norte' => $utm_norte);
65     $array_filtro = array_filter($tramos, array(new
FiltroUTM($utm_filtro), 'filtrar'));
66     $longitud = $tmt_origen->longitud;
67     foreach ($array_filtro as $tramo) {
68         $tramo->tmt_padre = $tmt_origen->tmt;
69         $recursivo = modelar_red($tramos, $tramo, $tramo-
>utm_fin->utm_este, $tramo->utm_fin->utm_norte);
70         $array_filtro = array_merge($array_filtro, $recursivo-
>filtro);
71         $longitud = $longitud + $recursivo->longitud;
72     }
73     $tmt_origen->longitud_acumulada = $longitud;

```

```

74     return (object) array('filtro' => $array_filtro,
'longitud' => $longitud);
75 }
76
77 /**
78  * Obtiene la ruta mínima de los tramos por alimentador
79  * @param Array $tramos
80  * @param Tramo $tmt_origen
81  * @return Array
82  */
83 function ruta_minima($tramos, $tmt_origen) {
84     $array_filtro = array_filter($tramos, array(new
FiltroTMT($tmt_origen), 'filtrar_tramos_hijos'));
85     if (count($array_filtro) > 0)
86         $array_filtro =
ordenar_tramo_por_longitud($array_filtro);
87     foreach ($array_filtro as $tramo) {
88         $recursivo = ruta_minima($tramos, $tramo);
89         $array_filtro = array_merge($array_filtro,
$recursivo);
90     }
91     return $array_filtro;
92 }
93
94 /**
95  * Ordena un array multidimensional
96  * @param Array $tramos
97  * @return Array
98  */
99 function ordenar_tramo_por_longitud($tramos) {
100     // Obtener una lista de columnas
101     foreach ($tramos as $clave => $tramo) {
102         $longitudes[$clave] = $tramo->longitud_acumulada;
103     }
104     array_multisort($longitudes, SORT_ASC, $tramos);
105     return $tramos;
106 }
107
108 function obtener_deficiencias_tramo($tramo, $deficiencias,
$opcion) {
109     $array_filtro = array();
110     foreach ($tramo->segmentos as $segmento) {
111         $utm = (object) array('utm_este' => $segmento->
utm_este, 'utm_norte' => $segmento->utm_norte);
112         if ($opcion == 1) {
113             $array_filtro = array_merge($array_filtro,
array_filter($deficiencias, array(new FiltroDEF($utm),
'filtrar_deficiencia')));
114         }
115         else {

```

```

116             $array_filtro = array_merge($array_filtro,
array_filter($deficiencias, array(new FiltroDEF($utm),
'filtrar_total_deficiencia')));
117         }
118     }
119     return $array_filtro;
120 }
121
122 /* * ***** */
123 /* FUNCIONES DE CAD */
124 /* * ***** */
125
126 function dibujar_autocad($tramos) {
127     global $alimentador;
128     $dir = "../planos_tesis/" . $alimentador->sisistema . "/" .
$alimentador->etiqueta . ".scr";
129     $file = fopen($dir, "w");
130     fwrite($file, "-CAPA\n");
131     fwrite($file, "E\n");
132     fwrite($file, "recorrido\n\n");
133     foreach ($tramos as $tramo) {
134         $ban = 0;
135         foreach ($tramo->segmentos as $seg) {
136             if ($ban == 0) {
137                 $ban = 1;
138                 fwrite($file, "_PLINE\n");
139                 fwrite($file, $seg->utm_este . "," . $seg-
>utm_norte . "\n");
140             }
141             else {
142                 fwrite($file, $seg->utm_este . "," . $seg-
>utm_norte . "\n");
143             }
144         }
145         fwrite($file, "\n");
146     }
147 }

```

## 2.3 Funciones

```
1 <?php
2
3 class FiltroUTM {
4
5     private $utm_filtro;
6     private $rango_x = 3;
7     private $rango_y = 3;
8
9     function __construct($utm_filtro) {
10         $this->utm_filtro = $utm_filtro;
11     }
12
13     function filtrar($tramo) {
14         //caso 01: tramo siguiente inmediato, orden correcto
15         if ($this->filtrar_tramo($tramo)) {
16             return true;
17         }
18         //caso 02: tramo cercano, orden correcto
19         elseif ($this->filtrar_tramo_cercano($tramo)) {
20             return true;
21         }
22         //caso 03: tramo siguiente inmediato, orden inverso
23         elseif ($this->filtrar_tramo_inverso($tramo)) {
24             return true;
25         }
26         //caso 04: tramo cercano, orden inverso
27         elseif ($this->filtrar_tramo_cercano_inverso($tramo)) {
28             return true;
29         }
30         else {
31             return false;
32         }
33     }
34
35     function filtrar_tramo($tramo) {
36         if ($tramo->utm_inicio->utm_este == $this->utm_filtro-
37 >utm_este &&
38             $tramo->utm_inicio->utm_norte == $this-
39 >utm_filtro->utm_norte && !$tramo->inspeccionado) {
40             $tramo->inspeccionado = true;
41             return true;
42         }
43         else {
44             return false;
45         }
46     }
47
48     # Caso especial, el siguiente tramo no está en orden
```

```

47     function filtrar_tramo_inverso($tramo) {
48         if ($tramo->utm_fin->utm_este == $this->utm_filtro-
>utm_este &&
49             $tramo->utm_fin->utm_norte == $this-
>utm_filtro->utm_norte && !$tramo->inspeccionado) {
50             $tramo->inspeccionado = true;
51             $tramo->invertir_orden_segmentos();
52             $tramo->actualizar_inicio_fin();
53             return true;
54         }
55         else {
56             return false;
57         }
58     }
59
60     function filtrar_tramo_cercano($tramo) {
61         if (abs($tramo->utm_inicio->utm_este - $this-
>utm_filtro->utm_este) < $this->rango_x &&
62             abs($tramo->utm_inicio->utm_norte - $this-
>utm_filtro->utm_norte) < $this->rango_y && !$tramo-
>inspeccionado) {
63             $tramo->inspeccionado = true;
64             //agregamos un segmento al tramo, que permita unir
las coordenadas UTM's (agregamos al utm_inicio)
65             $tramo->agregar_segmento_al_inicio($this-
>utm_filtro->utm_este, $this->utm_filtro->utm_norte);
66             $tramo->actualizar_inicio();
67             return true;
68         }
69         else {
70             return false;
71         }
72     }
73
74     function filtrar_tramo_cercano_inverso($tramo) {
75         if (abs($tramo->utm_fin->utm_este - $this->utm_filtro-
>utm_este) < $this->rango_x &&
76             abs($tramo->utm_fin->utm_norte - $this-
>utm_filtro->utm_norte) < $this->rango_y && !$tramo-
>inspeccionado) {
77             $tramo->inspeccionado = true;
78             //agregamos un segmento al tramo, que permita unir
las coordenadas UTM's (agregamos al utm_inicio)
79             $tramo->invertir_orden_segmentos();
80             $tramo->agregar_segmento_al_inicio($this-
>utm_filtro->utm_este, $this->utm_filtro->utm_norte);
81             $tramo->actualizar_inicio_fin();
82             return true;
83         }
84         else {
85             return false;

```

```

86     }
87 }
88
89 }
90
91 ?>

1  <?php
2
3  class FiltroDEF {
4
5      private $utm_filtro;
6      private $rango_x = 10;
7      private $rango_y = 10;
8
9      function __construct($utm_filtro) {
10         $this->utm_filtro = $utm_filtro;
11     }
12
13     function filtrar_deficiencia($deficiencia) {
14         if (abs($deficiencia->utm_este - $this->utm_filtro-
15 >utm_este) < $this->rango_x &&
16         abs($deficiencia->utm_norte - $this-
17 >utm_filtro->utm_norte) < $this->rango_y &&
18         !$deficiencia->inspeccionado) {
19             $deficiencia->inspeccionado = true;
20             $deficiencia->retirado = true;
21             return true;
22         }
23         else {
24             return false;
25         }
26     }
27     function filtrar_total_deficiencia($deficiencia) {
28         if (abs($deficiencia->rango_x - $this->utm_filtro-
29 >utm_este) < $this->rango_x &&
30         abs($deficiencia->rango_y - $this->utm_filtro-
31 >utm_norte) < $this->rango_y &&
32         !$deficiencia->inspeccionado) {
33             $deficiencia->inspeccionado = true;
34             $deficiencia->retirado = true;
35             return true;
36         }
37         else {
38             return false;
39         }
40     }
41 }
42 ?>

```

## 2.4 Modelo

```
1 <?php
2
3 require_once 'MySQL.php';
4
5 class ELS extends MySQL {
6
7 //Constructor
8     public function __construct() {
9         parent::__construct();
10    }
11
12    public function obtener_deficiencias() {
13        $sql = "SELECT deficiencia, d.utm_este, d.utm_norte,
14 rango_x, rango_y FROM deficiencia d WHERE inspeccionado = 0 ORDER
15 BY tipo_instalacion";
16        $rows = $this->rows($sql);
17        return $rows;
18    }
19
20    public function obtener_sistemas_electricos() {
21        $sql = "SELECT * FROM se";
22        $rows = $this->rows($sql);
23        return $rows;
24    }
25
26    public function obtener_estructuras() {
27        $sql = "SELECT sed AS id, etiqueta FROM sed s
28 UNION SELECT emt AS id, etiqueta FROM emt e";
29        $rows = $this->rows($sql);
30        $data = array();
31        foreach ($rows as $row) {
32            $data[$row->id] = $row->etiqueta;
33        }
34        return $data;
35    }
36
37    public function obtener_tipificacion() {
38        $sql = "SELECT tipificacion, descripcion FROM
39 tipificacion t";
40        $rows = $this->rows($sql);
41        $data = array();
42        foreach ($rows as $row) {
43            $data[$row->tipificacion] = $row->descripcion;
44        }
45        return $data;
46    }
47 }
```

```

1  <?php
2
3  require_once 'MySQL.php';
4
5  class Sistema extends MySQL {
6
7      public $se;
8      public $sistema;
9
10     //Constructor
11     public function __construct($se) {
12         parent::__construct();
13         $sql = "SELECT * FROM se s WHERE sist_electrico = '" .
14 $se . "'";
15         $row = $this->row($sql);
16         $this->se = $row->sist_electrico;
17         $this->sistema = $row->sistema;
18     }
19     public function obtener_alimentadores() {
20         $sql = "SELECT s.`set`, s.etiqueta AS etiqueta_set,
21 a.alm, a.etiqueta FROM alm a
22         INNER JOIN `set` s ON s.`set` = a.`set`
23         WHERE a.sist_electrico = '" . $this->se . "'
24         ORDER BY s.etiqueta DESC, a.etiqueta ASC";
25         $rows = $this->rows($sql);
26         return $rows;
27     }
28 }
29

```

```

3  <?php
4
5  require_once 'MySQL.php';
6  require_once 'Tramo.php';
7
8  class Alimentador extends MySQL {
9
10     public $alm;
11     public $etiqueta;
12     public $sistema;
13     public $utm_este;
14     public $utm_norte;
15
16     //Constructor
17     public function __construct($alm) {
18         parent::__construct();

```

```

19         $sql = "SELECT a.alm, a.etiqueta, s.sistema,
a.utm_este, a.utm_norte FROM alm a
20         INNER JOIN se s ON s.sist_electrico =
a.sist_electrico
21         WHERE a.alm = '" . $alm . "'";
22         $row = $this->row($sql);
23         $this->alm = $row->alm;
24         $this->etiqueta = $row->etiqueta;
25         $this->sistema = $row->sistema;
26         $this->utm_este = $row->utm_este;
27         $this->utm_norte = $row->utm_norte;
28     }
29
30     public function obtener_tramos() {
31         $sql = "SELECT * FROM tmt t WHERE alm = '" . $this->alm
. "'";
32         $rows = $this->rows($sql);
33         $tramos = array();
34         foreach ($rows as $row) {
35             $tramo = new Tramo($row->alm, $row->tmt, $row-
>propietario, $row->tipo_instalacion, $row->longitud);
36             $tramo->cargar_segmentos();
37             $tramos[$tramo->tmt] = $tramo;
38         }
39         return $tramos;
40     }
41
42     public function inicializar_deficiencias() {
43         $sql = "UPDATE deficiencia SET inspeccionado = 0 WHERE
inspeccionado = '" . $this->alm . "'";
44         $this->query($sql);
45     }
46
47     public function guardar_deficiencias($deficiencias) {
48         $sql = "";
49         $i = 1;
50         foreach ($deficiencias as $def) {
51             $sql .= "(" . $def->deficiencia . "," . $i .
"),";
52             $i++;
53         }
54         $sql = substr($sql, 0, strlen($sql) - 1);
55         $sql = "INSERT INTO deficiencia(deficiencia, orden)
VALUES " . $sql . "
56         ON DUPLICATE KEY UPDATE inspeccionado = '" . $this-
>alm . "', orden = VALUES(orden)";
57         $this->query($sql);
58     }
59
60     public function obtener_deficiencias() {

```

```

61         $sql = "SELECT deficiencia, tipo_instalacion, codigo,
tipificacion, responsable, suministro, denunciante, estado,
observaciones,
62         referencial, referencia2, d.utm_este, d.utm_norte
FROM deficiencia d
63         WHERE d.inspeccionado = '" . $this->alm . "' ORDER
BY orden";
64         $rows = $this->rows($sql);
65         return $rows;
66     }
67
68 }

```

```

1  <?php
2
3  require_once 'MySQL.php';
4
5  class Tramo extends MySQL {
6
7      public $alm;
8      public $tmt;
9      public $propietario;
10     public $tipo_instalacion;
11     public $longitud;
12     public $segmentos;
13     public $utm_inicio;
14     public $utm_fin;
15     public $inspeccionado = false;
16     public $tmt_padre = null;
17     public $longitud_acumulada = 0;
18
19     public function __construct($alm, $tmt, $propietario,
$tipo_instalacion, $longitud) {
20         parent::__construct();
21         $this->alm = $alm;
22         $this->tmt = $tmt;
23         $this->propietario = $propietario;
24         $this->tipo_instalacion = $tipo_instalacion;
25         $this->longitud = $longitud;
26     }
27
28     public function cargar_segmentos() {
29         $sql = "SELECT * FROM seg_mt s WHERE tmt = '" . $this-
>tmt . "' ORDER BY numero";
30         $rows = $this->rows($sql);
31         $this->segmentos = $rows;
32         $n = count($rows) - 1;
33         $this->utm_inicio = (object) array('utm_este' =>
$rows[0]->utm_este, 'utm_norte' => $rows[0]->utm_norte);

```

```

34     $this->utm_fin = (object) array('utm_este' =>
$rows[$n]->utm_este, 'utm_norte' => $rows[$n]->utm_norte);
35     }
36
37     public function agregar_segmento_al_inicio($utm_este,
$utm_norte) {
38         $segmento = (object) array('tmt' => $this->tmt,
'numero' => 0, 'utm_este' => $utm_este, 'utm_norte' =>
$utm_norte);
39         array_unshift($this->segmentos, $segmento);
40         $i = 0;
41         foreach ($this->segmentos as $segmento) {
42             $segmento->numero = $i;
43             $i++;
44         }
45     }
46
47     public function invertir_orden_segmentos() {
48         $n = count($this->segmentos) - 1;
49         foreach ($this->segmentos as $segmento) {
50             $segmento->numero = $n;
51             $n--;
52         }
53         $this->segmentos = array_reverse($this->segmentos);
54     }
55
56     public function actualizar_inicio_fin() {
57         $n = count($this->segmentos) - 1;
58         $this->utm_inicio = (object) array('utm_este' => $this->
segmentos[0]->utm_este, 'utm_norte' => $this->segmentos[0]-
>utm_norte);
59         $this->utm_fin = (object) array('utm_este' => $this->
segmentos[$n]->utm_este, 'utm_norte' => $this->segmentos[$n]-
>utm_norte);
60     }
61
62     public function actualizar_inicio() {
63         $this->utm_inicio = (object) array('utm_este' => $this->
segmentos[0]->utm_este, 'utm_norte' => $this->segmentos[0]-
>utm_norte);
64     }
65
66 }
67
68 ?>

```

```

1  <?php
2
3  require_once 'MySQL.php';
4
5  class Deficiencia extends MySQL {
6
7      public $deficiencia;
8      public $propietario;
9      public $tipo_instalacion;
10     public $longitud;
11     public $segmentos;
12     public $utm_inicio;
13     public $utm_fin;
14     public $inspeccionado = false;
15     public $tmt_padre = null;
16     public $longitud_acumulada = 0;
17
18     public function __construct($alm, $tmt, $propietario,
19 $tipo_instalacion, $longitud) {
20         parent::__construct();
21         $this->alm = $alm;
22         $this->tmt = $tmt;
23         $this->propietario = $propietario;
24         $this->tipo_instalacion = $tipo_instalacion;
25         $this->longitud = $longitud;
26     }
27 }
28
29 ?>

```

## 2.5 Reporte

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3   <head>
4     <meta charset="UTF-8">
5     <title>Algoritmo recursivo - Deficiencias</title>
6     <link href="assets/estilo.css" rel="stylesheet"
type="text/css" />
7     <style>
8       * {
9         font-size: 11px;
10      }
11    </style>
12  </head>
13  <body>
14    <?php
15    require_once './modelo/ELS.php';
16    require_once './modelo/Alimentador.php';
17
18    $alm = $_GET['alm'];
19    $alimentador = new Alimentador($alm);
20    $deficiencias = $alimentador->obtener_deficiencias();
21    $sels = new ELS();
22    $estructuras = $sels->obtener_estructuras();
23    $tipificacion = $sels->obtener_tipificacion();
24    ?>
25    <table class="tabla_alimentador">
26      <thead>
27        <tr>
28          <th rowspan="2">Nro.</th>
29          <th rowspan="2">Deficiencia</th>
30          <th rowspan="2">Tipo instalación</th>
31          <th colspan="3">Código de instalación</th>
32          <th colspan="3">Etiqueta de
instalación</th>
33          <th rowspan="2">Estado</th>
34          <th rowspan="2">Tipificación</th>
35          <th rowspan="2">Descripción de la
deficiencia</th>
36          <th rowspan="2">Observaciones</th>
37        </tr>
38        <tr>
39          <th>Código</th>
40          <th>Ref. 1</th>
41          <th>Ref. 1</th>
42          <th>Etiqueta</th>
43          <th>Etiqueta 1</th>
44          <th>Etiqueta 2</th>
45        </tr>
```

```

46         </thead>
47         <tbody>
48             <?php
49                 $i = 1;
50                 $tipo = array(1 => 'SED', 2 => 'EMT', 3 =>
'TMT');
51                 $estado = array(0 => 'Por subsanar', 1 =>
'Subsanación preventiva', 2 => 'Subsanación definitiva');
52                 foreach ($deficiencias as $def) {
53                     $etiq1 = (isset($estructuras[$def->
codigo])) ? $estructuras[$def->codigo] : "";
54                     $etiq2 = (isset($estructuras[$def->
referencial])) ? $estructuras[$def->referencial] : "";
55                     $etiq3 = (isset($estructuras[$def->
referencia2])) ? $estructuras[$def->referencia2] : "";
56                     ?>
57                     <tr>
58                         <td><?php echo $i; ?></td>
59                         <td><?php echo $def->deficiencia;
?></td>
60                         <td><?php echo $tipo[$def->
tipo_instalacion]; ?></td>
61                         <td><?php echo $def->codigo; ?></td>
62                         <td><?php echo $def->referencial;
?></td>
63                         <td><?php echo $def->referencia2;
?></td>
64                         <td><?php echo $etiq1; ?></td>
65                         <td><?php echo $etiq2; ?></td>
66                         <td><?php echo $etiq3; ?></td>
67                         <td><?php echo $estado[$def->estado];
?></td>
68                         <td><?php echo $def->tipificacion;
?></td>
69                         <td style="text-align: left"><?php echo
$tipificacion[$def->tipificacion]; ?></td>
70                         <td style="text-align: left"><?php echo
$def->observaciones; ?></td>
71                     </tr>
72                     <?php
73                         $i++;
74                 }
75                 ?>
76             </tbody>
77         </table>
78     </body>
79 </html>

```