UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Topográfica

Establecimiento de un Sistema de Información Geográfica para el análisis de estabilidad de torres de transmisión eléctrica del Instituto Costarricense de Electricidad. Aplicación práctica: Línea de transmisión Río Macho –San Isidro del General.

Informe del Trabajo Final de Graduación mediante la modalidad de Práctica Dirigida para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Topográfica

Presentado por:

Yesica Arrieta Barboza

A70651

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Marzo, 2016.

Aprobación del Informe de la Práctica Dirigida

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado en la ciudad de San José el día 01 de marzo del año 2016, por el Tribunal Examinador del Trabajo Final de Graduación de la Escuela de Ingeniería Topográfica de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería Topográfica.

Ing. Juan Picado Salvatierra
Presidente del Tribunal

Ing. Rodrigo Calvo Porras
Director del Trabajo Final de Graduación

Ing. David Aguilar Vargas
Lector del Trabajo Final de Graduación

Arq. Karla Barrantes Chaves
Lectora del Trabajo Final de Graduación

Ing. Ricardo Monge Garro
Profesor de la Escuela de Ingeniería Topográfica

Ing. Yesica M. Arrieta Barboza
Postulante

Dedicatoria

Quiero dedicar el esfuerzo ofrecido en la realización de esta tesis a mis padres Carlos y María, quienes han sido un ejemplo absoluto en mi vida, por su sacrificio y coraje y a mis hermanos por su apoyo incondicional.

A mi esposo, Emmanuel, mi amigo y mi compañero, por ser mi fuente de motivación, por creer en mi capacidad y por sus palabras de aliento para seguir adelante.

Al más especial de todos, a ti mi Dios, porque todos los días me llenas de bendiciones e hiciste posible que este esfuerzo se hiciera realidad.

Agradecimiento

Quiero agradecer a mis compañeros, amigos y todas aquellas personas que de una u otra forma fueron participes en este proceso, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, por su apoyo y confianza.

A todo el personal del departamento de Auscultación de Obras por su colaboración en el desarrollo del presente proyecto y por toda la experiencia compartida.

Al Msc. Rodrigo Calvo, quien fue mi tutor, por servirme de guía, por la oportunidad brindada y por todo su apoyo.

A los profesores el Ing. David Aguilar y Msc. Karla Barrantes por su gran colaboración y paciencia brindada para concretar esta tesis.

Tabla de contenido

Resumen xiii

CAPÍTULO I. 1

Introducción 1

1.1 Introducción al tema 2

1.2 Justificación 3

1.3 El problema y su importancia. 5

1.4 Objetivos 10

1.4.1 Objetivo general 10

1.4.2 Objetivos específicos 10

1.5 Delimitación de problema 12

CAPÍTULO II. 14

Marco teórico 14

2.1 Topografía 15

2.1.1 Tipos de levantamientos topográficos según su finalidad 16

2.2 Geodesia 17

2.3 Cartografía 18

2.4 Estructura de ingeniería 19

2.4.1 Líneas de transmisión 19

2.4.2 Torres de transmisión 20

2.4.3 Subestación eléctrica de potencia 26

2.5 Auscultación 27

2.5.1 Deformaciones 29

2.5.2 Monitoreo de deformaciones en largos periodos de tiempos. 32

2.5.3 Técnicas de medición de deformaciones 33

2.6 Información geográfica 34

2.6.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG) 34

2.6.2 Base de datos geográfica 51

2.7 SharePoint 53

2.8 Instrumentos topográficos 54

2.8.1 Estación total 54

2.8.2 Nivel 55

2.8.3 Escáner láser terrestre 56

2.8.4 Sistema de posicionamiento global (GPS) 58

CAPÍTULO III. 60

Marco Metodológico 60

3.1 Enfoque o tipo de investigación 61

3.2 Sujetos y fuentes de información 62

3.2.1 Sujetos de información 62

3.2.2 Fuentes de información 63

3.3 Métodos de trabajo 64

3.3.1 Analizar los métodos de levantamiento de información utilizados en campo de las torres de transmisión. 64

3.3.2 Analizar la información recolectada y almacenada en las libretas de campo existentes. 66

3.3.3 Estructurar el histórico que recopile el comportamiento de las torres de transmisión. 67

3.3.4 Diseñar un sitio en la implementación informática del ICE para el almacenamiento de la información obtenida en los levantamientos topográficos. 68

3.3.5 Establecer una composición cartográfica que permita analizar la estabilidad de las torres auscultadas. 70

CAPÍTULO IV. 73

Análisis de resultados 73

4.1 Métodos de levantamiento topográfico del control de las torres..... 74

4.2 Análisis de la información recolectada y almacenada en libretas de campo. 85

4.3 Estructurar el histórico que recopile el comportamiento de las torres de transmisión. 87

4.4 Diseño de un sitio en la implementación informática del Instituto Costarricense de Electricidad. 97

4.5 Establecer una composición cartográfica que permita analizar la estabilidad de las torres auscultadas. 114

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones 135

5.1 Conclusiones 135

5.2 Recomendaciones 139

Bibliografía 141

ANEXOS 149

Índice de ilustraciones

Imagen 1. Hoja de cálculo utilizada en procesos anteriores. 8

Imagen 2. Ubicación del área de estudio. 13

Imagen 3. Torre de suspensión. 21

Imagen 4. Tipo de torre según su función en la línea de transmisión. 22

Imagen 5. Partes que componen una torre de transmisión eléctrica. 23

Imagen 6. Capas o estratos de información en un SIG. 27

Imagen 7. El SIG combina información gráfica y alfanumérica para obtener información. 28

Imagen 8. Elementos de un SIG (Yarima, 2015). 40

Imagen 9. Componentes básicos del nivel. 55

Imagen 10. Levantamiento topográfico con láser escáner. 56

Imagen 11. Levantamiento de 360°. 57

Imagen 12. Modelo tridimensional resultante. 58

Imagen 13. Levantamiento de campo por parte de la cuadrilla de trabajo. 65

Imagen 14. Identificación de cada torre. 78

Imagen 15. Método para medir el asentamiento o levantamiento de una torre. 79

Imagen 16. Diferentes posiciones de las estaciones A y B para el control de verticalidad. 80

Imagen 17. Procedimiento para el control de verticalidad. 81

Imagen 18. Movimiento vertical de una torre. 82

Imagen 19. Prueba de medición de la torre con el escáner. 83

Imagen 20. Escaneo de una de las torres. 84

Imagen 21. Datos anotados en una libreta de campo. 86

Imagen 22. Hoja de cálculo que existía anteriormente en la auscultación de las torres. 87

Imagen 23. Hoja de cálculo que existía anteriormente para la nivelación. 88

Imagen 24. Hoja de cálculo que existía anteriormente en la auscultación de las torres. 88

Imagen 25. Hoja de cálculo creada por cada torre. 89

Imagen 26. Hoja de cálculo por cada torre. 90

Imagen 27. Cambios de las lecturas base. 91

Imagen 28. Valores colocados manualmente según era el desplazamiento. 92

Imagen 29. Uso de la función "SI" de Excel para determinar el respectivo desplazamiento. 93

Imagen 30. Signo de los valores según su desplazamiento. 94

Imagen 31. Ingreso de datos a la hoja de cálculo, control de asentamiento. 94

Imagen 32. Ingreso de datos a la hoja de cálculo, control de asentamiento. 95

Imagen 33. Resultados de ambos controles. 96

Imagen 34. Acceso a cada línea de transmisión, portada en el sitio SharePoint. 98

Imagen 35. Acceso a cada torre según el control a realizar. 99

Imagen 36. Creación de columnas en las listas de SharePoint. 100

Imagen 37. Hojas de cálculo completadas con la información almacenada. 103

Imagen 38. Resultados finales del control de asentamiento. 104

Imagen 39. Gráfico que muestra el comportamiento de asentamiento o levantamiento de la torre. 105

Imagen 40. Tabla dinámica que muestra el resultado del desplazamiento lateral. 106

Imagen 41. Hoja que contiene el gráfico del control de verticalidad lateral. 106

Imagen 42. Tabla dinámica que muestra el resultado del desplazamiento frontal. 107

Imagen 43. Hoja que contiene el gráfico del control de verticalidad frontal. 108

Imagen 44. Base de datos en Microsoft Access. 109

Imagen 45. Exportación de tablas en Microsoft Access a listas de SharePoint. 110

Imagen 46. Formulario para el control de asentamiento. 111

Imagen 47. Formulario para el control de verticalidad. 112

Imagen 48. Acceso a los formularios para el ingreso de datos. 113

Imagen 49. Shapefile de las torres. 116

Imagen 50. Columna agregada en la tabla de atributos, que muestra las torres auscultadas y las que no. 116

Imagen 51. Columnas agregadas a la tabla de atributos. 117

Imagen 52. Shapefiles agregados a la base de datos Auscultacion_torres.gdb. 118

Imagen 53. Propiedades para cada entidad utilizada. 119

Imagen 54. Propiedades para la capa CuerpoTorres. 120

Imagen 55. Zonas definidas para la posición de las etiquetas del cuadrante de la torre. 120

Imagen 56. Posición de las etiquetas del cuadrante de la torre. 121

Imagen 57. Utilización de la vista Layout para crear la composición cartográfica. 121

Imagen 58. Cuadro de datos, utilizado en la composición cartográfica. 122

Imagen 59. Selección del valor de la torre que se quiere identificar. 123

Imagen 60. Diferenciar la torre a la que representa el mapa. 124

Imagen 61. Cuadro de datos para localización de la torre. 125

Imagen 62. Cuadro de datos con ampliación de la imagen de la torre. 126

Imagen 63. Unión de la tabla de información de Excel con la tabla de atributos de la capa en SIG. 127

Imagen 64. Columnas semejantes para vincular las tablas de atributos. 128

Imagen 65. Información dada al realizar consultas en el SIG, control de verticalidad. 129

Imagen 66. Información dada al realizar consultas en el SIG, control de asentamiento de la pata D, torre 13. 129

Imagen 67. Gráficos en el Sharepoint vinculados al SIG. 130

Imagen 68. Mapa completo de cada torre. 131

Imagen 69. Cambio de coordenadas de CRTM05 a WGS84. 132

Imagen 70. Línea de transmisión exportada al ArcGIS Online. 133

Índice de Tablas

Tabla 1. Errores y su fuente más común en los SIG. 45

Tabla 2. Torres que son auscultadas en la línea de transmisión Río Macho – San Isidro, coordenadas CRTM05. 75

Tabla 3. Tipo de control realizado en cada torre auscultada. 77

Tabla 4. Nombre, nomenclatura y tipo de columnas creadas para el control de verticalidad. . . . 101

Tabla 5. Nombre, nomenclatura y tipo de columnas creadas para el control de asentamiento/ levantamiento. 102

Índice de abreviaturas

DBMS	Data Base Managment System (Sistema Administrador de Bases de Datos)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SIG	Sistemas de Información Geográfica
UEN	Unidad Estratégica de Negocios
UEN PySA	Unidad Estratégica de Negocios de Proyectos y servicios asociados
UEN - TE	Unidad Estratégica de Negocios de Transporte Eléctrico
WGS84	Sistema Geodésico Mundial

Yesica Arrieta Barboza

Establecimiento de un Sistema de Información Geográfica para el análisis de estabilidad de torres de transmisión eléctrica del Instituto Costarricense de Electricidad. Aplicación práctica: Línea de transmisión Río Macho – San Isidro del General

Práctica Dirigida-Ingeniería Topográfica-San José, C.R.;

Y. Arrieta B., 2016.

Resumen

El presente proyecto surge ante la necesidad de una metodología sistemática de acceso a la información histórica del estado de las torres por parte del Área de Auscultación de Obras del Instituto Costarricense de Electricidad, al darle seguimiento a más de 200 sitios de torres que presentan algún grado de inestabilidad.

La implementación de un Sistema de Información Geográfica (SIG), una herramienta para la representación y análisis espacial se convertiría en un elemento fundamental para disponer en forma oportuna del registro histórico del control de los sitios de torres, lo que permite la toma de decisiones oportunas en caso de requerirse trabajos de remediación.

En dicho contexto, la ejecución de un SIG busca un correcto análisis de la estabilidad de las torres de transmisión eléctrica, un control de calidad y precisión que aseguren el buen funcionamiento de las estructuras y la seguridad de su entorno.

El desarrollo de dicho proyecto implicó en primer lugar el estudio de las metodologías topográficas que se utilizan para la recolección de los datos, un análisis

profundo de la información que se encuentra almacenada y que es el resultado de un largo periodo de mediciones o campañas.

Posteriormente se plantea un modelo para los cálculos a utilizar con los datos crudos, cuyos resultados se almacenan en una base de datos creada en la implementación informática (SharePoint) utilizada por el Instituto Costarricense de Electricidad, la cual alimenta los datos que son utilizados en la herramienta final, un Sistema de Información Geográfica, para que esté presente de forma detallada y gráfica el comportamiento de las estructuras en estudio y con el resultado de que permita consultar sencilla y ágilmente la información. Estos resultados hacen referencia esencialmente a los movimientos de asentamiento o levantamiento y a los desplazamientos verticales que ocurren en cada una de las torres.

Finalmente, el resultado es un instrumento valioso y muy flexible que busca prevenir con suficiente antelación los posibles riesgos y por tanto evitar que una situación futura pueda acarrear daños muy severos y en el mejor de los casos evitar esos daños.

CAPÍTULO I.

Introducción

1.1 Introducción al tema

Para el suministro de los servicios básicos de los cuales necesitan las comunidades, en este caso el abastecimiento de la electricidad, se han construido una serie de estructuras que permiten proporcionarla. El necesario equilibrio entre las necesidades y disponibilidades de electricidad, depende de los condicionamientos relativos al entorno natural y a los de las actividades humanas desarrolladas y por ello se ha buscado la mejor manera de hacer llegar la energía hasta la más pequeña población, con ayuda de las líneas de trasmisión eléctrica.

El hecho de mantener un servicio constante de electricidad hace para el Instituto Costarricense de Electricidad, necesario verificar el estado y comportamiento de esas estructuras y partiendo de esta necesidad, es imprescindible buscar formas y maneras de obtener una eficiencia en la auscultación[1] de estas.

En dicho contexto, la implementación de un Sistema de Información Geográfica, dirigido a la realización de un correcto análisis de la estabilidad de las torres de transmisión eléctrica, busca un control de calidad y precisión que asegure el buen funcionamiento de las estructuras y la seguridad de su entorno.

En este trabajo se presenta el proceso de diseño y construcción que llevaron a la obtención de la herramienta final, el Sistema de Información Geográfica implementado en

---

[1] Se entiende por auscultación de obras (concepto que será ampliado más adelante) como aquella actividad que busca metodologías bien definidas con las cuales se comprueba el adecuado funcionamiento de cualquier obra de ingeniería durante su vida útil, además, establece los mecanismos necesarios para tomar medidas correctivas (Cordero Calderón C. , 1999).

las torres del tramo de la línea de transmisión Río Macho – San Isidro, extrayendo los resultados de todo un periodo de control. Estos resultados hacen referencia esencialmente a los movimientos de asentamiento o levantamiento y a los desplazamientos verticales que ocurren en cada una de las torres, que de acuerdo a las exigencias y tendencias actuales, se logre un adecuado nivel de confiabilidad, haciendo un uso racional y económico de los recursos.

1.2 Justificación

La topografía de proyectos y obras, como lo menciona Julio Manuel de Luis Ruiz en su tesis (2009), ocupa un espacio bien visible en el panorama de la ingeniería, pero es en la diaria explotación de una obra, en el sometimiento a una conservación que garantice su seguridad y eficacia, donde la topografía puede ocupar un lugar privilegiado estableciendo metodologías que permitan detectar las deformaciones inherentes a toda estructura.

Definir con precisión el movimiento o las variaciones que sufren estas estructuras, en este caso las torres de las líneas de transmisión eléctrica, es de suma importancia para el desarrollo exitoso de estudios y proyectos de ingeniería. Un control poco preciso conducirá a resultados erróneos y pronósticos deficientes. Lo cual puede, finalmente, originar fallas graves en las estructuras.

Por ello mediante un modelado y un análisis apropiado de los elementos, puede determinarse un punto óptimo de operación, cumpliendo siempre con los requerimientos de diseño y seguridad de los sistemas obteniendo, además, una mejor estimación de los

valores de las variables de interés para el control de asentamiento y de verticalidad de cada torre.

Ese conjunto de actividades destinadas a conocer el comportamiento real de una obra, durante una determinada época o a lo largo de toda su vida, es lo que el Instituto Costarricense de Electricidad se propone, con el fin de prevenir cualquier eventualidad. La seguridad de una torre no depende sólo de un buen proyecto y correcta ejecución, sino que también es necesario considerar la vigilancia a lo largo de la vida de la misma.

Una auscultación adecuada permite, asimismo cumplir su fin principal de conocer el estado de seguridad de la torre, obtener informaciones que enriquecen el conocimiento sobre el estado propio de cada obra y, a fin de cuentas, afinar las metodologías y los cálculos para lograr una concepción mejor y más segura de las torres futuras.

Es por ello que, con el presente trabajo de graduación, surge la decisión impostergable de planificar e implementar la restructuración de todo un proceso de mantenimiento y las actividades que se ven relacionadas, por ello se realiza un análisis de la metodología utilizada en la auscultación y se brinda una herramienta que haga efectiva esa información recolectada.

Por lo tanto se muestra todo un proceso importante que inicia con ese análisis de las metodologías de levantamiento topográfico y de la información recolectada a través de varios años para el control de las torres, lo cual se encuentra en libretas de campo y en hojas de cálculo, creadas por los encargados de darle control a las torres eléctricas.

Posteriormente, el desarrollo de este proyecto, plantea un modelo para los cálculos utilizados con los datos crudos, cuyos resultados se almacenarán en una base de datos y los cuales alimentarán la herramienta del Sistema de Información Geográfica para que presente de forma detallada y gráfica el comportamiento de estas estructuras, con el resultado de que esto permita consultar de un modo ágil y sencillo esta información y tomar decisiones en el momento preciso.

1.3 El problema y su importancia.

En Costa Rica tan solo dos años después de ser iluminada la ciudad de Nueva York, se inauguró el servicio eléctrico en la ciudad de San José. A partir de la Segunda República en 1949, el país evolucionó hacia un estado social de derecho cuyo primordial objetivo era avalar un adecuado funcionamiento de sus instituciones y una relación libre y solidaria, buscando alcanzar el progreso y el desarrollo.

Dentro de esta perspectiva el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE en adelante), ha desempeñado un papel esencial con respecto a su responsabilidad de solucionar el problema eléctrico, realizando cada vez mayores esfuerzos para aumentar la capacidad de ese servicio con una serie de proyectos que poco a poco se fueron desarrollando, como los proyectos hidroeléctricos, los cuales requieren además de obras suplementarias como las líneas de transmisión y subestaciones para transmitir la energía al centro de carga (Dengo, 1959).

Ante tal panorama y paralelo a la creación del proyecto hidroeléctrico de Cachí en la década de los años 1960, se da la creación del Área de Auscultación de Obras por parte del ICE. Este proyecto involucraba la construcción de una represa de hormigón armado a una altura de más de 80 metros, que es una de las más delgadas de su tipo en el mundo, además por las particularidades geológicas del sitio donde se construyó, se requería de procesos de verificación de desplazamientos y asentamientos de la misma para comprobar su estabilidad.

Es así como a finales de la década de los 60 se crea la Unidad de Control de Obras del ICE, adscrita al Departamento de Estudios Básicos, que tenía como finalidad verificar la seguridad operativa de la represa de Cachi.

Dado que el ICE continua en años posteriores con el desarrollo y construcción de muchos otros proyectos hidroeléctricos, que involucraban la construcción de complicadas obras de infraestructura y que estos tienen que ser sometidos a procesos de control de su estado operativo, la Unidad de Auscultación de obras asumió la labor de monitorear no solo proyectos hidroeléctricos, sino también sus obras complementarias como líneas de transmisión de energía e infraestructura del área de telecomunicaciones del ICE.

En la actualidad el Área de Auscultación de Obras tiene la responsabilidad de verificar el estado de las obras de infraestructura de todos los proyectos de generación geotérmica, eólica, hidroeléctrica, y más específicamente, verificar la estabilidad de las torres de las líneas de transmisión eléctrica.

Según la Unidad Estratégica de Negocios del ICE (2014), esta institución, tiene a su cargo la generación, transmisión y parte de la distribución de la energía eléctrica en Costa Rica. El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) cuenta con una capacidad de placa instalada de 2731 Megawatts (MW), de los cuales 2239 MW pertenecen al ICE (82 %) y el resto a varias empresas eléctricas públicas y privadas. El SEN se compone además por 1487 km de líneas de transmisión de 230 kilovolt (kV) y por 659 km de líneas de 138 kV. Cuenta con 53 subestaciones de alta tensión, con una capacidad instalada de transformación de 3246 MW y con una capacidad reductora de 4196 MW, además de 1690 MW de auto transformación 230/138 kV.

Estas líneas de transmisión, que tienen como fin la conducción de la energía de las plantas generadoras y subestaciones elevadoras hasta las subestaciones reductoras y de distribución, se ubican por toda la geografía del país.

Algunos de los sitios de ubicación de las torres se localizan en sectores con geomorfologías muy dinámicas, expuestas a fallas y deslizamientos, características muy comunes en Costa Rica.

La determinación oportuna de situaciones que puedan comprometer la estabilidad de las mismas, es fundamental para la continuidad del servicio y por lo tanto para el desarrollo económico del país. Para ello, el Área de Auscultación de Obras del ICE le da seguimiento a más de 200 sitios de torres que presentan algún grado de inestabilidad. Sin

embargo no dispone de una metodología sistemática de acceso a la información histórica del estado de estas estructuras.

Actualmente esta unidad mantiene la información en las libretas de campo y en hojas de cálculo, las cuales se han creado por fechas de campañas de medición para cada tramo de línea de transmisión, es decir, se crea una hoja de cálculo cada vez que se hace una medición en una línea de transmisión eléctrica, lo cual abarca varias torres en un solo cálculo.

Estas hojas de cálculo dan el resultado del valor numérico del movimiento vertical de las torres y de su asentamiento, estos valores son dados en un informe al Área de Mantenimiento de Líneas de Transmisión perteneciente a la Unidad Estratégica de Negocios de Transporte de Energía del ICE, lo cual consiste básicamente en una tabla con los resultados finales para cada torre, como se observa en la siguiente imagen.

N° TORRE	DIFERENCIA METRICA	LIBRETA	PTO *	HUNDIMIENTO		
				LECT. BASE 17-06-88	ULTIMA LECT. 15-01-2001	DIF. (m)
N° 75N	-0.025	CO768 PG. 28	A	2838.832	2838.880	0.048
			B	2838.839	2838.887	0.048
	0.043		C	2838.825	2838.878	0.053
			D	2838.831	2838.883	0.052
N° 76N	-0.002	CO768 PG. 27	A	2685.493	2685.499	0.006
	-0.007		B	2685.489	2685.494	0.005
	-0.001		C	2685.483	2685.487	0.004
	-0.001		D	2685.489	2685.494	0.005
N° 79	-0.009	CO768 PG. 26	A	2557.338	2557.344	0.006
	0.000		B	2557.337	2557.341	0.004
	0.030		C	2557.337	2557.343	0.006
	-0.061		D	2557.337	2557.344	0.007
N° 80	-0.011	CO768 PG. 25	A	2505.445	2505.507	0.062
	0.022		B	2505.445	2505.510	0.065
	0.030		C	2505.445	2505.506	0.061
	0.072		D	2505.445	2505.506	0.061

Imagen 1. *Hoja de cálculo utilizada anteriormente (Auscultación de Obras ICE, 2014).*

Por lo tanto, el presente trabajo pretende el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica, lo cual es una herramienta para la representación y análisis espacial, esta se convertiría en el arma fundamental para disponer en forma acertada el registro histórico del control de los sitios de torres, lo que permitiría la eficiencia y la eficacia en la toma de decisiones oportunas en caso de requerirse trabajos de remediación.

El objetivo está enfocado en el desarrollo de una herramienta automatizada de almacenamiento de información y la implementación de un Sistema de Información Geográfica para el suministro y la gestión de datos del estado de las líneas de transmisión, teniendo un sistema de apoyo para el control de las mismas.

Esta herramienta busca prevenir con suficiente antelación los posibles riesgos y por tanto evitar que una situación futura pueda acarrear daños muy severos y en el mejor de los casos evitar esos detrimentos. Además, pretende controlar ciertos parámetros que tengan una influencia importante en el comportamiento y seguridad de las torres, y conocer desde esa base de datos y desde información real, el comportamiento satisfactorio o no de las torres de transmisión eléctrica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Establecer un Sistema de Información Geográfica para el análisis de estabilidad de torres de transmisión eléctrica del Instituto Costarricense de Electricidad. Aplicación práctica: Rio Macho –San Isidro.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar los métodos de levantamiento de información utilizados en campo para determinar los movimientos que sufren las torres de transmisión.

2. Analizar la información recolectada y almacenada en las libretas de campo existentes, para validar los datos que se necesitarán en el desarrollo de un Sistema de Información Geográfico en el control de las torres.

3. Estructurar el histórico que recopile el comportamiento de las torres de transmisión durante el tiempo que estas han sido vigiladas.

4. Diseñar un sitio en la implementación informática del Instituto Costarricense de Electricidad para el almacenamiento de la información obtenida en los levantamientos topográficos que servirá de base de datos para la herramienta SIG.

5. Establecer una composición cartográfica en el SIG que permita analizar la estabilidad de las torres auscultadas.

6. Realizar recomendaciones técnicas y operativas para la utilización del conjunto de estas herramientas desarrolladas, para fortalecer la gestión y el tratamiento de la información.

1.5 Delimitación de problema

La zona de estudio corresponde a la línea de transmisión que se localiza entre la subestación de Río Macho en Cartago hasta la subestación San Isidro, en San Isidro del General *(Imagen 2)*, esta se delimita dentro del área de estudio determinado por las coordenadas planas CRTM05 1080969.3571 N, 517292.007 E y 1035228.4613 N, 535065.1585 E, respectivamente.

Inicia en el Valle Central Oriental hasta el Valle del General constituido geológicamente por materiales de origen volcánico y rocas sedimentarias marinas, formados en la edad Terciaria o Cenozoico. Esta zona donde se ubica la línea de transmisión Río Macho – San Isidro, se caracteriza por un relieve ondulado a accidentado con valles, cerros y lomas y un relieve montañoso con crestas, filas y picos.

El área abarca elevaciones desde aproximadamente 710 – 3310 m.s.n.m., compuesto por suelos litosoles en las partes más altas y suelo laterítico en el Valle del General, el primero se caracteriza, entre otros aspectos, por cierto grado de pedregosidad, lo que depende de la pendiente y la altura a que se forme, puede encontrarse pendientes demasiado inclinadas. Y el segundo tipo de suelo se caracteriza, por ser de clima tropical con suficientes precipitaciones, se trata de material gravoso (arcilloso – arenoso), en general son de color rojo ladrillo, también hay de color café, amarillo y hasta negro.

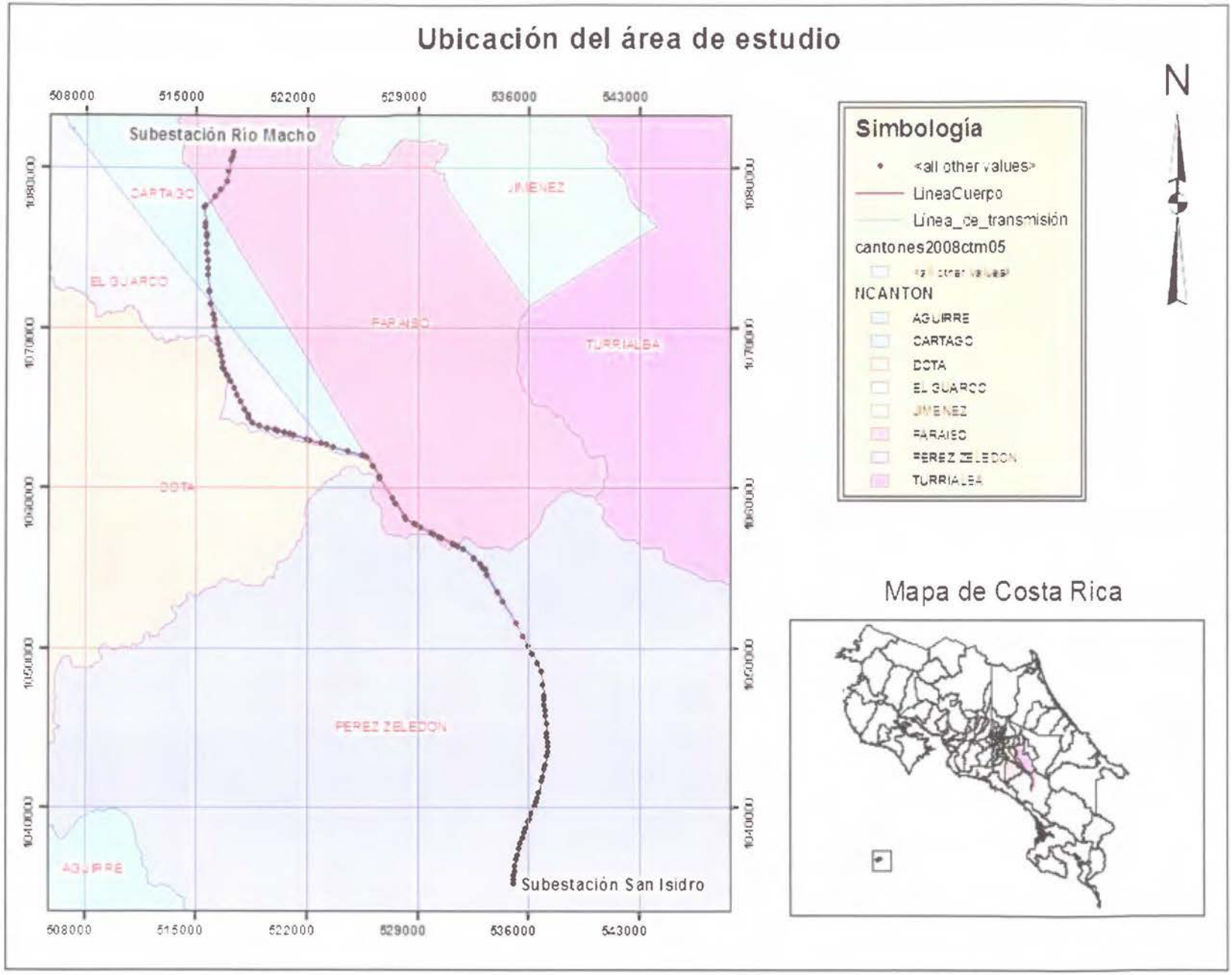


Imagen 2. *Ubicación del área de estudio (Fuente: Elaboración propia).*

CAPÍTULO II.

Marco teórico

El marco de referencia de esta práctica estriba en información teórica relativa a la disciplina de la Ingeniería Topográfica y de una de sus herramientas principales como lo es un Sistema de Información Geográfica; así se contará con teoría sobre: topografía, auscultación, cartografía, geomorfología, Sistemas de Información Geográfica y georreferenciación. Además, se examinan algunos estudios, tesis e informes previos relacionados con el tema que se desarrolla en el presente documento, con el fin de formar una base teórica que permita enfrentar el problema y canalizar adecuadamente los esfuerzos que implican realizarlo.

2.1 Topografía

Según el libro Topografía Básica para ingenieros (1994), la topografía se ocupa del estudio de los métodos para obtener la representación plana de una parte de la superficie terrestre con todos sus detalles.

Fernando García Márquez (2003) define la topografía, como la ciencia que trata de los principios y métodos utilizados para determinar las posiciones relativas de los puntos de la superficie terrestre, mediante medidas y usando los tres elementos del espacio: dos distancias y una elevación, o una distancia, una dirección y una elevación.

Los métodos topográficos solucionan una serie de problemas típicos de topografía, estos métodos responden a una serie de parámetros que se deben de establecer antes de iniciar un levantamiento topográfico de cierta entidad.

2.1.1 Tipos de levantamientos topográficos según su finalidad

Hay diferentes tipos de levantamientos que obedecen tanto a las características propias de los terrenos en los que se realicen así como del propósito de los mismos. Estos se pueden clasificar de la siguiente forma:

2.1.1.1 Levantamientos planimétricos

Estos se refieren a aquellos levantamientos que determinan las coordenadas planas de puntos en el espacio, para ser representados en una superficie plana o en un mapa. Las medidas pueden ser polares (rumbo y distancia) o cartesianas (distancias perpendiculares a ejes cartesianos).

Los métodos de levantamiento comprenden todas las tareas que se realizan para obtener las medidas de ángulos y distancias, calcular las coordenadas y representar a escala los puntos en el plano, con la precisión adecuada.

Los levantamientos planimétricos comprenden métodos como la triangulación, poligonación, radiación e intersección.

2.1.1.2 Levantamientos altimétricos

Este es un tipo de levantamiento topográfico que se refiere a la nivelación, lo cual es un conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal de referencia dada o puede ser imaginaria, la cual es conocida como superficie o plano de comparación.

El principal objetivo de la altimetría es referir una serie de puntos a un mismo plano de comparación, con el fin de concluir con los desniveles entre los puntos observados.

Los instrumentos utilizados para lograr estos fines son básicamente, el nivel y la estadia. Los niveles son instrumentos de fácil manejo y de operación rápida y precisa.

2.2 Geodesia

Según lo menciona Miguel Montes de Oca (1970), en su libro Topografía, los levantamientos geodésicos se dan en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la tierra. Estos son motivo de estudio especial al cual se dedica la Geodesia.

José Francisco Valverde C. (2013), define el concepto de geodesia como la ciencia que trata de la determinación de la forma y el tamaño de la Tierra, y del estudio de su campo gravitacional, valiéndose para ello de "puntos", los cuales definen redes. La geodesia debe determinar coordenadas (X, Y, Z), (f, l, h), (E, N, (H)) del conjunto de puntos que conforman la red, dadas para una época de referencia (to). Estos puntos se refieren a algún marco de referencia, que puede ser global, continental, nacional o local. Comúnmente los sistemas nacionales son oficiales. La red sirve para propósitos como cartografía, apoyo fotogramétrico, levantamientos catastrales, ingeniería, entre otros.

Por otro lado, Manuel Medina Peralta (1975) define la geodesia, como la expresión literal de la "división de la Tierra" y su primer objetivo es el de proporcionar una armazón o *estructura* geométrica precisa para el apoyo de los levantamientos topográficos. Además menciona, que la geodesia, en el sentido más amplio, se define como la ciencia que resuelve los problemas relacionados con la figura y dimensiones de la Tierra y comprende:

- La medida exacta de una llamada base de varios kilómetros de longitud.
- La determinación de la latitud y longitud de uno de los extremos de la base, así como el azimut astronómico del mismo.
- La ampliación de la base por medio de una triangulación.
- El cálculo de esta triangulación hasta llegar a las coordenadas geográficas de sus vértices.

2.3 Cartografía

Antoni Pérez Navarro (2011) define la cartografía, en el libro Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y Geotelemática, como la representación espacial de los fenómenos geográficos. Esta forma parte del conjunto de ciencias y técnicas que se integran dentro de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Es el arte y como se mencionó, la ciencia y la técnica del diseño, producción y utilización de representaciones que transmiten información espacial mediante un sistema geométrico de símbolos gráficos.

2.4 Estructura de ingeniería

Según Yuan-Yu Hsieh (1970), una estructura de ingeniería se compone de uno o más elementos resistentes dispuestos de tal manera que tanto la estructura total como sus componentes sean capaces de mantenerse sin cambios apreciables en su geometría durante la carga y la descarga.

Según el libro Monitoreo y Control Topográfico de Obras (2012), *"una estructura es el conjunto de elementos resistentes, convenientemente vinculados entre sí, que accionan y reaccionan bajo los efectos de las cargas"*. En general, los criterios básicos de diseño de una estructura son los de funcionalidad y racionalidad.

El diseño de una estructura envuelve muchas consideraciones, entre las cuales hay dos objetivos principales que deben siempre lograrse:

1. La estructura debe cumplir los requisitos de funcionalidad.

2. La estructura debe soportar las cargas en condiciones seguras.

2.4.1 Líneas de transmisión

Para la Agencia Federal de Aviación de los Estados Unidos de América (1965), la energía electromagnética puede transmitirse desde el punto de generación al punto de recepción por medio de su paso libre a través del espacio o puede guiarse a su destino por medio de conductores que confinan la energía a un determinado espacio y paso. Los

conductores que guían la energía hacia el punto donde será usada, se les llaman "líneas de transmisión"

Según menciona Leonel Aguilar Ramírez (2005), las líneas de transmisión de energía eléctrica en alto voltaje son las vías primarias para el transporte de la energía desde los centros de generación hasta las subestaciones desde donde inicia lo que se conoce como distribución de potencia a medio voltaje (redes de distribución eléctrica).

2.4.2 Torres de transmisión

En la tesis *Diseño de torres de transmisión eléctrica* de Alma N. Hernández R. y Fabián Morales Padilla (2005), se define la torre como *"un sistema estructural que se idealiza como un conjunto de barras o elementos finitos de sección constante y material elástico homogéneo e isótropo, nodos y apoyos o fronteras, o sea las barras están conectadas por nodos y se apoyan en diferentes tipos de fronteras"*.

Las torres que sostienen las líneas de transmisión, por medio de unos botones de porcelana o silicón que evitan que la electricidad brinque a las torres, están construidas de acero puro para soportar la temperatura del ambiente así como las diferentes condiciones meteorológicas que se presentan.

Existen diferentes tipos de torres, de acuerdo a la función que desempeñan en la línea de transmisión:

- Torres de suspensión *(Imagen 3)*, las cuales no soportan más peso que el de su propio conductor (cables, cadenas de aisladores y herrajes), además del viento transversal; siendo las tensiones longitudinales iguales a cero. Este tipo de torres son usadas para llevar el conductor de un sitio a otro, tomando en cuenta que sea una línea recta, que no se encuentren cruces de líneas u obstáculos.

Imagen 3. *Torre de suspensión* (Serrano Durán, 2011).

- Torres de deflexión *(Imagen 4)*, la cuales se colocan en los puntos de inflexión a lo largo de la trayectoria.

- Torres de remate *(Imagen 4)*, estas se colocan al inicio y al final de la línea de transmisión. Se colocan también en tangentes largas.

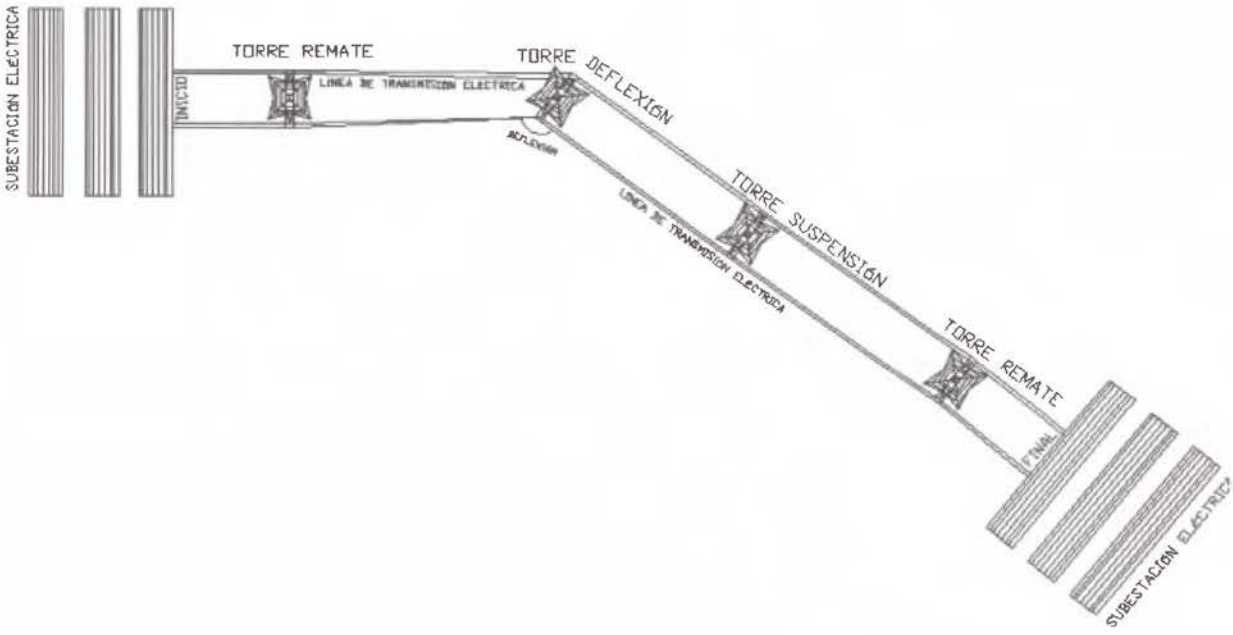


Imagen 4. *Tipo de torre según su función en la línea de transmisión* (Hernández Rosas & Morales Padilla, 2005).

Las torres se componen de *(Imagen 5)*:

- Hilo guarda.
- Aisladores, herrajes y cables.
- Crucetas.
- Cuerpo recto.
- Cuerpo piramidal.
- Cerramientos.
- Extensiones (patas).
- Stub.

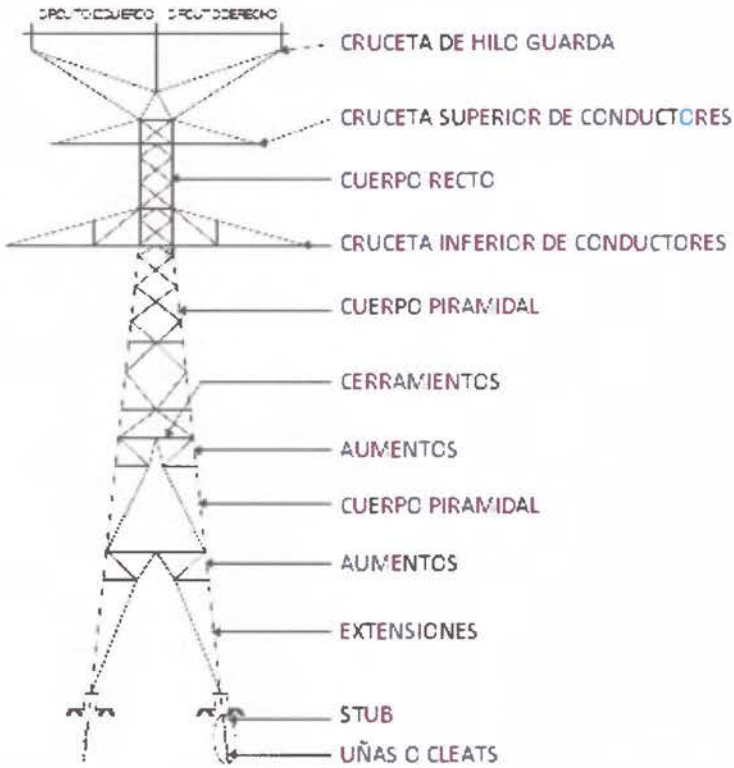


Imagen 5. *Partes que componen una torre de transmisión eléctrica* (Hernández Rosas & Morales Padilla, 2005)

2.4.2.1 Cargas y factores que afectan las torres

La construcción de una torre requiere de un trabajo con un grado de seguridad elevado, ya que en este proceso se deben tomar en cuenta las cargas y los factores que la afectan, para el análisis y diseño óptimo. Sin embargo a través de los años esta torre se va a ver más afectada y es por ello que se deben realizar los análisis continuos de cada una.

A continuación se enumeran esas cargas y factores naturales que perjudican a las torres (Hernández Rosas & Morales Padilla, 2005):

Cargas debidas a la masa propia de los componentes de la línea

Este tipo de carga varía de una estructura de soporte a otra, debido a la diferencia de la altura de la misma y al peso de los conductores. El peso de estos últimos se refiere al peso por unidad de longitud que es prácticamente constante y el claro de peso el cual varía según el espaciamiento y elevación de la estructura y la tensión del conductor. Las cargas de masa propia son las siguientes:

- PE es la carga vertical debida a la masa de la torre.
- PA es la carga vertical debida a la masa de las cadenas de aisladores, herrajes y accesorios.
- PC es la carga vertical debido a la masa de los cables conductores y el cable guarda.

Cargas debidas a eventos climáticos

Son debidas a la acción del viento y la temperatura, las cuales se pueden tratar de manera probabilística cuando se cuente con registros confiables que abarquen un número adecuado de años.

- **Viento:** por su localización geográfica y su forma, las líneas de transmisión de energía eléctrica son muy sensibles ante los efectos de ráfagas de viento. Por lo tanto los efectos a tener en cuenta en el análisis de la estructura de soporte y cables sometidos a la acción del viento son los siguientes:

a) **Empujes dinámicos en la dirección del viento:** estos empujes, son fuerzas dinámicas paralelas al flujo principal de energía, causadas por la turbulencia del viento y cuya oscilación en el tiempo media de manera importante en la respuesta estructural de la torre.

b) **Vibraciones transversales al flujo:** la presencia de postes de transmisión cilíndricos o prismáticos, cables conductores e hilos de guarda dentro del flujo del viento, genera el desprendimiento de vértices alternantes que a la vez provocan sobre los mismos cuerpos, fuerza y vibraciones transversales a la dirección del flujo.

c) **Vibraciones a alta frecuencia:** estas se presentan principalmente en los cables de transmisión, lo que en ocasiones provoca fatiga en los apoyos de los mismos. Esto se traduce por un lado, en una fuerza adicional de arrastre en la dirección del movimiento del fluido eléctrico y por otro, los vértices alternantes inducen sobre el cuerpo fuerzas transversales periódicas, susceptibles de generar una amplificación excesiva de la respuesta dinámica.

d) **Inestabilidad aerodinámica:** esta es una respuesta causada por los efectos combinados de la geometría de la estructura y los distintos ángulos de incidencia del viento, como lo es el fenómeno del galopeo. Este último es una inestabilidad aerodinámica que se presenta en los cables cuando el flujo del viento incide

ortogonalmente a la línea. El galopeo se asocia generalmente, con condiciones climáticas como baja temperatura y alta humedad.

Cargas debidas a maniobras de tendido durante la construcción

Como en el caso de los trabajos de tendido y tensado de los conductores y de los cables guarda, donde se pueden provocar excedentes en las tensiones por incrementos momentáneos de tensión cuando los cables llegan a las poleas o si las máquinas para tendido llegan a comportarse erróneamente.

Cargas por mantenimiento

Las magnitudes de estas cargas se pueden establecer para proporcionar un margen de seguridad adecuado durante las operaciones de mantenimiento y son:

- PVM cargas verticales debidas al personal y su equipo respectivo, aplicadas en las combinaciones de carga de tendido.
- PM cargas verticales debidas al mantenimiento.

2.4.3 Subestación eléctrica de potencia

Una subestación, está formada básicamente por varios circuitos eléctricos o posiciones, conectadas a través de un sistema de barras conductoras. Se encarga de dirigir y transformar el flujo de la energía eléctrica.

Para ello, los niveles de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de tensión. Esto se hace considerando que para un determinado nivel de potencia a transmitir, al elevar la tensión se reduce la corriente que circulará, reduciéndose las pérdidas por efecto Joule. Con este fin se colocan las subestaciones, en las cuales dichas transformaciones se realizan por medio de transformadores, o bien autotransformadores.

Las subestaciones eléctricas se clasifican en subestaciones de centrales eléctricas, subestaciones receptoras primarias y subestaciones receptoras secundarias. Esta forma parte de una red eléctrica.

2.5 Auscultación

Según Lídia Farrarons (2009), en su informe "Estudio y análisis del trabajo de auscultación de un nuevo modelo de estación total automática", la auscultación trata de conseguir información sobre la obra y su comportamiento sin afectarla. Con esta información se pueden tomar decisiones razonadas para resolver un problema, por lo que se tiene que transmitir en un espacio breve de tiempo para facilitar el proceso de decisión y si se procede intervenir de forma rápida.

La finalidad de la auscultación es comprobar que los elementos estructurales constituidos se están comportando de acuerdo a los cálculos de los mismos y verificar que la afectación de la obra por el entorno se mantiene dentro de los límites

previstos. La auscultación lleva a un desarrollo tecnológico de la ingeniería, conduciendo a mejoras tecnológicas que permiten realizar diseños más ajustados a las necesidades reales y por lo tanto significan ahorros económicos en la construcción. Los diseños ajustados requieren de una mejor auscultación para comprobar su comportamiento a largo plazo y esos ahorros económicos proporcionan los fondos necesarios para la auscultación.

Al recorrer este círculo repetidas veces llevará a una mejora de todos los elementos que lo integran. En caso contrario, negar la auscultación puede llevar a un estancamiento de la ingeniería y a gastos innecesarios. Por lo que invertir en la auscultación es altamente recomendable.

En el caso de las tareas de auscultación o control de movimientos, tiene menor importancia el hecho de no poder conocer el valor exacto de la medida. En este tipo de trabajos, lo realmente interesante es poder tener con la máxima precisión posible el valor de la diferencia entre medidas consecutivas del mismo punto.

Como así mismo lo menciona John Dunnicliff (s.f.), los ingenieros tienen la obligación de construir estructuras seguras y la supervisión del rendimiento durante la vida de una estructura, usando las observaciones y la instrumentación adecuada, puede ser la manera conveniente para garantizar la seguridad de esta a largo plazo, previendo accidentes.

La instrumentación para el control de una obra puede incrementar los costos, sin embargo, el valor agregado de seguridad y para evitar el fracaso, harán el costo del programa de instrumentación, un costo efectivo que dará un resultado directo.

2.5.1 Deformaciones

Una estructura convencional está caracterizada por constituir un conjunto elástico que se deforma frente a una solicitación exterior o interior, transfiriendo al conjunto una carga tensorial que se debe mantener bajo unos valores previamente establecidos. La tensión y la deformación están relacionadas y analizando las conductas deformacionales, se pueden establecer conclusiones definitivas, teniendo bajo control la resistencia del conjunto, permitiendo tomar las medidas preventivas necesarias para corregir las hipotéticas anomalías que se detecten en el control. Según Richard A. Flinn (1973), los factores que causan deformaciones pueden clasificarse en:

- Cargas aplicadas que producen deformaciones de dos tipos, elásticas o inelásticas, teniendo en cuenta si se recupera la posición final o no.
- Cambios de temperatura, que producen expansión o contracción de los materiales que conforman la estructura.
- Cambios en la humedad del ambiente que produzcan hinchazón o contracción de los materiales.
- Acciones químicas producidas por la humedad y agentes contaminantes que pueden cambiar el volumen.

Conociendo estas causas se puede realizar una clasificación de los movimientos que pueden afectar al conjunto:

- Movimientos puntuales: producidos por desastres naturales, como terremoto, que pueden llevar al colapso de la estructura o por el contrario pueden producir el acomodamiento del edificio a la nueva situación.
- Movimientos cíclicos: producidos por los cambios de temperatura y humedad del ambiente, dan lugar a deformaciones elásticas recuperándose la posición inicial al completar el ciclo.
- Movimientos de tendencia progresiva: debido a problemas estructurales o combinación de factores que se van acumulando a lo largo del tiempo y con los causantes de la inestabilidad de la construcción, como el efecto de fatiga con el paso del tiempo. Este tipo de movimientos, entraña el concepto de velocidad de desplazamiento. Este concepto, es fundamental a la hora de diagnosticar la evolución de la estructura.

Debido a las características específicas de las construcciones y además a causa de la influencia de los factores naturales y *antropogénicos* los elementos de estas estructuras en general o individualmente presentan diferentes tipos de deformaciones (Castenedo Navarro, 2009).

El suelo bajo la presión del peso de la construcción, con el transcurso del tiempo va presentando asentamiento. Además de la presión propia de la masa de la construcción el

asentamiento puede ser producido por otras causas: a la geología del lugar, debido a causas dinámicas (Vibración, trabajos de excavación cercanos y al paso de transporte pesado) o fenómenos sísmicos.

Se presentan casos cuando el asentamiento del suelo bajo los fundamentos de la edificación no es uniforme, por consiguiente el asentamiento adquiere un carácter heterogéneo. Esto conlleva a cierto tipo de deformaciones tales como desplazamiento, inclinación, rotación, o inclinación y rotación simultáneamente, lo que de forma externa se puede ver en forma de grietas o derrumbes.

El desplazamiento de una edificación es el cambio de posición del objeto en el plano horizontal, esto puede ser causado también por presiones laterales (agua, viento y otros). Para edificaciones verticales es muy común la presencia de inclinación o curvatura y su rotación, fenómeno que por lo general es causado por la excentricidad de su forma, causada en su proceso de construcción, por un calentamiento heterogéneo de toda su superficie o la presión del viento.

El estado de una construcción se valora de acuerdo a las magnitudes de las deformaciones, observadas en determinado intervalo de tiempo para ciertos puntos fijados estratégicamente en la estructura, puntos que caracterizan en su mayor parte la forma geométrica del objeto. De tal forma el tipo y proceso de la deformación pueden ser descritos por medio de una función de cambio de la posición espacial de los puntos

escogidos para un intervalo de tiempo referido a un origen asumido tanto para la posición como el tiempo.

El procedimiento general para monitoreo de deformación de estructuras y cimentaciones (Castenedo Navarro, 2009), está directamente relacionado con la medición espacial de desplazamiento de los objetos topográficos a monitorear desde puntos de una red externa, los cuales tienen una posición fija y definida.

Tanto métodos terrestres como satelitales se usan para la medición de desplazamientos geoespaciales. Cuando los puntos de referencia estén localizados en la estructura, solo se puede determinar una deformación relativa. La detección de deformaciones o desplazamientos absolutos son posibles si los puntos de referencia son localizados por fuera de la estructura, y fuera del área que pueda ser afectada por las estructuras.

Se deben realizar observaciones periódicas tanto para los elementos que producen información relativa como para aquellos que brindan información absoluta. Los asentamientos de deformaciones permanentes requieren información de tipo absoluto.

2.5.2 Monitoreo de deformaciones en largos periodos de tiempos.

Según el tipo y condición de la estructura, los sistemas de monitoreo deben medir tanto movimientos de larga duración como deformaciones de corta duración. Las primeras son las más comunes y más complicadas debido a su naturaleza externa (Vila Ortega, Jiménez Cleves, & Garzón Barrero, 2012).

Para realizar un monitoreo a lo largo de un periodo de tiempo para un movimiento de una estructura, se necesita de observaciones desde puntos de una red de referencia externa hasta puntos situados sobre la misma estructura. Estos puntos de la red de referencia externa se deben realizar sobre un terreno estable, además deben de tener visión entre ellos.

Esta red también debe ser monitoreada con intervalos de tiempo menos frecuentes, de manera que se asegure que dichos puntos no hayan sufrido desplazamientos. Para ello las técnicas e instrumentos utilizados son los tradicionales en topografía, que permitan instituir y monitorear los puntos de la red de referencia.

2.5.3 Técnicas de medición de deformaciones.

El procedimiento usual para monitoreo de deformación de estructuras y cimentaciones, está directamente relacionado con la medición espacial de desplazamiento de los objetos topográficos a monitorear desde puntos que pertenecen a una red externa, los cuales tienen una posición fija y definida.

Cuando los puntos de referencia se encuentran en la estructura, solo se puede determinar una deformación relativa. Por el contrario, la detección de deformaciones o desplazamientos absolutos son posibles si los puntos se encuentran fuera de la estructura y mejor aún, si se encuentran fuera del área que pueda ser afectada cerca de la estructura.

Se deben realizar observaciones periódicas, tanto para los elementos que producen información relativa como para los que originan información absoluta. Los asentamientos de deformaciones permanentes requieren información de tipo absoluto.

2.6 Información geográfica

Información geográfica, definida por el libro Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y Geotelemática (2011), como la información sobre un elemento situado en la superficie de la Tierra, es el conocimiento sobre "dónde" hay algo o "qué hay" en un determinado lugar.

2.6.1 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

La primera reseña al vocablo SIG fue realizada por Tomlinson en 1967, descrita a "una aplicación informática cuyo objetivo es desarrollar un conjunto de tareas con información geográfica digitalizada" (Peña LLopis).

Según menciona Josep Vila y Diego Varga (s.f.) ,una de las definiciones más aceptadas sobre un Sistema de Información Geográfica, es la que da el Centro Nacional de Información Geográfica y Análisis en Estados Unidos (*National Center for Geographic Information and Analysis),* que considera un SIG como un sistema compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar,

modelar y representar datos georeferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación.

Pues bien, un SIG es un "sistema de información diseñado para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográfica. En un SIG se almacena información cartográfica (por lo que es posible conocer la localización exacta de cada elemento en el espacio y con respecto a otros elementos en el espacio) e información alfanumérica (datos de las características o atributos de cada elemento geográfico). Este hecho, el trabajar con información espacial, es lo que diferencia básicamente a los SIG de otros sistemas de información" (Gutiérrez Puebla & Gould, 2000).

Entre las principales características diferenciales de un SIG, se pueden destacar las siguientes:

- Se trata de un sistema de representación que permite visualizar entidades gráficas (puntos, líneas, símbolos, imágenes, etc) referenciadas mediante coordenadas.
- Dispone de una base de datos adjunta fácilmente manejable.
- La organización de la base de datos hace posible el análisis de las relaciones espaciales entre los datos almacenados.
- Dispone de un sistema de acceso a la base de datos que permite realizar consultas y simulaciones.
- Dispone de un sistema de generación de cartografía automática a partir de consultas y simulaciones.

- Dispone de un sistema de generación de información alfanumérica a partir de consultas y simulaciones.
- Dispone de un lenguaje de programación que permite la implementación de nuevas aplicaciones para dar respuesta a nuevas necesidades de los usuarios.
- Dispone de un sistema de importación y exportación de datos gráficos y alfanuméricos.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de la información espacial. El sistema permite separar la información en varias capas temáticas, es decir, en distintas capas o estratos de información de la zona que se desea estudiar *(ver imagen 6)* y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, da tal manera, a la vez, facilita al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, lo que concede a estos sistemas unas sorprendentes capacidades de análisis.

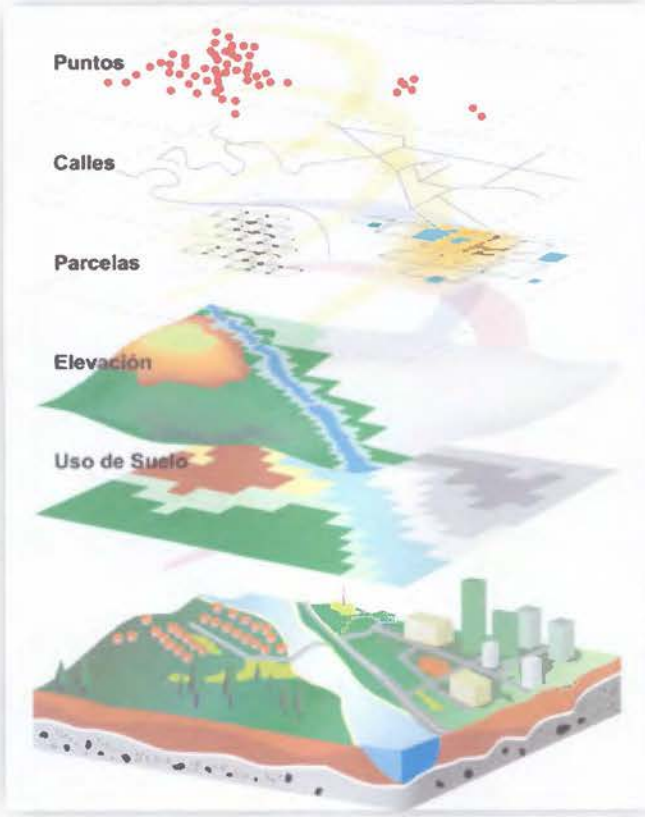


Imagen 6. *Capas o estratos de información en un SIG* (Yarima, 2015).

Javier Domínguez Bravo (2000), define un sistema de información geográfica como aquel método o técnica de tratamiento de la información geográfica que nos permite combinar eficazmente información básica para obtener información derivada. Para ello, se cuenta tanto con las fuentes de información como un conjunto de herramientas informáticas (hardware y software) que facilitan la tarea; todo ello enmarcado dentro de un proyecto que habrá sido definido por un conjunto de personas y controlado, así mismo, por los técnicos responsables de su implantación y desarrollo.

En definitiva, un SIG es una herramienta capaz de combinar información gráfica (mapas, etc) y alfanumérica (estadísticas) para obtener información derivada sobre el espacio *(ver Imagen 7)*.

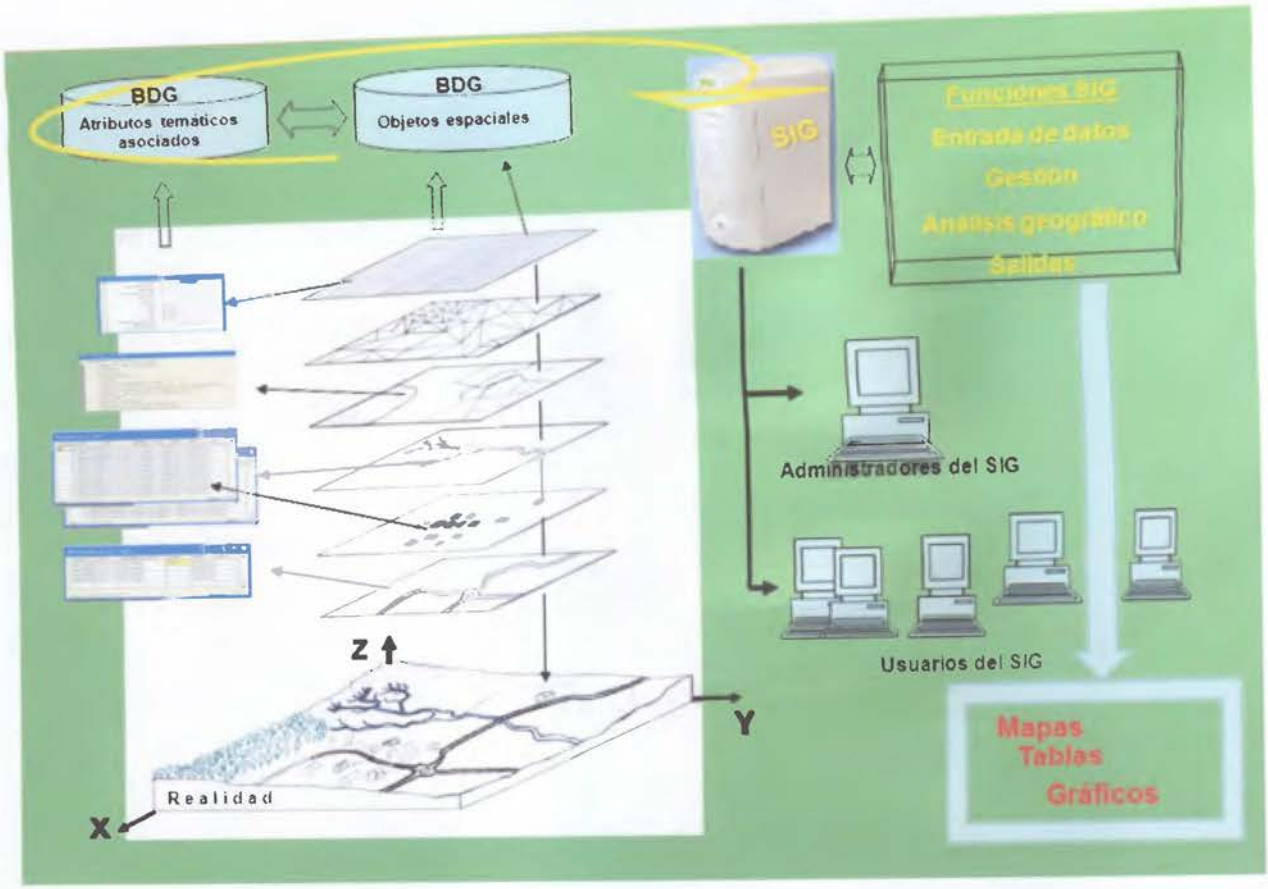


Imagen 7. *El SIG combina información gráfica y alfanumérica para obtener información* (Ávila, 2011).

Para Burrough y McDonnell (1988) un SIG es un sistema (normalmente asistido por ordenador cuando se utiliza este término) de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

2.6.1.1 Componentes de un Sistema de Información Geográfica

Un sistema de información geográfica no es solo un conjunto de programas informáticos instalados en los equipos adecuados. Para que estas tecnologías funcionen como un sistema de geoprocesamiento es necesario también contar con los datos, el personal especializado y las aplicaciones, pero sobre todo que exista un cierto equilibrio entre estos *(ver Imagen 8)*.

- Usuarios: Sin los especialistas para manipular el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo, las tecnologías SIG son limitadas. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se diverge y se maneja erróneamente, además, el hardware y el software no se operan en todo su potencial.

- Métodos: para que un Sistema de Información Geográfica tenga una ejecución exitosa debe fundarse en un buen diseño y en reglas de acción detalladas, que son los modelos y las prácticas operantes exclusivas en cada organización.

- Datos: la mayoría de la cartografía digital actual proviene de cartografía tradicional que se ha digitalizado en tableta o escaneado y después vectorizado. El componente más importante para un SIG es la información.

Se requieren de buenos datos de soporte para que el SIG pueda solventar los problemas y contestar a las preguntas de la forma más enfocada posible.

- Hardware: los SIG funcionan en un amplio rango de tipos de ordenadores desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales.

- Software: cada programa de SIG es un conjunto de algoritmos para acceder, analizar y sintetizar datos espaciales y sus atributos asociados.

Imagen 8. *Elementos de un SIG* (Yarima, 2015).

Como se observa anteriormente, según Josep Vila y Diego Varga (2008), los SIG utilizan los datos geográficos como fuente principal para su funcionamiento. Un dato geográfico se refiere a un dato que ocupa un espacio cartográfico y que este generalmente tiene una localización específica, de acuerdo a un sistema geográfico de referencia. Estos datos espaciales son complementados por las características descriptivas (atributos) de los rasgos. En este sentido, cabe destacar que los datos geográficos se caracterizan por disponer de tres grandes tipos de componentes:

La componente espacial. Uno de los primeros factores fundamentales, es la *localización*, es decir, la posición de los objetos en el espacio definida a partir de un sistema de coordenadas. El segundo factor fundamental son las relaciones espaciales, entre las que se distinguen las relaciones topológicas y las relaciones geométricas. Las primeras, tienen un marcado carácter cualitativo y se refieren por ejemplo, a la proximidad física entre los elementos representados. En cambio, las geométricas son cuantitativas y se calculan a partir de las coordenadas de los objetos, como es el caso de la superficie ocupada por elementos representados.

- ***La componente temática.*** La tipología de los objetos representados no presenta una variación estrictamente aleatoria, sino que existe un cierto grado de regularidad en su variedad espacial y temporal. De lo cual se ha determinado un principio esencial vinculado a los valores temáticos, conocido como autocorrelación espacial, la cual se refiere a que los objetos más cercanos entre sí tienden a tener valores temáticos más parecidos. Se conocen

también como atributos de los objetos con los que representamos el mundo real. Los atributos se expresan como variables, que pueden ser:

- Continuas: es decir, que admiten cualquier valor en un rango.
- Discretas: son aquellas que sólo admiten valores en números enteros.
- Fundamentales: se obtienen directamente del proceso de medición. Por ejemplo, población.
- Derivadas: son el producto de alguna operación aritmética al relacionar dos o más variables fundamentales. Por ejemplo, densidad de la población.

- ***La componente temporal.*** La distribución de los valores temáticos varía a lo largo del tiempo, de acuerdo con un patrón no aleatorio, sino regido por algunos principios, entre los que cabe destacar la autocorrelación temporal. Este supone la necesidad de almacenar y tratar grandes volúmenes de datos, ya que cada estrato, capa o nivel de información se debe almacenar tantas veces como momentos temporales se consideren para el análisis del área de estudio.

2.6.1.2 La calidad de los datos geográficos

Los datos geográficos sujetan siempre algún tipo de error, alusivo a alguna de sus tres componentes: espacial, temática o temporal. El error puede ser considerado como la desviación entre un valor medido y un valor real. En esta línea, el termino exactitud se refiere a la proximidad de una observación a su valor real (Gutiérrez Puebla & Gould, 2000). La fijación de unos ciertos niveles de calidad está en función de las necesidades reales del estudio que se realice.

A. ***Componentes en la calidad de los datos.*** En esta se pueden diferenciar los siguientes componentes (Gutiérrez Puebla & Gould, 2000):

- *Exactitud posicional.* Se refiere a la exactitud en la localización de los elementos sobre el mapa en relación con la posición que realmente ocupan en el espacio. En algunas instituciones se han fijado unos estándares para controlar los errores relacionados con la exactitud posicional de manera que el usuario conozca hasta qué punto es exacta la localización de los puntos de un mapa.

- *Exactitud temática.* Esta variable se refiere a la exactitud de los valores de los atributos.

- *Consistencia lógica.* Esta describe a las relaciones descritas en la estructuras de datos. En general se trata de errores que pueden ser detectados cuando

el sistema genera topología. No solo debe haber consistencia lógica dentro de cada capa sino también entre las distintas capas.

- *Temporalidad.* En general, la información debe ser lo más actualizada posible y toda ella estar referida al mismo tiempo. Pero se hace un poco difícil, ya que con frecuencia se utilizan fuentes que son actualizadas cada cierto periodo de tiempo o se recogen de distintas fuentes, con la consecuencia de que son incongruentes entre ellas.

- *Integridad.* Durante la creación de la base de datos debe tomarse en cuenta ciertos criterios para que esta sea coherente y homogénea, ejemplo, como que elementos deben ser seleccionados, qué dimensiones deben ser incluidas, en cuantas clases se divide una variable nominal, entre otros.

B. ***Tipos de errores.*** Los errores son consustanciales a los datos. No es posible encontrar ni un mapa analógico ni una base de datos espacial sin errores. La cuestión no es eliminar el error, sino ser capaces de controlarlo (Gutiérrez Puebla & Gould, 2000). Dentro de esos errores se encuentran los siguientes con su respectiva fuente (ver tabla 1).

Tabla 1
Errores y su fuente más común en los SIG.

Etapas	Fuentes de error
Recopilación de datos	- Errores en la recogida de información en el trabajo de campo. - Errores en los mapas existentes utilizados como fuentes de información. - Errores en el análisis de los datos de las imágenes de satélite.
Captura de datos	- Inexactitudes en la digitalización causadas por el operador o los equipos. - Inexactitudes inherentes a os elementos geográficos (límites imprecisos de la realidad)
Almacenamiento	- Insuficiente precisión numérica - Insuficiente precisión espacial
Manipulación	- Intervalos de clase inapropiados - Errores en las líneas de frontera - Propagación de errores por múltiples superposiciones de mapas
Salidas cartográficas	- Inexactitudes en las escalas - Errores causados por la inexactitud del dispositivo gráfico de salida - Errores causados por la deformación del material cartográfico.
Uso de los resultados	- La información puede ser incorrectamente entendida. - La información puede ser utilizada en forma inapropiada.

Nota: Fuente: Gutiérrez Puebla, J., y Gould, M. (2000). La naturaleza de los datos geográficos. SIG: Sistemas de Información Geográfica (pp. 72).

2.6.1.3 Ventajas de la aplicación de los SIG

Según menciona José Pablo Cantillano Alvarado en su tesis (2002) y Javier Domingo Bravo (2000), las ventajas de aplicar un sistema de información geográfica estriban en:

a. Este trata de un sistema de almacenamiento y visualización de la realidad geográfica, es un sistema eficaz e interactivo que trabaja con información exacta, centralizada y actualizada, esta última porque el sistema permite la posterior incorporación de información que pueda complementar y enriquecer constantemente la base de datos original.
b. Permite analizar cantidades de datos excesivas para el manejo manual. No solo permite trabajar con gran cantidad de información sino que también permite almacenarlos física y completamente. Los datos se almacenan y son representados de forma independiente.
c. Admite diferenciar entre cambios cuantitativos y cualitativos, aportando una gran cantidad de cálculo.
d. Consigue brindar resultados de mejor calidad que los obtenidos manualmente. Los datos pueden ser analizados al mismo tiempo e incluso repetidamente y de forma ágil, racional y clara para el usuario.
e. Permite gestionar un gran volumen de información a diferentes escalas y proyecciones.
f. Integra espacialmente datos tabulares y geográficos junto a cálculos sobre variables (topología).

g. Es relativamente económico si se selecciona correctamente el sistema y sus aplicaciones. Según dice la OEA, típicamente la mayor limitante no es la falta de fondos sino la falta de personal capacitado.

h. Admite facilitar la toma de decisiones y mejorar la coordinación entre organismos donde la eficiencia es de vital importancia.

Es claro que la utilización de los Sistemas de Información Geográfica conceden gran cantidad de ventajas y por tanto este tipo de herramienta se vuelve imprescindible para quienes trabajan con datos e información geográfica y es completamente versátil, con un amplio campo de aplicación en cualquier actividad que se componga por un componente espacial. La mayor utilidad de un SIG está relacionada con la capacidad que este sistema posee para construir modelos o caracterizaciones del mundo real desde las bases de datos digitales, lo cual la convierte en una herramienta poderosa para realizar los diferentes análisis de información, de posibles fenómenos o catástrofes, entre otros. Lo cual es indispensable en la toma de decisiones cuando se trata de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

2.6.1.4 Aplicaciones

Los Sistemas de Información Geográfica se han convertido en herramientas multipropósito,

a. **Medio ambiente y recursos naturales.** de hecho, "el primer SIG fue creado en Canadá para realizar inventarios forestales. Esta es una aplicación característica en la que el SIG supone una ayuda para la conservación y explotación del bosque" (Gutiérrez Puebla & Gould, 2000). Además, se utiliza para el almacenamiento y análisis de la información espacial referida a los usos de suelo, la cual es una variable bastante dinámica, lo que conlleva un proceso constante, donde se determinan los cambios en los usos y se clasifican en función de la calidad del paisaje.

b. **Catastro.** En muchos países se ha fortalecido la idea de realizar una base de datos de todos los bienes inmuebles (rurales y urbanos) por medio de un SIG, que contenga la información territorial al mayor grado de resolución sobre el territorio. Esto abarca información espacial (localización, límites, superficie) e información temática (cultivos o aprovechamientos, calidades, valores) sobre las parcelas, las cuales deben ser actualizadas constantemente. "Un sistema de información catastral es una herramienta para la toma de decisiones en los ámbitos legal, administrativo y económico, y una ayuda para la planificación y el desarrollo (Dale, 1991)" (Gutiérrez Puebla & Gould, 2000).

c. **Transporte.** En este campo los SIG se utilizan como inventarios de redes de carreteras, ferrocarriles, trazado de infraestructuras lineales como el tendido eléctrico. Se utiliza como evaluador del impacto que las actuaciones previstas en un plan de infraestructuras de transporte puede producir sobre la accesibilidad.

d. **Redes de infraestructura básica.** Como las redes eléctricas, telefónicas, de distribución de agua, alcantarillado, entre otras; donde las compañías que brindan

estos servicios tienen la necesidad de disponer de cartografía muy precisa y de bases de datos con las características de los elementos de la red.

e. **Planificación urbana.** Utilizada principalmente en los municipios donde se almacena y gestiona información relativa al planeamiento, propiedad de los bienes inmuebles y los impuestos que sobre ellos recaen, las infraestructuras, entre otros. Además para la revisión de los planes generales de urbanismo, como instrumento para la elección de zonas aptas para diferentes usos.

f. **Protección civil: riesgos, desastres, catástrofes.** Los SIG, como lo menciona Jonnathan Reyes Chaves en su tesis (2012), actualmente forman una herramienta eficaz para la prevención de riesgos de muy distintos tipos, facilitando la toma de decisiones en caso de desastres. Con la ayuda de este instrumento se pueden llevar a cabo situaciones como la determinación de la distribución exacta de los focos y zonas de riesgo, así como los elementos que se verían más afectados en caso de desastre o catástrofe, lo que permitiría además, orientar los procesos de desarrollo de los diferentes proyectos.

Aunque, en todas las disciplinas anteriores se utilizan los SIG, para resolver contrariedades distintas, todas estas realizan y ejecutan tareas comunes, tales como (Peña LLopis, s.f.):

- Organización de datos: almacenar datos con el fin de sustituir una mapoteca analógica por una mapoteca digital, posee ventajas como: reducción en el espacio físico, fin de deterioro de los productos en papel,

rápida recuperación de los datos, producción de copias sin pérdida de calidad, entre otros.

- Visualización de datos: posibilidad de seleccionar los niveles de información deseados; permite acoplar los mapas temáticos elegidos despuntando cualquier producto en papel. La capacidad de análisis del ojo humano, a pesar de estar subestimada, es esencial en un estudio que implica información espacial.
- Producción de mapas: en general los SIG poseen herramientas completas para la producción de mapas, siendo bastantes simples la introducción de rejillas de coordenadas, escala gráfica y numérica, leyenda, flecha norte y textos diversos.
- Consulta espacial: una de las funciones más importantes de un SIG, es la posibilidad de preguntar cuáles son las propiedades de un determinado objeto o en qué lugares tienen tales propiedades. Por lo tanto la interacción entre el usuario y los datos se convierte en dinámica y enormemente poderosa.
- Análisis espacial: consiste en el uso de un conjunto de técnicas de combinación entre los niveles de información (capas), con el fin de evidenciar patrones o establecer relaciones dentro de los datos que quedaban anteriormente ocultos al analista. En un modo de inferir resultados a partir del cruce de datos.

- Previsión: una de las intenciones de los SIG es la verificación de diferentes escenarios, modificando los parámetros para evaluar cómo ocurrirían los eventos, si las condiciones fueran diferentes, obteniendo así un mejor conocimiento de los objetos o el área en estudio.
- Creación de modelos: la capacidad de almacenamiento, recuperación y análisis de datos espaciales convierte a los SIG en plataformas ideales para el desarrollo y aplicación de modelos distribuidos espacialmente y para la validación de escenarios hipotéticos.

2.6.2 Base de datos geográfica

Se puede definir una base de datos como un cuerpo de datos relacionados que son almacenados de forma estructurada. La particularidad de un SIG es que está constituida por una base de datos geográfica. Esta se refiere, a la colección de datos acerca de objetos localizados en una determinada área de interés en la superficie de la tierra, organizados en una forma tal que puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones. Corresponde a un Sistema Administrador de Bases de datos o Data Base Management System (DBMS) que maneja información existente en un determinado espacio o sistema de referencia (Jiménez Cordero, 2014). Es esencial el establecimiento de este sistema de referencia para definir la localización y relación entre objetos, ya que los datos tratados en este tipo de bases tienen un valor relativo, no un valor absoluto.

La eficiencia de esta, consiste en los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras, la relación entre estas se obtiene mediante el campo clave que contiene el número identificador de los elementos, el cual aparece tanto en los atributos gráficos como en los no gráficos. De estos, los atributos gráficos geográficos son organizados por temas o capas de información, llamadas también niveles o coberturas. Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos. Los elementos simplemente son agrupados por lo que ellos representan.

2.6.2.1 Ventajas de una de DBMS

Mientras mayor sea el volumen de información con el que se debe trabajar más difícil resulta el mantenimiento de la misma. Esta necesidad de compartir esa información ha provocado que la red crezca y por lo tanto el mantenimiento de la integridad de los datos deja fuera de lugar a los archivos convencionales y da paso a los manejadores de bases de datos.

Y es esta una de las propiedades más importantes de los SIG, la base de datos geográfica, la cual almacena y organiza una colección de datos, permitiendo la reducción en una posible redundancia de los datos.

Además, la base de datos almacena los datos de una forma segura y eficiente, manteniendo fielmente la calidad y la integridad de estos. Igualmente, una base de datos

permite únicamente la visualización de la información que el usuario solicite, permitiendo con ello, consultas y análisis complejos por medio de un lenguaje sencillo.

2.7 SharePoint

Este término colectivamente puede hacer referencia a una serie de productos que van desde la plataforma base a diversos servicios, se trata de una implementación informática que se adopta en diferentes empresas y negocios. Conecta personas, equipos y conocimiento entre procesos de negocios. Unifica información heterogénea, facilita una colaboración en documentos, proyectos y otras tareas y presenta aplicaciones específicas y contenido personalizado tomando como base el grupo funcional del usuario y su función en la organización.

En este sistema se pueden encontrar dos formas diferentes de repositorios, que son las bibliotecas de documentos y las carpetas estándar, su diferencia consiste en que las bibliotecas pueden contener archivos y carpetas, al mismo tiempo pueden darse permisos para realizar ciertas acciones sobre estas, contrario de las carpetas, a las cuales no se les puede asignar permisos de acceso.

2.8 Instrumentos topográficos

Todo levantamiento topográfico está integrado por dos etapas bien diferenciadas, el trabajo de campo y el trabajo de gabinete. El primero consiste en la realización de todas las mediciones necesarias sobre el terreno y la segunda, es en la que se realizan los cálculos necesarios. Para esa primera etapa es en la que se requieren los instrumentos topográficos, con las cuales se realizan las mediciones.

2.8.1 Estación total

Según Antonio M. González Cabezas (2008), la estación total consiste en un taquímetro electrónico integrado que permite obtener mediciones angulares y de distancia con solo una puntería, los cuales aparecen simultáneamente en una misma pantalla y ambas se operan desde esta. Este instrumento permite en una única operación, el tratamiento planimétrico y altimétrico.

Actualmente todas las estaciones totales electrónicas cuentan con un distanciómetro óptico electrónico y un medidor electrónico de ángulos, de tal manera que se pueden leer los códigos de barras de las escalas de los círculos horizontal y vertical, desplegándose en forma digital los valores de los ángulos y distancias.

El instrumento realiza la medición del ángulo a partir de marcas efectuadas en discos transparentes (prismas). Las lecturas de distancias se realizan a través de una onda electromagnética la cual contiene distintas frecuencias que rebotan en un prisma, el cual se encuentra sobre un punto que se desea medir y regresa; es en este punto en el que

instrumento toma el desfase entre las ondas. La precisión de las medidas angulares está en el orden de las milésimas en cuanto a los grados y de milímetros en las distancias.

Las estaciones totales cuentan con un programa integrado que permite llevar a cabo la mayoría de las tareas topográficas en forma sencilla, rápida y óptima.

2.8.2 Nivel

El principio básico de la nivelación óptica consiste en crear una visual a través del telescopio que sea perpendicular a la dirección de la gravedad en un punto. En las rutinas de la nivelación es necesario el cálculo de las diferencias verticales o desniveles entre puntos.

Los niveles difieren entre sí en apariencia, de acuerdo a la precisión requerida y a los fabricantes del instrumento. A continuación se muestran los componentes básicos de un nivel.

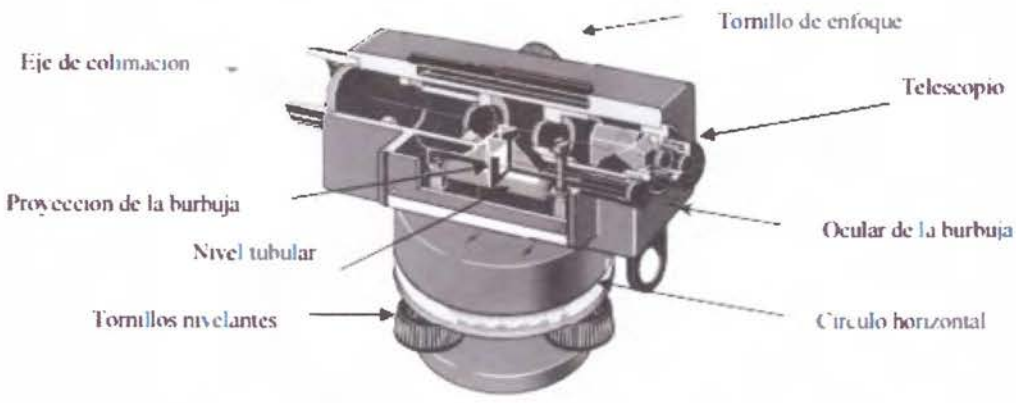


Imagen 9. *Componentes básicos del nivel* (García Martín, Rosique Campoy, & Segado Vázquez, 1994)

2.8.3 Escáner láser terrestre

El láser escáner terrestre *(ver Imagen 10)* es un instrumento de adquisición de datos masivos, que reporta una nube de puntos generada tridimensionalmente, mide, esencialmente, coordenadas polares (ángulos y distancias) y almacena las coordenadas rectangulares (x, y, z).

Imagen 10. *Levantamiento topográfico con láser escáner* (Contreras Echebarria, 2014).

Según menciona Ainara Contreras Echebarria en su tesis, *"un equipo escáner consta de dos componentes básicos: de un dispositivo de medida de distancias y de un mecanismo de barrido, que es un sistema motorizado de espejos que desvía el láser en las direcciones vertical y horizontal"*. La mayoría de escáneres actuales pueden escanear 360° *(ver Imagen 11)* totalmente, sin embargo esto es necesario porque se puede definir el área a escanear.

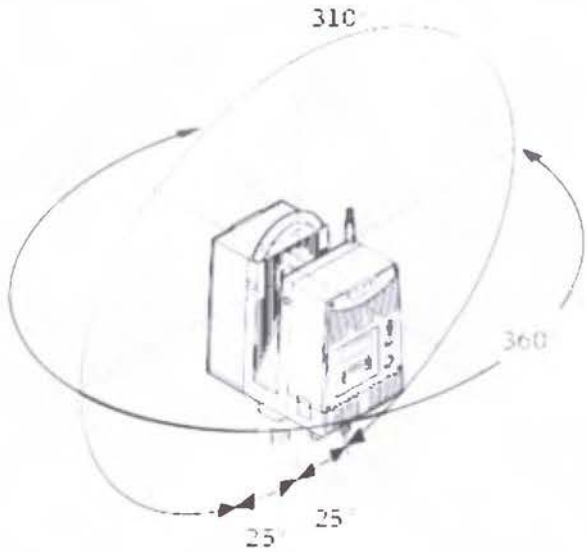


Imagen 11. *Levantamiento de 360°* (Santana Quintero, y otros, 2008)

El láser escáner se puede utilizar un levantamiento topográfico de alta definición, el cual permite una captura de información rápida, detallada y precisa de una superficie o volumen. El láser escáner realiza un barrido de la superficie captando miles de puntos por segundo y obteniendo una nube de puntos 3D compuesta por cientos de miles de mediciones individuales en un sistema de coordenadas (x,y,z) que componen un modelo tridimensional de los objetos registrados.

Otra aplicación usual del láser escáner, según Ainara Contreras Echebarria, es en los corredores para líneas eléctricas y subestaciones eléctricas. Con la tecnología láser se pueden registrar y discriminar los objetos de interés aplicando pseudocolores a los mismos, tanto con detalles del terreno como con detalles de la vía, árboles y torres eléctricas.

La información obtenida es posteriormente procesada mediante un software para generar el modelo tridimensional del objeto escaneado *(ver Imagen 12)*, proceso al que se le denomina, reconstrucción.

Imagen 12. *Modelo tridimensional resultante* (Geosystems, s.f.).

2.8.4 Sistema de posicionamiento global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global es un sistema de navegación por satélite, diseñado para proveer cobertura de navegación y posicionamiento mundial en forma continua y precisa. Su metodología se basa en la determinación de la posición de puntos sobre la superficie terrestre, apoyándose en la información radioeléctrica enviada por satélites.

Al calcular la posición de un punto por métodos de posicionamiento GPS, se debe tener en cuenta que estas se hacen con respecto al sistema de referencia WGS84 y que

deben hacerse las observaciones y transformaciones oportunas, lo que permitirá obtener los resultados en el sistema de coordenadas deseado.

Este tipo de herramienta es utilizado constantemente en el control de diferentes obras de ingeniería, tal es el caso de las líneas de transmisión eléctrica, como se observa en la tesis de Sabino Mansueto Chillcce (2010), quien realiza una aplicación del sistema GPS en líneas de transmisión eléctrica para obtener las coordenadas geográficas y UTM precisas de los puntos medidos para realizar la topografía de la línea de transmisión de alta tensión.

CAPÍTULO III.

Marco Metodológico

En este apartado se detallará el tipo de investigación que se desarrolla, los sujetos y las fuentes que se utilizaron, además se describirán todos los pasos y métodos empleados para llevar a cabo el presente trabajo y poder así obtener la herramienta final.

3.1 Enfoque o tipo de investigación

Este capítulo se fundamenta en una serie de pasos y en la metodología en general, aplicando conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Topográfica, que permitan desarrollar uno a uno los objetivos para obtener como resultado la herramienta final, la cual trata de la aplicación del sistema de información geográfica sobre las torres pertenecientes a las líneas de transmisión, de manera que se logre de forma eficaz y alífera la determinación del estado de las torres para tomar las decisiones necesarias al respecto en caso de ser preciso.

El presente trabajo es de tipo cuantitativo, debido a las variables a utilizar en cada objetivo, además porque esta "pone una posición global positivista, hipotética deductiva, objetiva, particularista y orientada a los resultados" (Barrantes Echavarría, 1999, p.70), que igualmente utiliza una metodología razonada, con técnicas de medición y razonamiento como lo menciona este mismo autor.

La finalidad de este trabajo es desarrollar una investigación aplicada, ya que se desea dar una solución al problema planteado, de manera que se logre cambiar las condiciones en caso de que los resultados sean negativos o de lo contrario que sea una

herramienta de alerta en el momento que se presenten deformaciones o movimientos verticales u horizontales en la estructura a controlar. Este estudio se realizará a través del tiempo, durante diferentes ocasiones para observar el comportamiento de las torres de transmisión y esta información se reflejará en la herramenta final, que es el SIG, donde se almacenan los datos de las diferentes campañas realizadas.

3.2 Sujetos y fuentes de información

En la presente sección se toman en consideración todas aquellas personas físicas o corporativas que colaboraron brindando información para la realización de la presente práctica. Así como las fuentes de información materiales que también sirvieron como antecedente o fundamento para esta misma.

3.2.1 Sujetos de información

Como sujetos de información se cuenta con el personal del Área de Estudios Básicos, principalmente del personal del Departamento de Auscultación de Obras encargados del control de las obras tales como las torres de transmisión, tanto del personal que trabaja en oficina como de las cuadrillas de trabajo en campo. Además se cuenta con la ayuda del personal del Departamento de Líneas de Transmisión de la UEN-TE.

3.2.2 Fuentes de información

Las fuentes de información para la presente investigación, se obtuvieron mediante una investigación teórica de la literatura afín a la metodología adecuada para el control o auscultación de estructuras.

Con respecto a la parte técnica de la investigación, se cuenta principalmente de los informes realizados sobre controles de las torres de transmisión o de otras estructuras como represas, que puedan servir de referencia, los cuales se estudiaron y analizaron a fondo. Además se tomaron en cuenta todos aquellos archivos, expedientes y libretas de campo que contengan la información que se ha recolectado *in situ* de los levantamientos topográficos y de las nivelaciones realizadas de las estructuras estudiadas.

El compendio de la información contenida en las libretas de campo, se toma como medida de referencia para comparar la medida más reciente, resulta imprescindible para establecer el comportamiento de las torres de transmisión y crear con esto una base de datos de manera digital, que permita establecer los cambios ocurridos y observar en un momento dado ese comportamiento a través del tiempo.

Además, se encuentra la etapa de campo, en la cual se recopiló información importante para al análisis de las metodologías utilizadas para el control de las estructuras en estudio.

3.3 Métodos de trabajo

La metodología empleada en el presente trabajo consiste en los siguientes pasos:

- Realizar un análisis de los métodos de levantamiento de información utilizados en campo.
- Realizar un análisis de la información que es almacenada en libretas y que servirá para la creación del Sistema de Información Geográfica.
- Estructurar toda la información que se ha almacenado a través del tiempo y que será digitalizada en el nuevo sistema.
- Diseñar un sitio de implementación informática el cual permita almacenar la vincular la información con el SIG creado.
- Crear el SIG necesario para tratar la información, el cual permitirá analizar la estabilidad de las torres.

3.3.1 Analizar los métodos de levantamiento de información utilizados en campo de las torres de transmisión.

Para cumplir con este objetivo se realizó una gira al campo para observar la metodología que utiliza la cuadrilla de trabajo al realizar la medición de cada torre, medición que es realizada aproximadamente cada tres o cuatro meses en cada tramo de línea de transmisión eléctrica, la cual ha sido solicitada previamente por el jefe de mantenimiento que existe por regiones del país y que pertenece a la UEN-TE, esto porque existen torres más vulnerables que otras, las cuales se encuentran expuestas a cargas externas que causan deformación y filtración por agentes como la lluvia, el viento, la geología del lugar, entre otros.

Para analizar cada método utilizado en la medición de las torres se observó a la cuadrilla o grupo de trabajo encargado de esto, mientras realizaban las medidas correspondientes a la torre *(ver imagen 13)*, se analizó cada paso realizado por ellos y se les realizaron algunas preguntas sobre los métodos utilizados, lo cual se detallará más adelante.

Imagen 13. *Levantamiento de campo por parte de la cuadrilla de trabajo (Fuente: Elaboración propia).*

Para el levantamiento en el campo se utilizan instrumentos de medición como estación total, la cual es utilizada para calcular los posibles movimientos verticales que tiene la torre. Además, se utiliza un nivel óptico para medir o determinar los movimientos de asentamiento o levantamiento que una torre pueda sufrir.

Según se observó, los encargados del departamento de Auscultación del ICE, al establecer el procedimiento de control, las mediciones y la frecuencia de los controles, deben tomar en cuenta la cantidad y tipo de sitios a medir, la complejidad de las mediciones, los instrumentos a utilizar y el personal disponible, considerando, además, los accesos existentes a las torres, el clima y demás factores que se puedan presentar en los diferentes sitios donde se encuentran las torres de transmisión.

3.3.2 Analizar la información recolectada y almacenada en las libretas de campo existentes.

La información que es recolectada en el campo, cuando son medidas las torres, es anotada por la cuadrilla de trabajo en una libreta topográfica, como se mencionó anteriormente, la cual se va almacenando en una biblioteca en la oficina de Auscultación, separadas de acuerdo a la línea de transmisión a la que pertenezca.

El análisis de la información almacenada en las libretas consistió en observar con qué continuidad se han realizado las mediciones a través del tiempo, qué datos son recolectados en campo y cómo son utilizados.

Como la información se encuentra en libretas fue necesario revisar una a una de ellas, regresando en el tiempo para determinar cuál medida es la base de comparación con los demás resultados, para lograr la determinación de posibles deformaciones. En total se analizaron 15 libretas desde el año 1993 hasta el 2013.

3.3.3 Estructurar el histórico que recopile el comportamiento de las torres de transmisión.

La mayoría de los datos referentes al control de las torres que se encuentran en las libretas, han sido digitados en hojas de cálculo por parte del encargado del control de las torres. Este organizaba las hojas de cálculo por campaña de medición, es decir, por fecha, cada vez que se medía toda una línea de transmisión se creaba una hoja de cálculo y en esta hoja se encuentran los datos de todas las torres en un tiempo determinado.

Por lo tanto al desarrollar este proyecto y para estructurar un histórico de toda la información recolectada desde que se da el inicio del control de las torres, se realizó un análisis comparativo de la información contenida en las libretas de campo con la información que se encuentra en esas hojas de cálculo.

En este objetivo se consideró cuál es la mejor forma de almacenar la información, de manera que no haya algún problema al momento de utilizar la información y que al hacerlo, resulte de manera sencilla y ágil, por ejemplo, al realizar los gráficos para cada torre.

En este estudio se toman en cuenta todas las fechas de las campañas de medición de las torres para que exista un orden secuencial de la información, lo cual refleje la situación real de las torres a través del tiempo. Por lo tanto, se determinó que se debe crear una hoja de cálculo para cada torre y no por fecha de medición.

Las hojas de cálculo existentes tenían la información de los dos tipos de control realizados y sus correspondientes resultados, por lo que en este proceso de formar un histórico de la información, se analizó cada fórmula utilizada y los elementos que conforman a cada una de estas.

Para el histórico se digitan uno a uno los resultados que se han obtenido a través del tiempo con las diferentes campañas realizadas, se incorporan las fórmulas establecidas para cada control y se realiza la comparación con la medida base, la cual fue seleccionada al realizar el análisis de las libretas existentes. Proceso en el cual se tardó mucho tiempo, ya que se debió estructurar las hojas de cálculo para las 22 torres correspondientes de la Línea de Transmisión Río Macho – San Isidro con toda la información que se ha almacenado.

3.3.4 Diseñar un sitio en la implementación informática del ICE para el almacenamiento de la información obtenida en los levantamientos topográficos.

El presente trabajo se desarrolla beneficiándose de la implementación informática que ya posee el ICE, el SharePoint y trabajando como se desarrollan actualmente casi el cien por ciento de los proyectos: digitalmente.

La implementación informática SharePoint, es utilizada por el ICE, para conectar a los trabajadores y a grupos de trabajo dentro de la institución, de manera que estos

puedan compartir documentos y los diferentes proyectos que realizan. Con esta plataforma se pretende crear una biblioteca de documentos, en la cual se pueden almacenar diferentes archivos y carpetas con la información del control de torres y con acceso únicamente a las personas que corresponde.

El primer paso realizado, es crear una biblioteca digital, exclusivamente para las líneas de transmisión auscultadas, para el cual se plasma una portada, realizando una introducción a la auscultación de las líneas y mostrando las diferentes líneas de transmisión eléctrica que existen en el país, dando a la vez, un acceso a la información de cada línea de transmisión. Para el caso concreto de la presente práctica, únicamente se desarrolla la línea de Río Macho – San Isidro.

Posteriormente se crea un sitio para cada línea de transmisión y con ello se da paso, también, al control de cada torre. En esta etapa se toma en cuenta cuál es la mejor forma de trabajar con la información de las auscultaciones para ir desarrollando adecuada y ordenadamente la biblioteca digital, tomando en consideración que a futuro se ampliará para las demás líneas de transmisión y que con el pasar del tiempo se tendrán grandes volúmenes de información.

Además, se debió contemplar y examinar la forma en la que se puede entrelazar la información en los diferentes programas que se planeó utilizar, para obtener diferentes resultados, como en el caso de los gráficos, cuál sería el programa que puede generar un gráfico, el cual parte de una gran serie de datos pero que además debe ser accesado desde cualquier lugar que sea necesario.

Por ello se revalida la utilización de SharePoint en conjunto con las tablas dinámicas de Excel, las cuales permiten agrupar o resumir datos de diferentes maneras para obtener la información que se desee.

3.3.5 Establecer una composición cartográfica que permita analizar la estabilidad de las torres auscultadas.

La idea de establecer un Sistema de Información Geográfica, es que este permita analizar y gestionar de manera rápida y sencilla el estado de cada torre, disponiendo en cualquier momento, de los datos cartográficos y alfanuméricos de las líneas de transmisión.

Para poder iniciar con esta etapa, fue necesario coordinar una reunión con el jefe de la UEN- Transporte, Cristian Valerio Mena y algunos integrantes de su unidad; ya que era necesaria cierta información como las coordenadas de cada torre y verificar la numeración de las torres auscultadas. En dicha reunión se aprovechó también para informar a este departamento sobre el presente proyecto, el cual puede ser útil para ellos también.

Gracias a dicha reunión y a la disposición e interés del departamento de la UEN-TE, este mismo facilitó imágenes LIDAR[2] de la línea de transmisión en estudio, para obtener las coordenadas de cada torre y con ello se da inicio al procesamiento de datos, además se utilizaron ortofotos 1:5000 referenciadas con la proyección CRTM05 y algunos insumos como *shapefiles*[3].

Además para la creación de la base de datos geográficos se coordinó una reunión con el señor Melvin Lizano del departamento de Sistemas de Información Geográfica del ICE, el cual brindó un documento llamado Estándar para la creación de los nombres de conjuntos de datos, las clases de entidad y tablas contenidas en las Geodatabases de ArcGIS y manifestó una serie de normas que se deben seguir (explicadas también en dicho documento) en este tipo de proyectos para que todas las geodatabases de la institución se encuentren en regla, ordenadas y puedan ser utilizadas por los diferentes departamentos de la institución de ser necesario.

La geodatabase se compone de una serie de clases de entidades, los cuales permitirán dar forma a la composición cartográfica que se desea construir. Además, se utilizan insumos como shapefiles, los cuales se contienen en carpetas de archivos para lo cual es necesario hacer uso de AutoCAD de manera que se puedan crear esos formatos

---

[2] *"El LIDAR (de light detection and ranging) es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz de láser para obtener una muestra densa de la superficie de la tierra produciendo mediciones exactas de x, y y z"* (ArcGIS, 2013).

[3] Formato de archivo vectorial sencillo que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas. Se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (ESRI, 2015).

sencillos y que estarán representados por puntos, líneas o polígonos como es el caso del cuerpo de la torre.

Conforme se desarrolla la presente etapa es importante determinar cómo se trabajará la información de las torres de cada control realizado, de manera que se pueda representar la información precisa tanto en la herramienta SIG como en los reportes que se emiten a otros departamentos.

CAPÍTULO IV.

Análisis de resultados

En esencia, el objetivo de este capítulo es normalizar toda la información obtenida en todas las etapas que se llevaron a cabo para establecer la aplicación del nuevo Sistema de Información Geográfica en las líneas de transmisión eléctrica, específicamente en Río Macho – San Isidro.

4.1 Métodos de levantamiento topográfico del control de las torres.

Como se menciona en la metodología, no son todas las torres pertenecientes a una línea de transmisión las que son auscultadas y es el departamento de UEN - Transporte, el que solicita la auscultación de las torres que se encuentran más expuestas a daños los cuales pueden surgir a lo largo de la vida de la estructura, en la tabla #2 se pueden observar esas torres a las que se les lleva un control consecutivo de la línea de trasmisión Río Macho – San Isidro (230 kV) con sus respectivas coordenadas.

La topografía como tal, abarca un conjunto de técnicas que generalmente se pueden considerar sencillas, pero esto no impide que se deben realizar o aplicar con el máximo rigor. Tal es el caso de los métodos que se utilizan en la medición para el control de las torres de transmisión eléctrica, como se observó en la visita a una de ellas, tanto la nivelación como el levantamiento planimétrico (ángulos y distancias), se podrían suponer como métodos muy sencillos, sin embargo, los encargados o la cuadrilla de trabajo que se encarga de estos levantamientos, trabaja con la mayor precisión posible mientras aplican los métodos, puesto que el resultado incide en el buen control que se le pueda realizar a una infraestructura.

Tabla 2

Torres que son auscultadas en la línea de transmisión Río Macho – San Isidro, coordenadas CRTM05.

N° de torre	Longitud (m)	Latitud (m)	Elevación (m.s.n.m)
13	515606,604	1075927,95	2100
14	515619,613	1075720,82	2125
15	515656,078	1075238,22	2134
17	515688,897	1074205,19	2256
21	515771,463	1072335,89	2653
22	515777,087	1072226,35	2680
75	531901,55	1056148,26	2867
76	532571,52	1055616,18	2710
79	532932,744	1055225,32	2582
80	533154,95	1054994,03	2534
81	533265,551	1054879,12	2498
82	533404,066	1054623,83	2486
83	533995,324	1053516,8	2316
84	534336,923	1052927,93	2071
86	535171,547	1051567,07	1932
88	535623,475	1050761,21	1774
91	536583,849	1049062,6	1396
97	537025,954	1046146,58	1151
103	537201,614	1043868,25	1110
106	537042,38	1042745,27	993,4
111	536529,243	1040622,04	932,1
117	535826,087	1038724,99	849,4

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, aunque se procure realizar un trabajo muy rigoroso, existen situaciones que pueden disminuir la calidad de los resultados finales, como por ejemplo que el monumento de centro de la torre se encuentre en mal estado, ya que con el pasar del tiempo se ha desestabilizado.

Así mismo, las estaciones A y B donde se posiciona el equipo, la estación total, para realizar el control de verticalidad, se posicionan a una distancia máxima de 200 metros desde la torre, por lo que estas dos estaciones pueden verse afectadas por los mismos movimientos o condiciones por las que se ven perturbadas las torres, lo que podría no reflejar la veracidad de los resultados del movimiento de la estructura.

El control vertical, tanto frontal como lateral, se realiza a partir de las mediciones que se efectúan a la torre desde las estaciones A y B, sin embargo, en ocasiones no se cuenta con la estación B como se mencionaba en el capítulo anterior, por motivos de conflictos con los dueños de las fincas en las que se debía colocar esta estación, lo que no permite el control total que se realiza con la mayoría de las torres. Y en algunos casos únicamente se puede realizar la nivelación para el control de asentamiento (ver tabla 3), ya que la torre se encuentra en un sitio muy complicado, de pendientes altas, de suelos muy inestables u otros inconvenientes, por lo que no se pueden colocar ninguna de las dos estaciones (A y B).

Tabla 3

Tipo de control realizado en cada torre auscultada.

N° de torre	Control de verticalidad		Control de asentamiento
	Lateral (A)	Frontal (B)	
13	√	√	√
14	√	√	√
15			√
17	√	√	√
21	√		√
22	√	√	√
75			√
76	√	√	√
79	√	√	√
80	√	√	√
81	√	√	√
82	√	√	√
83	√	√	√
84	√	√	√
86	√	√	√
88	√	√	√
91	√	√	√
97	√	√	√
103	√	√	√
106	√	√	√
111	√	√	√
117	√	√	√

Fuente: Elaboración propia.

Los métodos de levantamiento de información que son utilizados por las cuadrillas de trabajo, las cuales visitan las torres de transmisión para su debido control, como se observó en la visita al campo, son principalmente la nivelación para el control de asentamiento o levantamiento y un método para control de verticalidad de la torre.

Para observar el asentamiento de las torres, de las cuales, cada una se encuentra identificada con nombre y número correspondiente (ver imagen 15), se nivela con instrumento (nivel óptico) en el primer cuerpo de la torre, este instrumento debe garantizar una nivelación con precisión del milímetro. El nivel óptico, se coloca sobre un banco de nivel con cota relativa o local, desde donde se observan las cuatro esquinas del primer cuerpo de la torre (ver imagen 16), identificadas como A, B, C y D, respectivamente, según el sentido del avance de la línea de transmisión. El procedimiento de nivelación se efectúa dos veces, de manera que se comprueba si existen errores en la medición.

Imagen 14. *Identificación de cada torre (Fuente: Elaboración propia).*

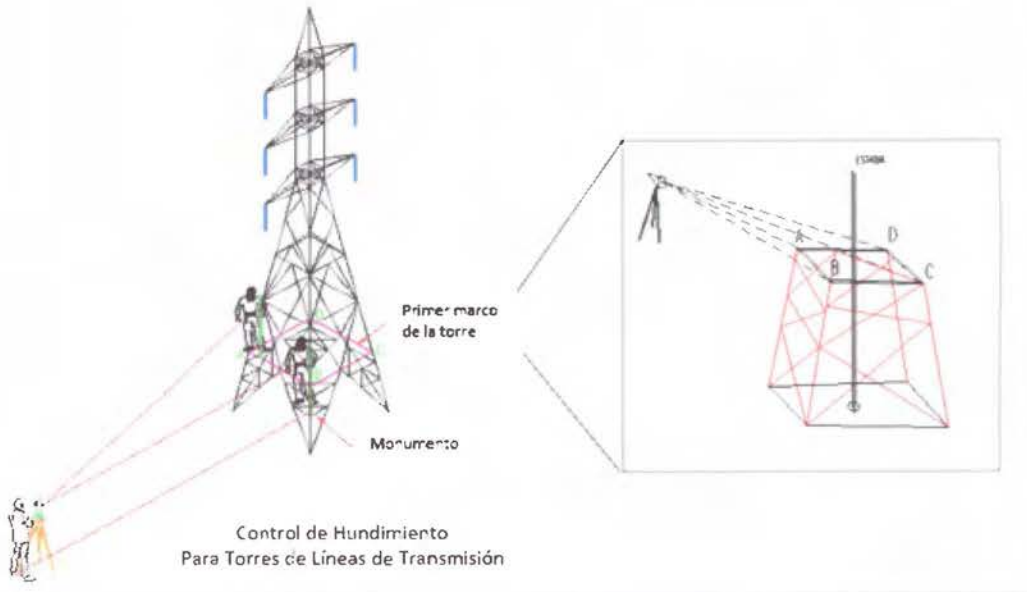


Imagen 15. *Método para medir el asentamiento o levantamiento de una torre (Área de Auscultación de Obras, s.f).*

Para el método correspondiente a la determinación de la verticalidad de las torres, se cuenta, en el mejor de los casos, con dos puntos o estaciones de control conocidos, cada uno de ellos con una elevación local, que además, su acceso y ubicación deben permanecer limpios, libres de maleza u otro elemento que obstaculice o dificulte las labores.

Las dos estaciones o puntos conocidos, utilizados para la medición, deben estar colocados de manera que tengan visibilidad a la parte baja de la torre así como a la parte alta de esta. La estación A, que es la principal, se ubica colocada siempre dentro de la servidumbre de la línea de transmisión, ya sea delante o tras la torre respecto al sentido

de avance de electricidad sobre la línea *(ver imagen 17),* a una distancia entre 50 y 200 metros del centro de la torre, según las condiciones de la topografía del lugar.

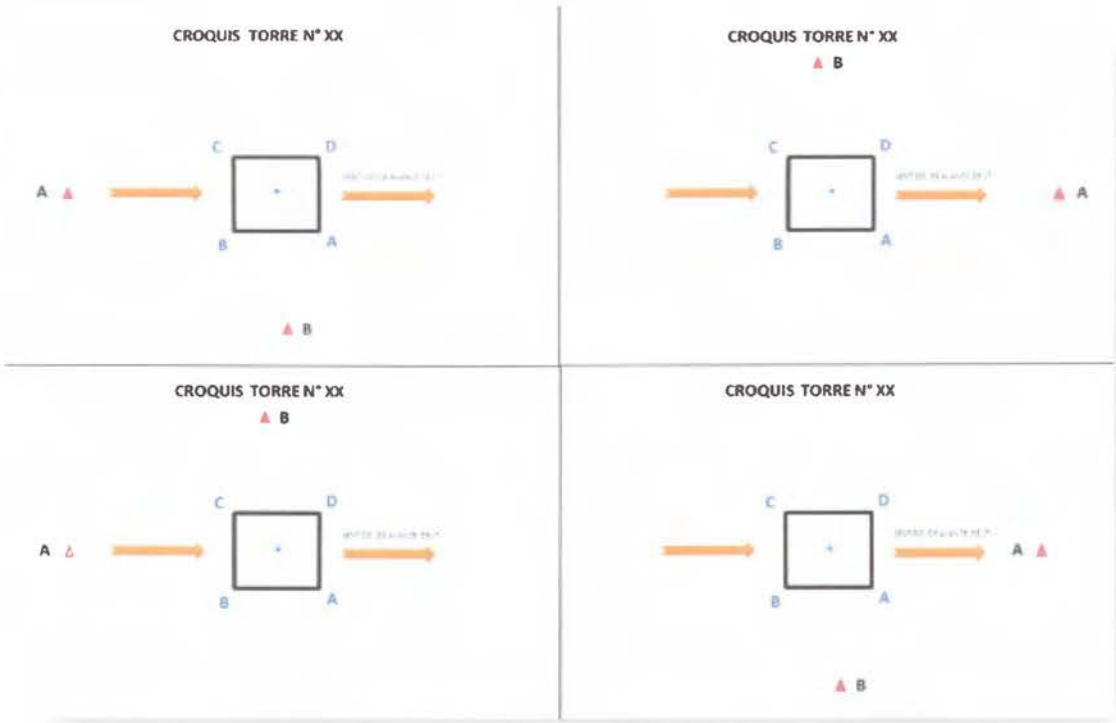


Imagen 16. *Diferentes posiciones de las estaciones A y B para el control de verticalidad (Área de Auscultación de Obras, s.f).*

La estación B se coloca a un lado de la torre, como se observa en la imagen anterior, ya sea a la derecha o a la izquierda de esta a 90° de la estación A, a una distancia entre 50 y 200 metros del centro de la torre, sin embargo en ocasiones se tienen problemas con la posición de la estación B, ya que se coloca en propiedades privadas y los dueños se oponen a su colocación o las destruyen al pasar el tiempo. Por ello en muchas de las torres se puede realizar el control de verticalidad únicamente a partir de la estación A.

El procedimiento en general, para controlar la verticalidad de las torres, trata de ubicarse con la estación total, primeramente sobre la estación A, se visualiza el monumento central de la torre, de donde se parte con un ángulo de cero grados (0°) y se interseca la torre en el punto superior (el hilo guarda), donde se miden las distancias, direcciones, ángulos verticales o cenitales entre el punto y el monumento central, siempre realizando las medidas de los ángulos de manera directa e invertida (vuelta de campana), esto con el fin de determinar si existe un error de inclinación tanto por una necesidad de corrección del instrumento, es decir, que este se encuentre descalibrado, o porque el instrumento se encuentre mal nivelado. El mismo procedimiento se realiza, si es posible, desde la estación B, la cual se encuentra a 90° de la estación A *(ver imagen 18).*

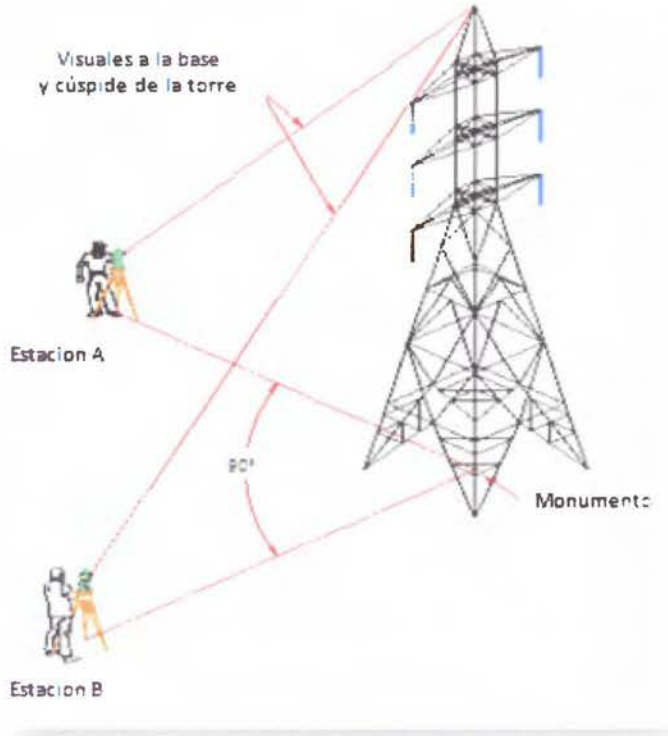


Imagen 17. *Procedimiento para el control de verticalidad (Área de Auscultación de Obras, s.f).*

El control de verticalidad se realiza desde dos estaciones A y B, para determinar dos tipos de movimientos, por los que se pueden ver afectadas las torres, un movimiento lateral y un movimiento frontal. Para este caso, es muy importante definir que los movimientos siempre van a ser observados en la misma dirección en la que avanza la energía eléctrica, escenario que, por como se observó la información y las hojas de cálculo, no era clara anteriormente y en ocasiones no se tomaba en cuenta para proporcionar los resultados de la auscultación.

Por lo tanto, en adelante, todo movimiento será analizado siempre observando la torre en la misma dirección en la que avanza la energía, esto implica que, sin importar dónde se encuentre la estación A (atrás o delante de la torre) o por el contrario, la estación B (a la derecha o a la izquierda), debe realizarse la corrección necesaria para que el resultado final sea dado en ese sentido. En la siguiente imagen se pueden observar cuales son los posibles movimientos verticales que puede sufrir una torre.

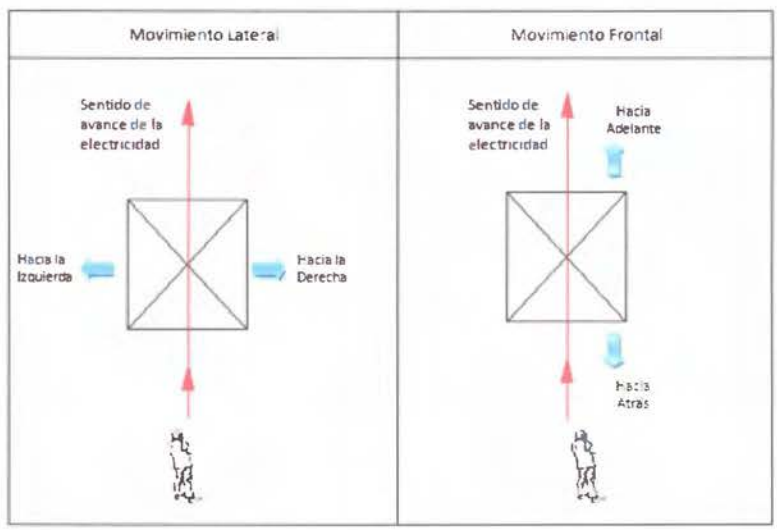


Imagen 18. *Movimiento vertical de una torre, lateral (hacia la derecha o hacia la izquierda) y/o frontal (hacia delante o hacia atrás) (Fuente: Elaboración propia).*

La información obtenida en cada uno de estas mediciones se anotan en una libreta estándar de topografía, posteriormente se lleva a la oficina para el trabajo en gabinete, donde se trata la información según el procedimiento utilizado, por parte del responsable de las torres de transmisión, quien ingresa los datos recolectados en el campo en una hoja de cálculo.

Cabe mencionar que en la visita al campo, un miembro del Departamento de Auscultación de Obras, el ingeniero topógrafo Oscar Arguedas, utilizó el nuevo equipo adquirido, el escáner terrestre, con el cual estaba realizando pruebas en las diferentes obras de construcción a las que controla este departamento. Y en esta ocasión aprovechó de realizar la prueba en la torre visitada con el láser escáner, con el que además realizó una demostración del manejo del equipo *(ver imagen 20)* y de sus ventajas.

Imagen 19. *Prueba de medición de la torre con el escáner (Fuente: Elaboración propia).*

Este es un equipo que trabaja muy rápidamente, el cual puede tomar de 2000 a 500000 puntos por segundo. En la siguiente imagen, se observa la medición realizada a la torre, se puede contemplar la torre tridimensionalmente así como el terreno en el que se encuentra.

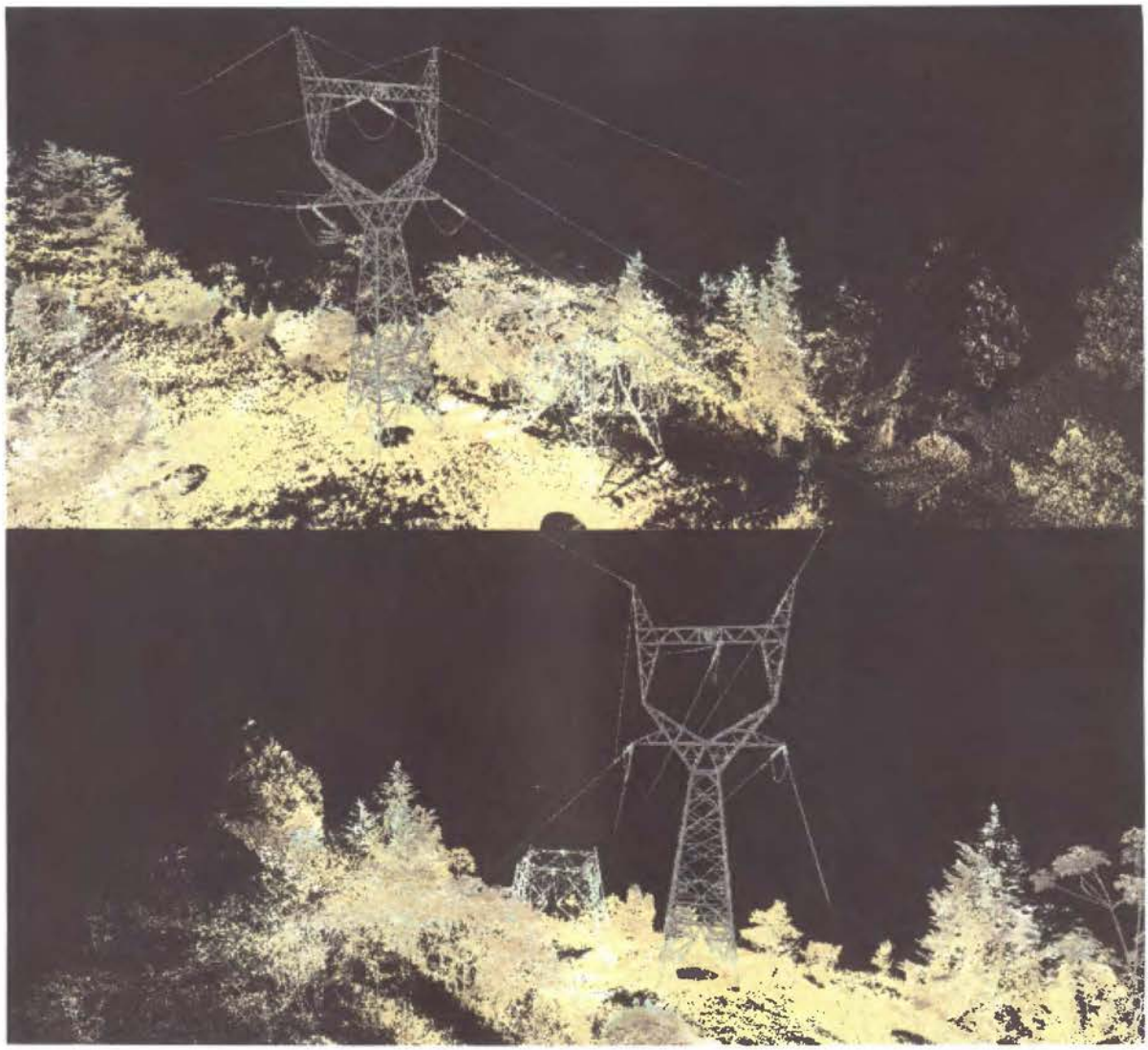


Imagen 20. *Escaneo de una de las torres (Área de Auscultación de Obras, 2014).*

4.2 Análisis de la información recolectada y almacenada en libretas de campo.

De las 15 libretas observadas, se encuentra que las mediciones a través del tiempo se han realizado con cierta continuidad, mínimo cada cuatro meses, sin embargo, también se observa que en ciertos períodos no se realiza tal medición y esto provoca una discontinuidad en la obtención de la información y podría no permitir la medición de situaciones que afecten la estabilidad de la estructura de forma continua.

Se observa que la lectura base es la primera lectura realizada después de un tiempo de que se construyó la torre, donde ya se encontraba en equilibrio con su entorno, sin embargo se observa que en muchos casos, puede darse un cambio en la medida base debido a que se ha realizado un cambio en el cuadrante de la torre, un cambio de lugar de las estaciones de medición o un cambio en el monumento central de la torre.

Además, al realizar este análisis existe la dificultad de que hay un desfase en las campañas de recolección de información, ya que por diferentes situaciones no se realizó alguna de las medidas correspondientes.

Las libretas de campo contienen información tal como *(ver imagen 22)*:

- Fecha
- Tramo al que pertenece la torre
- Número de torre
- Personal de la cuadrilla de trabajo
- Instrumentos a utilizar
- Datos del control de verticalidad desde las estaciones A y B (Ángulo y distancia)
- Datos del control de asentamiento

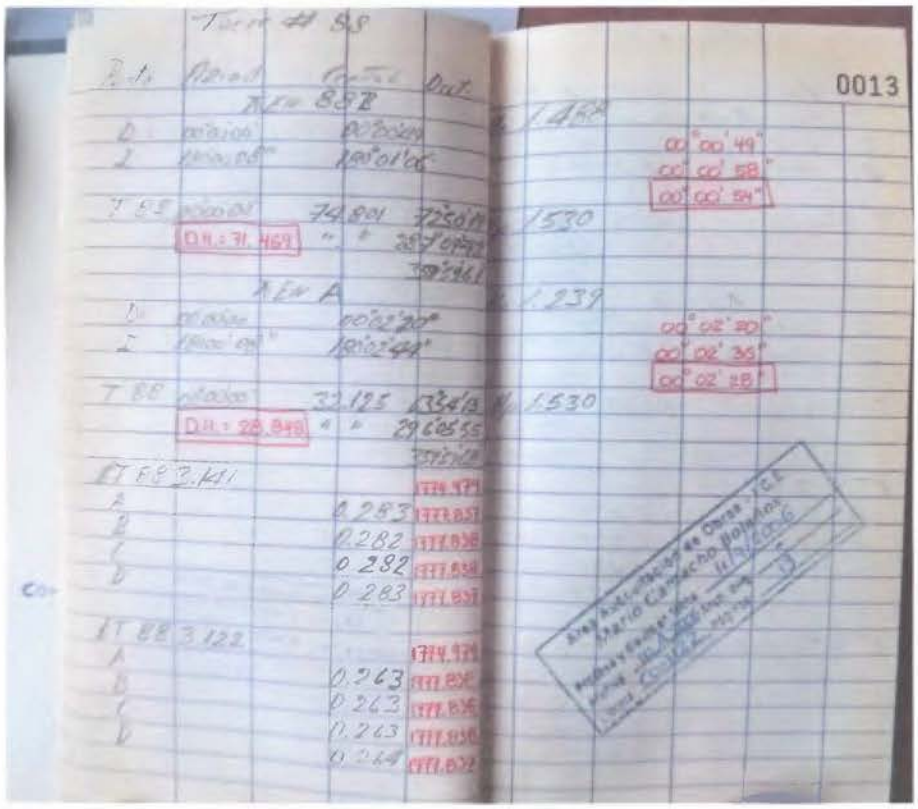


Imagen 21. *Datos anotados en una libreta de campo (Área de Auscultación de Obras, s.f).*

Como se observa los datos recolectados en las libretas de campo están acorde a los controles realizados, sin embargo se sugiere que en adelante se podrían adicionar ciertos datos, como la posición de las estaciones A y B para cada torre, ya que de esto depende parte del cálculo y hace diferencia en la utilización de la fórmula.

También se debe agregar la hora a la que se realiza el levantamiento, ya que para una fecha y hora específica se tienen diferentes cargas de electricidad que circulan sobre las torres y esto permitirá determinar si el movimiento de una torre es normal, debido a la carga o corresponde a una deformación.

4.3 Estructurar el histórico que recopile el comportamiento de las torres de transmisión.

Como se menciona en la metodología, la mayoría de la información que se encuentra en las libretas se encontraba en diferentes libros de Excel, los cuales fueron analizados profundamente. Cada libro contenía tres hojas de cálculo, en la primera *(ver imagen 23),* los datos del levantamiento para el control vertical en donde se determinaba la diferencia entre la medida base y la nueva medida.

	A	B	C	D E F G	H I J K	L M N O	P	Q
1	EST.	TIPO MED.	N° TORRE	DESPLAZAMIENTO				LIBRETA
2				15/03/2004	22/06/2011	DIFERENCIA ANGULAR	DIFERENCIA METRICA	
3	A	AZ.	13	0 ° 0.00 '	359 ° 59.70 '	359 ° 59.7 '	-6 mm	CO-1317
4	B	AZ.		0 ° 0.00 '	0 ° 0.42 '	0 ° 0.4 '	25 mm	
5	A	DIST.		67.957 m.	67.964 m.		7 mm	Pag. 29
6	B	DIST.		208.237 m.	208.244 m.		7 mm	
7	A	AZ.	14	0 ° 0.00 '	359 ° 58.00 '	359 ° 58.0 '	-28 mm	CO-1317
8	B	AZ.		0 ° 0.00 '	359 ° 59.32 '	359 ° 59.3 '	-41 mm	
9	A	DIST.		47.474 m.	47.476 m.		2 mm	Pag. 28
10	B	DIST.		**208.238** m.	208.244 m.		6 mm	
11	A	AZ.	15					CO-1317
12	B	AZ.						
13	A	DIST.						Pag. 27
14	B	DIST.						
15	A	AZ.	17	0 ° 0.12 '	0 ° 0.10 '	0 ° 0.0 '	-1 mm	CO-1317
16	B	AZ.		0 ° 0.10 '	359 ° 56.07 '	359 ° 56.0 '	-28 mm	
17	A	DIST.		216.874 m.	216.854 m.		-20 mm	Pag. 23
18	B	DIST.		24.182 m.	24.189 m.		7 mm	

Imagen 22. *Hoja de cálculo que existía anteriormente en la auscultación de las torres (Área de Auscultación de Obras, s.f).*

La segunda hoja de cálculo corresponde al cálculo de la nivelación donde se observan las medidas de las dos nivelaciones que se realiza en campo, como se observa en la imagen.

	A	B	C	D
1–2	Nivelacion T86			
3–4	T86	Centro 2.781	Cálculo	Elev. Base
5	A	0.224	1910.607	1908.050
6	B	0.225	1910.606	
7	C	0.224	1910.607	
8	D	0.223	1910.608	
9–10	T86	Centro 2.814	Cálculo	Promedio
11	A	0.257	1910.607	1910.607
12	B	0.257	1910.607	1910.607
13	C	0.257	1910.607	1910.607
14	D	0.255	1910.609	1910.609

Imagen 23. *Hoja de cálculo que existía anteriormente para la nivelación (Área de Auscultación de Obras, s.f).*

Y como se observa en la imagen siguiente, la tercera hoja de cálculo, corresponde al resultado final o el resumen de los cálculos de las hojas anteriores. Como se puede ver estas hojas se realizaban por fecha, cada hoja contiene la información y resultados de todas las torres de una misma línea de transmisión a la vez.

Número de Torre	Desplazamiento Frontal Sentido de linea		Desplazamiento Lateral Sentido de linea		Libreta	Punto	Asentamiento		
	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha			Lectura Base 15/03/2004	Última Lectura 09/12/2011	Diferencia
13		13 mm		8 mm	CO-1317 Pag. 29	A	2112.790	2112.790	0 mm
						B	2112.956	2112.959	3 mm
						C	2112.958	2112.955	-3 mm
						D	2112.790	2112.789	-1 mm
14	-28 mm		-41 mm		CO-1317 Pag. 28	A	2136.646	2136.663	17 mm
						B	2136.639	2136.662	23 mm
						C	2136.644	2136.656	12 mm
						D	2136.646	2136.662	16 mm
15	-	-	-	-	CO-1317 Pag. 27	A	2116.602	2116.600	-2 mm
						B	2116.600	2116.598	-2 mm
						C	2116.606	2116.604	-2 mm
						D	2116.604	2116.603	-1 mm
17		21 mm	-25 mm		CO-1122 Pag. 04	A	100.760	100.766	6 mm
						B	100.764	100.764	0 mm
						C	100.763	100.764	1 mm
						D	100.760	100.767	7 mm

Imagen 24. *Hoja de cálculo que existía anteriormente en la auscultación de las torres (Elaboración propia).*

Por lo tanto con el desarrollo de esta práctica se sugiere que una mejor forma de trabajar el almacenamiento de los datos es dividiéndolo por torre *(ver imagen 26)* y no por campaña de medición (por fecha), para mantener en un solo sitio toda la información que se ha obtenido, a través del tiempo, de una misma torre (en la siguiente imagen se corta la tabla ya que es muy larga pero se puede consultar el Anexo 2.

FECHA LECT. NUEVA	N' LIBRETA	PÁG.	FECHA DE LECT. BASE	EST.	POSICIÓN	TIPO MED.	MEDICIÓN LECT. BASE	MEDICIÓN NUEVA	DECIMALES LEC. BASE	DECIMALES LEC. NUEVA	DIFERENCIA LECTURAS		DIFERENCIA ANGULAR	DIFERENCIA MÉTRICA (mm)
				CÁLCULO CONTROL DE VERTICALIDAD										
17/06/2002	CO-822	49	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0° 0' 3"	0° 0' 3"	0.0008	0.00083	0	0	+ 0° 0' 0"	0.00
						DIST (m)	208.291	208.291						0.00
				B	derecha	AZIMUT	0° 0' 9"	0° 0' 9"	0.0025	0.0025	0	0	+ 0° 0' 0"	0.00
						DIST	67.959	67.959						0.00
31/10/2002	CO-822	77	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0° 0' 3"	0° 0' 0"	0.0008	0	-0.0008333	0.00083	+ 0° 0' 3"	3.03
						DIST (m)	208.291	208.271						-20.00
				B	derecha	AZIMUT	0° 0' 9"	0° 0' 7"	0.0025	0.00194	-0.0005556	-0.00056	- 0° 0' 2"	-0.66
						DIST	67.959	67.934						-25.00
19/05/2004	CO-981	27	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0° 0' 3"	0° 0' 17"	0.0008	0.00472	0.0038889	-0.00389	- 0° 0' 14"	-14.13
						DIST (m)	208.291	208.237						-54.00
				B	derecha	AZIMUT	0° 0' 9"	0° 0' 16"	0.0025	0.00444	0.0019444	0.00194	+ 0° 0' 7"	2.31
						DIST	67.959	67.957						-2.00

Imagen 25. *Hoja de cálculo creada por cada torre (Fuente: Elaboración propia)*

Esto puede parecer más complicado, pero reduce y agiliza el análisis de la información, como por ejemplo la realización automática de gráficos, la cual se realiza desde una misma hoja de cálculo, de lo contrario los gráficos deberían tomar datos de diferentes hojas de cálculo y eso dificultaría por completo el proceso. Además, la

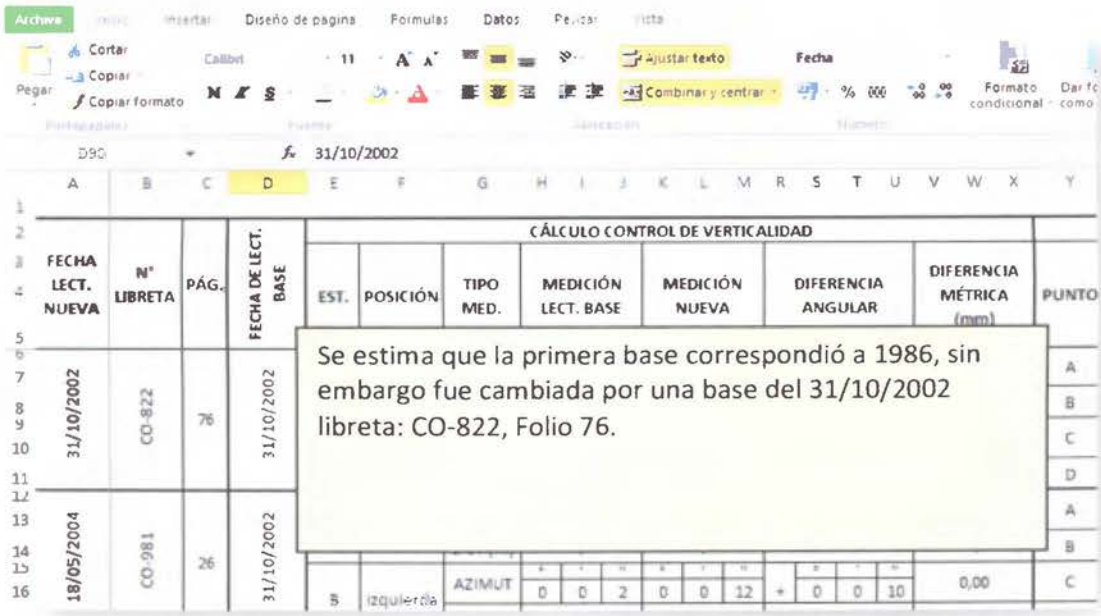
información que realmente se estudia es el resultado final para cada torre, cada una por separado, determinando cómo ha sido su comportamiento a través del tiempo; por ello debe individualizarse una hoja de cálculo para cada torre *(ver imagen 27)*.

Nombre	Fecha modificación	Tipo	Tamaño
torre_117.xlsx	09/05/2014 04:32 ...	Hoja de cálculo d...	217 KB
torre_111.xlsx	09/05/2014 10:36 a...	Hoja de cálculo d...	205 KB
torre_106.xlsx	28/05/2014 04:13 ...	Hoja de cálculo d...	223 KB
torre_103.xlsx	18/06/2014 09:08 a...	Hoja de cálculo d...	193 KB
torre_97.xlsx	18/06/2014 09:03 a...	Hoja de cálculo d...	155 KB
torre_91.xlsx	18/06/2014 08:59 a...	Hoja de cálculo d...	153 KB
torre_88.xlsx	17/06/2014 04:32 ...	Hoja de cálculo d...	127 KB
torre_86.xlsx	17/06/2014 04:31 ...	Hoja de cálculo d...	111 KB
torre_84.xlsx	17/06/2014 04:29 ...	Hoja de cálculo d...	130 KB
torre_83.xlsx	17/06/2014 04:27 ...	Hoja de cálculo d...	167 KB
torre_82.xlsx	17/06/2014 04:24 ...	Hoja de cálculo d...	116 KB
torre_81.xlsx	17/06/2014 04:21 ...	Hoja de cálculo d...	173 KB
torre_80.xlsx	17/06/2014 04:08 ...	Hoja de cálculo d...	143 KB
torre_79.xlsx	17/06/2014 03:56 ...	Hoja de cálculo d...	123 KB
torre_76.xlsx	17/06/2014 03:37 ...	Hoja de cálculo d...	111 KB
torre_75.xlsx	20/05/2014 10:23 a...	Hoja de cálculo d...	47 KB
torre_22.xlsx	17/06/2014 03:27 ...	Hoja de cálculo d...	118 KB
torre_21.xlsx	17/06/2014 02:55 ...	Hoja de cálculo d...	104 KB
torre_17.xlsx	17/06/2014 02:53 ...	Hoja de cálculo d...	90 KB
torre_15.xlsx	20/05/2014 04:09 ...	Hoja de cálculo d...	39 KB
torre_14.xlsx	17/06/2014 02:47 ...	Hoja de cálculo d...	92 KB
torre_13.xlsx	17/06/2014 02:37 ...	Hoja de cálculo d...	79 KB

Imagen 26. *Hoja de cálculo por cada torre (Fuente: Elaboración propia).*

Como se observa en la imagen anterior, a las hojas de cálculo se les da el nombre según las siglas de la línea de transmisión a la que pertenece, en este caso RMSI (Río Macho – San Isidro) en conjunto con el número de torre a la que corresponde.

Cada medición de una torre tiene una medición base, la cual por diferentes motivos puede ser cambiada, hecho que debe quedar plasmado en cada hoja de cálculo, como se observa en la imagen.



FECHA LECT. NUEVA	N° LIBRETA	PÁG.	FECHA DE LECT. BASE	CÁLCULO CONTROL DE VERTICALIDAD							PUNTO
				EST.	POSICIÓN	TIPO MED.	MEDICIÓN LECT. BASE	MEDICIÓN NUEVA	DIFERENCIA ANGULAR	DIFERENCIA MÉTRICA (mm)	
31/10/2002	CO-822	76	31/10/2002								A
											B
											C
											D
18/05/2004	CO-981	26	31/10/2002								A
											B
				B	izquierda	AZIMUT	0 0 2	0 0 12	+ 0 0 10	0,00	C

Se estima que la primera base correspondió a 1986, sin embargo fue cambiada por una base del 31/10/2002 libreta: CO-822, Folio 76.

Imagen 27. *Cambios de las lecturas base (Fuente: Elaboración propia).*

Algunos datos que se encontraban en las hojas de cálculo analizadas, eran previamente calculados para ser ingresados en Excel, como es el caso de los ángulos, el ángulo saxagesimal (12°34'34") se convertía a ángulo decimal (12.5761), para incorporar este dato en las fórmulas, lo cual se hace automáticamente en las nuevas hojas de cálculo. Las demás fórmulas también fueron afinadas o en algunos casos modificadas para que no exista error alguno en los cálculos.

Para los cálculos se debe tomar en cuenta, la posición de las estaciones desde las cuales se realiza el control vertical, es decir la posición de A y B, ya que esto incide en el resultado. De hecho, para la nueva hoja de cálculo, se solicita ubicar la posición de las estaciones A y B, según el sentido de avance de la línea de transmisión, lo cual, en las fórmulas automáticamente se incorporará un -1 o +1, según sea el caso, ya que con esto

se logrará observar el movimiento de la torre siempre desde un mismo punto (posicionándose atrás de la torre, observando el sentido de avance de la electricidad).

Movimiento que en las hojas de cálculo analizadas se determinaba manualmente *(ver imagen 29)*, de manera que se copiaba y pegaba el valor numérico en la casilla que indicaba hacia dónde se había desplazado la torre. Por ejemplo, si se determinó que la torre 13 tuvo desplazamiento frontal hacia la derecha, entonces su valor (13mm) se colocaba manualmente en la celda correspondiente.

Número de Torre	Desplazamiento Frontal		Desplazamiento Lateral	
	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha
13		13 mm		8 mm
14	-28 mm		-41 mm	
15				
17		21 mm	-25 mm	

Imagen 28. *Valores colocados manualmente según era el desplazamiento (Área de Auscultación de Obras, s.f).*

Con las nuevas hojas de cálculo desarrolladas con el presente trabajo todo ese proceso se realiza automáticamente, con la ayuda de la función de Excel "SI" utilizando la

prueba lógica de un valor *(ver imagen 30)*, recurriendo a los valores del plano de coordenadas cartesianas, es decir, el centro de la torre se toma como valor 0 y tomando en cuenta como se precisó el movimiento anteriormente, si el resultado de las fórmulas es positivo, el movimiento corresponde al desplazamiento hacia delante en el desplazamiento frontal y hacia la derecha en el desplazamiento lateral.

A	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
Río Macho - San Isidro						
RESULTADOS						
FECHA LECT. NUEVA	CONTROL DE VERTICALIDAD				ASENTAMIENTO	
	DESPLAZAMIENTO LATERAL		DESPLAZAMIENTO FRONTAL			
	IZQUIERDA	DERECHA	ATRÁS	ADELANTE	PUNTO	DIFERENCIA (mm)
17/06/2002					A	0.00
					B	0.00
					C	0.00
					D	0.00
31/10/2002	=+SI(V12>0,V12,"")				A	-1.00
					B	-0.50
					C	-1.00
					D	-1.00
19/05/2004	-14.13	SI(prueba_lógica, [valor_si_verdadero], [valor_si_falso])		2.31	A	0.50
					B	3.50
					C	-3.50
					D	0.50

Imagen 29. *Uso de la función "SI" de Excel para determinar el respectivo desplazamienta (Fuente: Elaboración propia).*

En la imagen siguiente se puede observar el signo que pueden tomar los valores, según sea su desplazamiento.

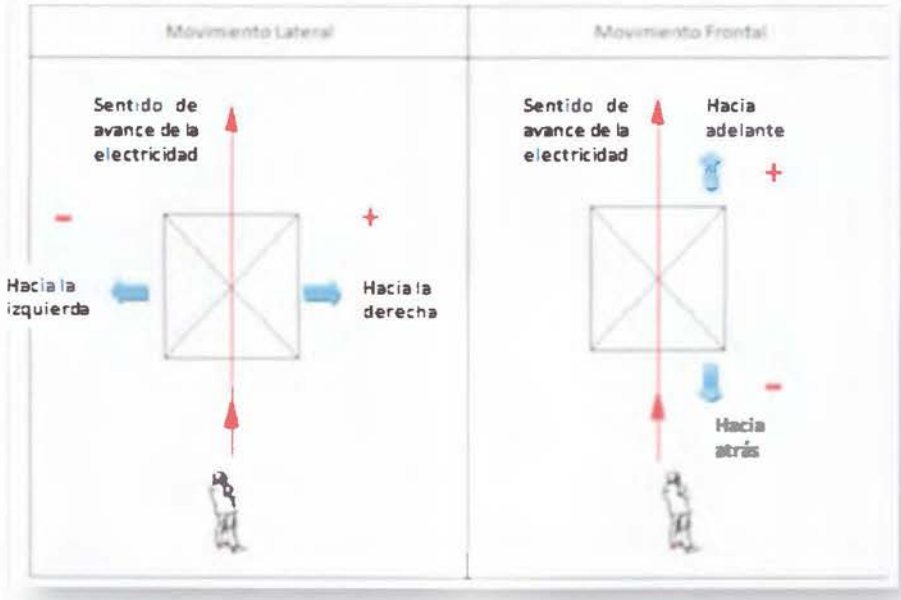


Imagen 30. *Signo de los valores según su desplazamiento (Fuente: Elaboración propia).*

Con respecto al ingreso de los datos, en cada hoja de cálculo se debe ingresar, además de los datos crudos (sin ningún cálculo, tal y como se tomó en campo), la fecha del levantamiento topográfico, el número de página y de libreta en la que se encuentran anotados los datos *(ver imagen 32 y 33).*

FECHA LECT. NUEVA	Nº LIBRETA	PÁG.	FECHA DE LECT. BASE	CÁLCULO CONTROL DE VERTICALIDAD													
				EST.	POSICIÓN	TIPO MED.	MEDICIÓN LECT. BASE			MEDICIÓN NUEVA			DIFERENCIA ANGULAR				DIFERENCIA MÉTRICA (mm)
							°	'	"	°	'	"		°	'	"	
20/05/2004	CO-981	28	13/12/2002	A	adelante	AZIMUT	0	0	7	0	0	14	-	0	0	7	-7,36
						DIST (m)	216,874			216,854							-20,00
							°	'	"	°	'	"		°	'	"	
				B	izquierda	AZIMUT	0	0	6	0	0	0	+	0	0	6	0,70
						DIST	24,182			24,189							7,00
							°	'	"	°	'	"		°	'	"	
20/06/2005	CO-981	68	13/12/2002	A	adelante	AZIMUT	0	0	7	0	0	0	+	0	0	7	7,36
						DIST (m)	216,874			216,849							-25,00
							°	'	"	°	'	"		°	'	"	
				B	izquierda	AZIMUT	0	0	6	359	59	22	-	359	59	16	5,16
						DIST	24,182			24,189							7,00
							°	'	"	°	'	"		°	'	"	

Imagen 31. *Ingreso de datos a la hoja de cálculo, control de asentamiento (Fuente: Elaboración propia).*

FECHA LECT. NUEVA	CÁLCULO CONTROL DE ASENTAMIENTO									
	PUNTO	ELEV. BASE	PRIMERA LECTURA			SEGUNDA LECTURA			PROMEDIO	MED. LECTURA BASE
			centro	lectura	ELEVACIÓN	centro	lectura	ELEVACIÓN		
20/05/2004	A	100	0,97	0,206	100,764	1,005	0,241	100,764	100,7640	100,760
	B			0,208	100,762		0,245	100,76	100,7610	100,7635
	C			0,208	100,762		0,242	100,763	100,7625	100,763
	D			0,204	100,766		0,238	100,767	100,7665	100,7605
20/06/2005	A	100	0,982	0,217	100,765	0,992	0,227	100,765	100,7650	100,760
	B			0,22	100,762		0,229	100,763	100,7625	100,7635
	C			0,221	100,761		0,23	100,762	100,7615	100,763
	D			0,217	100,765		0,226	100,766	100,7655	100,7605

Imagen 32. *Ingreso de datos a la hoja de cálculo, control de asentamiento (Fuente: Elaboración propia).*

Para el control de verticalidad se ingresa el ángulo visto desde la estación A y B hasta el punto superior de la torre, así como las distancias horizontales a dicho punto. Esta información se compara con la lectura base, la cual se refiere, en el mejor de los casos, a la primera lectura realizada a la torre en estudio, la cual sirve de referencia para observar el posterior comportamiento de la torre.

Además, para el cálculo de asentamiento o levantamiento de la torre, se digitan los datos leídos en campo y con la elevación base se determina la elevación de las cuatro esquinas del primer cuerpo de la torre (cada pata de la torre), método que es realizado en dos ocasiones de diferentes estaciones y de estas se deduce un promedio, dicha deducción es realizada automáticamente en la hoja de Excel.

Como resultado de estos cálculos se obtiene la siguiente tabla, donde se observa el resultado final, que son los datos de interés. Se observa el desplazamiento frontal y lateral y el asentamiento o levantamiento de la torre según las lecturas base. Finalmente, esta hoja de cálculo da el resultado del levantamiento y es donde se observa cómo ha sido el comportamiento de la torre *(ver imagen 34),* todos los resultados están dados en milímetros.

A	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
	Río Macho - San Isidro					
	RESULTADOS					
FECHA LECT. NUEVA	CONTROL DE VERTICALIDAD				ASENTAMIENTO	
	DESPLAZAMIENTO LATERAL		DESPLAZAMIENTO FRONTAL			
	IZQUIERDA (mm)	DERECHA (mm)	ATRÁS (mm)	ADELANTE (mm)	PUNTO	DIFERENCIA (mm)
17/06/2002					A	0,00
					B	0,00
					C	0,00
					D	0,00
31/10/2002		3,03	-0,86		A	-1,00
					B	-0,50
					C	-1,00
					D	-1,00
19/05/2004	-14,13			2,31	A	0,50
					B	3,50
					C	-3,50
					D	0,50

Imagen 33. *Resultados de ambos controles (Fuente: Elaboración propia).*

4.4 Diseño de un sitio en la implementación informática del Instituto Costarricense de Electricidad.

La presente práctica busca la mejor forma, dentro de las posibilidades del ICE, de establecer una manera que aprovechando los diferentes avances tecnológicos que existen actualmente, se pueda interactuar fácilmente con la información resultante de las diferentes mediciones que realiza el departamento de Auscultación de Obras, en este caso específico, la información resultante de la auscultación de las torres de transmisión eléctrica.

Como se mencionó en la metodología, en primera plana del SharePoint, se creó una página introductoria, en la cual se encuentra el acceso a todas las líneas de transmisión que son controladas por el departamento de Auscultación de Obras del ICE, de momento, para el desarrollo de la presente práctica, se habilita la línea de Río Macho – San Isidro *(ver imagen 35)*, sobre la cual se realizó el resto del trabajo.

Imagen 34. *Acceso a cada línea de transmisión, portada en el sitio SharePoint (Fuente: Elaboración propia).*

Como se observa en la imagen anterior, en la portada de la biblioteca creada para la auscultación de las torres, se encuentra una introducción sobre el trabajo que se realiza con las líneas de transmisión por parte del ICE y se observa un mapa con la ubicación de todas estas.

Al crear un sitio para cada tramo de línea de transmisión, se hace notorio que la opción para tratar los datos es trabajar por separado la información del control de verticalidad y del control de asentamiento, esto para cada torre *(ver imagen 36)*, ya que

ambos métodos utilizan datos diferentes y muchos cálculos son cálculos transpuestos, lo cual debe tratarse de manera muy cautelosa para que no se presente error alguno.

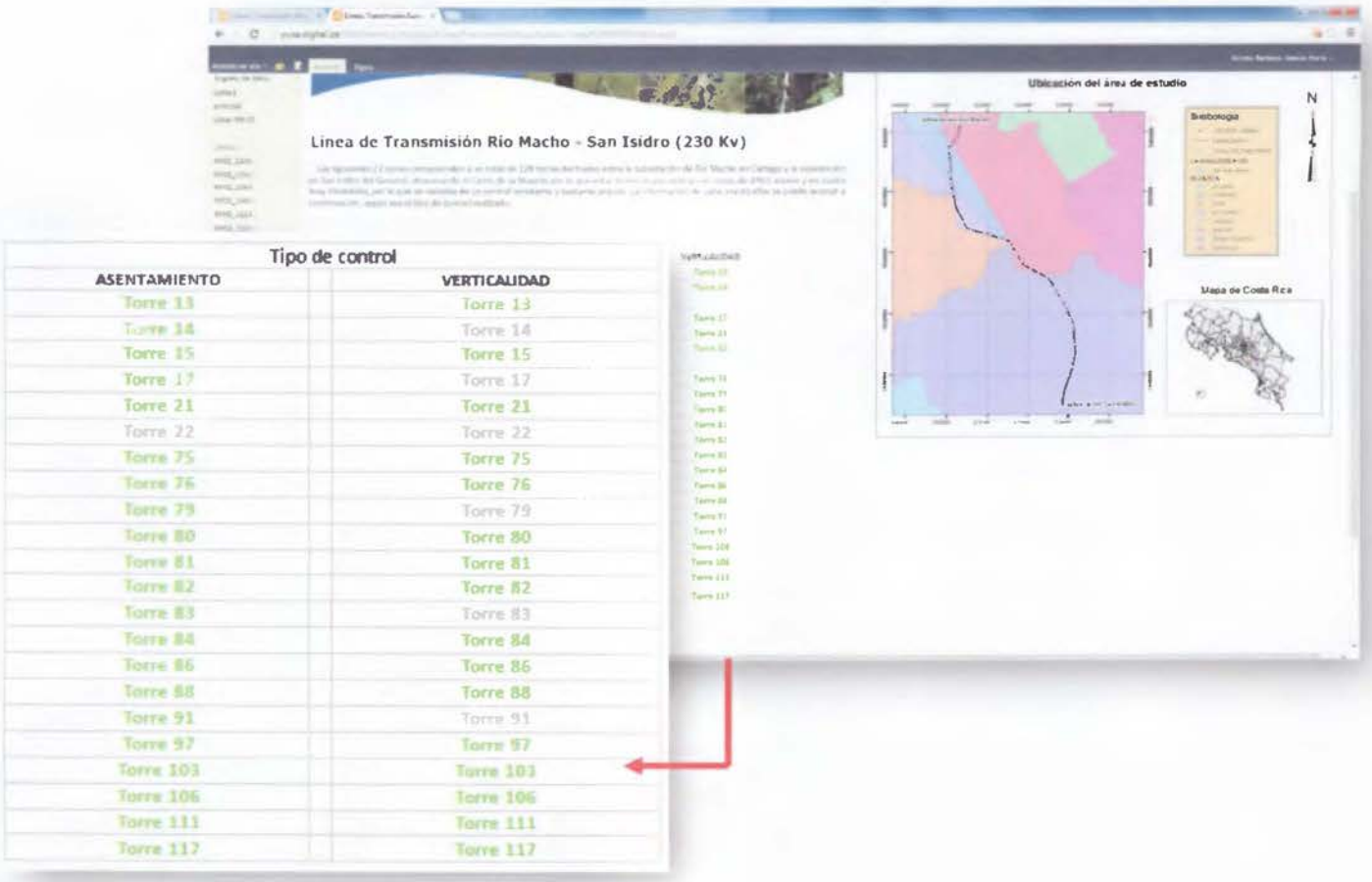


Imagen 35. *Acceso a cada torre según el control a realizar (Fuente: Elaboración propia).*

Por lo tanto, para cada torre según el control realizado, fue necesario crear una lista, donde se albergara la información de cada levantamiento. Este fue un proceso muy lento, ya que por torre se debían crear dos listas (una para el control de verticalidad y otra para el control de asentamiento) y en cada una de ellas se creaban las columnas necesarias para recibir la información y para las fórmulas utilizadas para el procesamiento

de los datos, es decir, se debió crear una columna por cada dato a ingresar y para cada cálculo y configurar cada una de ellas *(ver imagen 37)*, ya que contendrán diferentes tipos de información (texto, números, fecha y cálculos).

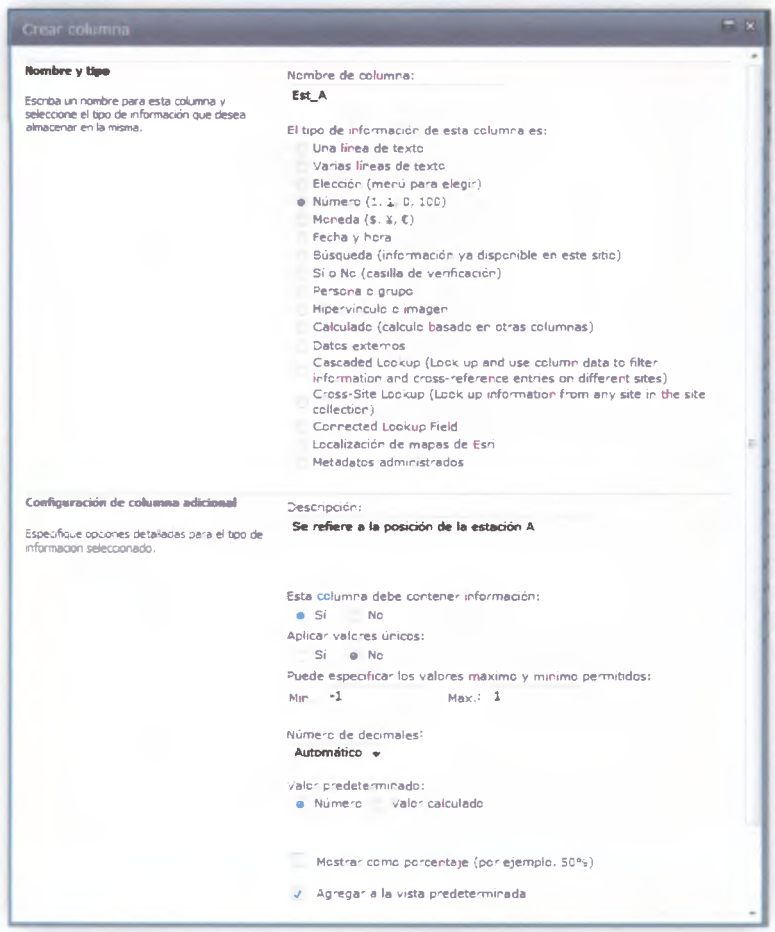


Imagen 36. *Creación de columnas en las listas de SharePoint (Fuente: Elaboración propia).*

Cada columna es nombrada con una nomenclatura ya que el nombre completo puede resultar muy largo, a continuación se observan dos tablas que muestran las columnas creadas en las listas de los dos tipos de control que se realiza, su nomenclatura y tipo de columna.

Tabla 4
Nombre, nomenclatura y tipo de columnas creadas para el control de verticalidad.

Columnas del Control de verticalidad		
Nombre	**Nomenclatura**	**Tipo de columna**
Fecha de lectura	Fecha_lect	Fecha y hora
Número de libreta	N_libreta	Línea de texto
Número de pág de la libreta	N_pag	Número
Estación A	Est_A	Número
Fecha de lectura base desde A	Fecha_lect_base	Fecha y hora
Número de libreta de la lectura base A	N_libreta_base	Una línea de texto
Número de pag de la libreta de lectura base desde A	N_pag_base	Número
Distancia base desde la estación A	Dist_baseA	Número
Grados de la lectura base desde A	g_lbaseA	Número
Minutos de la lectura base desde A	m_lbaseA	Número
Segundos de la lectura base desde A	s_lbaseA	Número
Distancia de la nueva lectura desde la estación A	Dist_nuevaA	Número
Grados de la nueva lectura desde A	g_lnuevaA	Número
Minutos de la nueva lectura desde A	m_lnuevaA	Número
Segundos de la nueva lectura desde A	s_lnuevaA	Número
Estación B	Est_B	Número
Fecha de lectura base desde B	Fecha_lect_baseB	Fecha y hora
Número de libreta de la lectura base B	N_libreta_baseB	Una línea de texto
Número de pág. De la libreta de lectura base desde B	N_pag_baseB	Número
Distancia base desde la estación B	Dist_baseB	Número
Grados de la lectura base desde B	g_lbaseB	Número
Minutos de la lectura base desde B	m_lbaseB	Número
Segundos de la lectura base desde B	s_lbaseB	Número
Distancia de la nueva lectura desde la estación B	Dist_nuevaB	Número
Grados de la nueva lectura desde B	g_lnuevaB	Número
Minutos de la nueva lectura desde B	m_lnuevaB	Número
Segundos de la nueva lectura desde la estación B	s_lnuevaB	Número

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5
Nombre, nomenclatura y tipo de columnas creadas para el control de asentamiento/ levantamiento.

Columnas del Control de asentamiento		
Nombre	**Nomenclatura**	**Tipo de columna**
Fecha de lectura	Fecha_lect	Fecha y hora
Número de libreta	N_libreta	Línea de texto
Número de pág. de la libreta	N_pag	número
Fecha de lectura base	Fecha_lect_base	Fecha y hora
Número de libreta de la lectura base	N_libreta_base	Una línea de texto
Número de pág. de la libreta de la lectura base	N_pag_base	Número
Elevación base de la torre	Elev_base	Número
Medida al centro de la primera nivelación	MC1	Número
Lectura a la pata A en la primera nivelación	A1	Número
Lectura a la pata B en la primera nivelación	B1	Número
Lectura a la pata C en la primera nivelación	C1	Número
Lectura a la pata D en la primera nivelación	D1	Número
Medida al centro de la segunda nivelación	MC2	Número
Lectura a la pata A en la segunda nivelación	A2	Número
Lectura a la pata B en la segunda nivelación	B2	Número
Lectura a la pata C en la segunda nivelación	C2	Número
Lectura a la pata D en la segunda nivelación	D2	Número
Lectura base en la pata A	A_base	Número
Lectura base en la pata B	B_base	Número
Lectura base en la pata C	C_base	Número
Lectura base en la pata D	D_base	Número

Fuente: Elaboración propia.

Creadas las listas para todas las torres, se vincula cada una de ellas con Excel, para ingresar los datos por medio de este al SharePoint, de todas las campañas anteriores, es decir, los datos que se han recolectado en las diferentes mediciones realizadas a través del tiempo.

Sin embargo, al intentar vincular las hojas que se habían realizado anteriormente en Excel con el SharePoint, se da un error, lo que obliga a realizar nuevamente las hojas de cálculo pero como tablas dinámicas *(ver Anexo 3)*, forma en que el SharePoint exporta las listas a Excel, lo que finalmente agrega mayores beneficios a la hora de trabajar y manipular la información.

A esas tablas dinámicas se les copió toda la información de las hojas de Excel realizadas anteriormente *(ver imagen 38)*, lo cual se vinculará en el SharePoint, ya que cada columna de la tabla dinámica corresponde a una columna de la lista de SharePoint.

Id	Título	Fecha_lect	N_libreta	N_pag	Fecha_lect_baseA	N_libreta_baseA	N_pag_baseA	Est_A	Est_B	dist_baseA	g_lbaseA	m_lbaseA	s_lbaseA	Dist_nuevaA
1		17/06/2002	CO-822	49	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,291
2		31/01/2002	CO-822	77	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,271
3		19/05/2004	CO-981	27	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,237
4		24/06/2005	CO-981	72	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,25
5		28/07/2006	CO-1122	20	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,248
6		07/01/2007	CO-1138	5	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,235
7		09/11/2007	CO-1122	27	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208
8		21/01/2008	CO-1106	82	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,227
9		15/03/2010	CO-1138	17	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,24
10		22/06/2011	CO-1317	29	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,2445
11		03/02/2012	CO-1317	55	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,2423
12		15/05/2012	CO-1317	59	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,2437
13		23/10/2012	CO-1396	2	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,2386
14		26/02/2013	CO-1396	35	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,2381
15		18/06/2013	CO-1396	58	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,2414
16		12/11/2013	CO-1410	4	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208,291	0	0	3	208,2371
17		26/09/2014	Co-46	23	17/06/2002	CO-822	49	1	1	208,291	0	0	3	208,25

Imagen 37. *Hojas de cálculo completadas con la información almacenada (Fuente: Elaboración propia).*

En cada archivo de Excel que se ha realizado para cada levantamiento, se genera en la segunda hoja una tabla dinámica únicamente con los resultados finales de cada método, como en el caso del control de asentamiento, se realiza una tabla dinámica con las columnas de fecha y los resultados del movimiento encontrado para cada pata de la torre, como se observa en la siguiente imagen.

	A	B	C	D	E
1	Fecha	Punto A (mm)	Punto B (mm)	Punto C (mm)	Punto D (mm)
2	ene-02	-1	-0,5	-1	-1
3	jun-02	0	0	0	0
4	may-04	0,5	3,5	-3,5	0,5
5	jun-05	0	3,5	-3	0,5
6	jul-06	0,5	3	-3	1,5
7	ene-07	1,5	4	-2,5	-1
8	nov-07	7	10,5	4	8,5
9	ene-08	1	4,5	-2,5	2
10	mar-10	-0,5	2,5	-4	1
11	jun-11	2	5	-2,5	1,5
12	feb-12	2	5	-3	1,5
13	may-12	1	6	-1,5	2
14	oct-12	0,5	3,5	-3,5	0
15	feb-13	2	7,5	-3	1
16	jun-13	1,5	4	-3,5	1
17	nov-13	2	4	-3	1

Imagen 38. *Resultados finales del control de asentamiento (Fuente: Elaboración propia).*

Seguidamente a este archivo, también se agrega otra hoja en la cual se genera el gráfico con los resultados de la tabla dinámica anterior y cada vez que este se actualiza, agregando un nuevo resultado, se importa en el sitio SharePoint como una imagen.

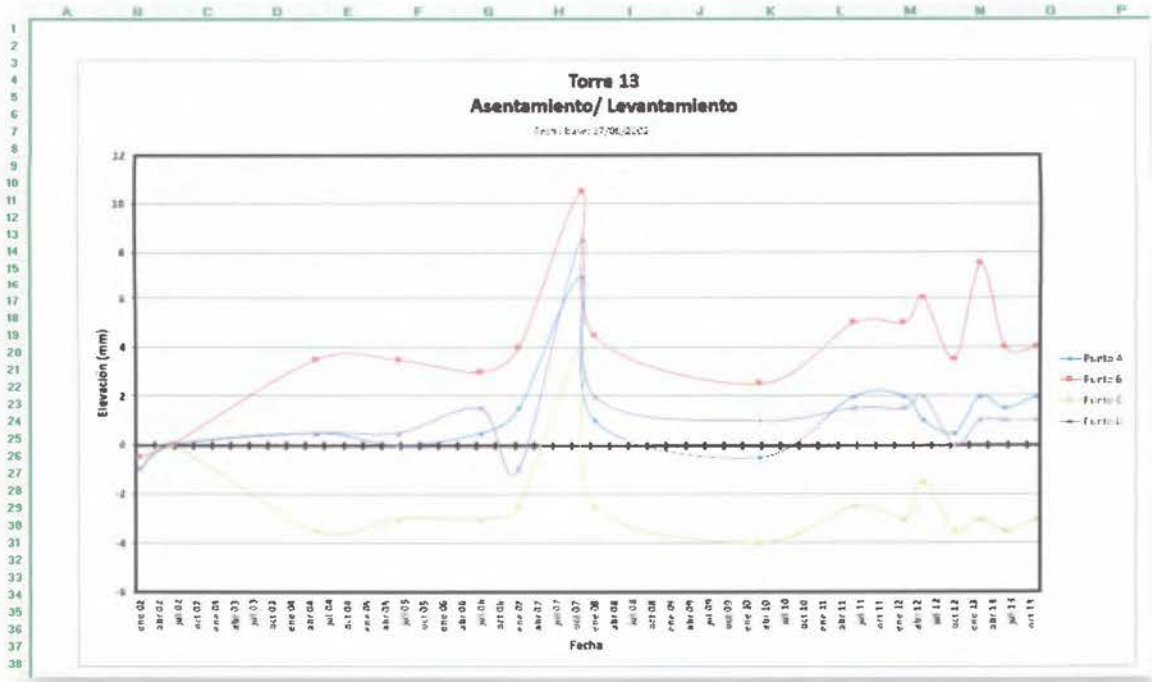


Imagen 39. *Gráfico que muestra el comportamiento de asentamiento o levantamiento de la torre (Fuente: Elaboración propia).*

En el caso del control de verticalidad, se crean más hojas en el archivo de Excel, ya que se tienen dos movimientos diferentes (lateral y frontal). Por lo tanto se crea una hoja para la tabla dinámica con la información del movimiento vertical-lateral *(ver imagen 41)* y otra con su respectivo gráfico *(ver imagen 42)*, el cual también está acompañado de un croquis que muestra la posición de las estaciones A y B (estaciones desde las que se realizan las medidas de control).

Fecha	Desplazamiento lateral (mm)
ene-02	3,029178906
jun-02	0
may-04	-14,13386053
Jun-05	-18,17324088
jul-06	-22,21152557
ene-07	-29,27700149
nov-07	-29,24396144
ene-08	-23,21879872
mar-10	-18,17236822
Jun-11	-22,21115226
feb-12	-17,16298176
may-12	-30,28781864
oct-12	-33,31578462
feb-13	-21,20090283
jun-13	-20,191656
nov-13	-32,30598266
Total general	**-328,0778567**

Imagen 40. *Tabla dinámica que muestra el resultado del desplazamiento lateral (Fuente: Elaboración propia).*

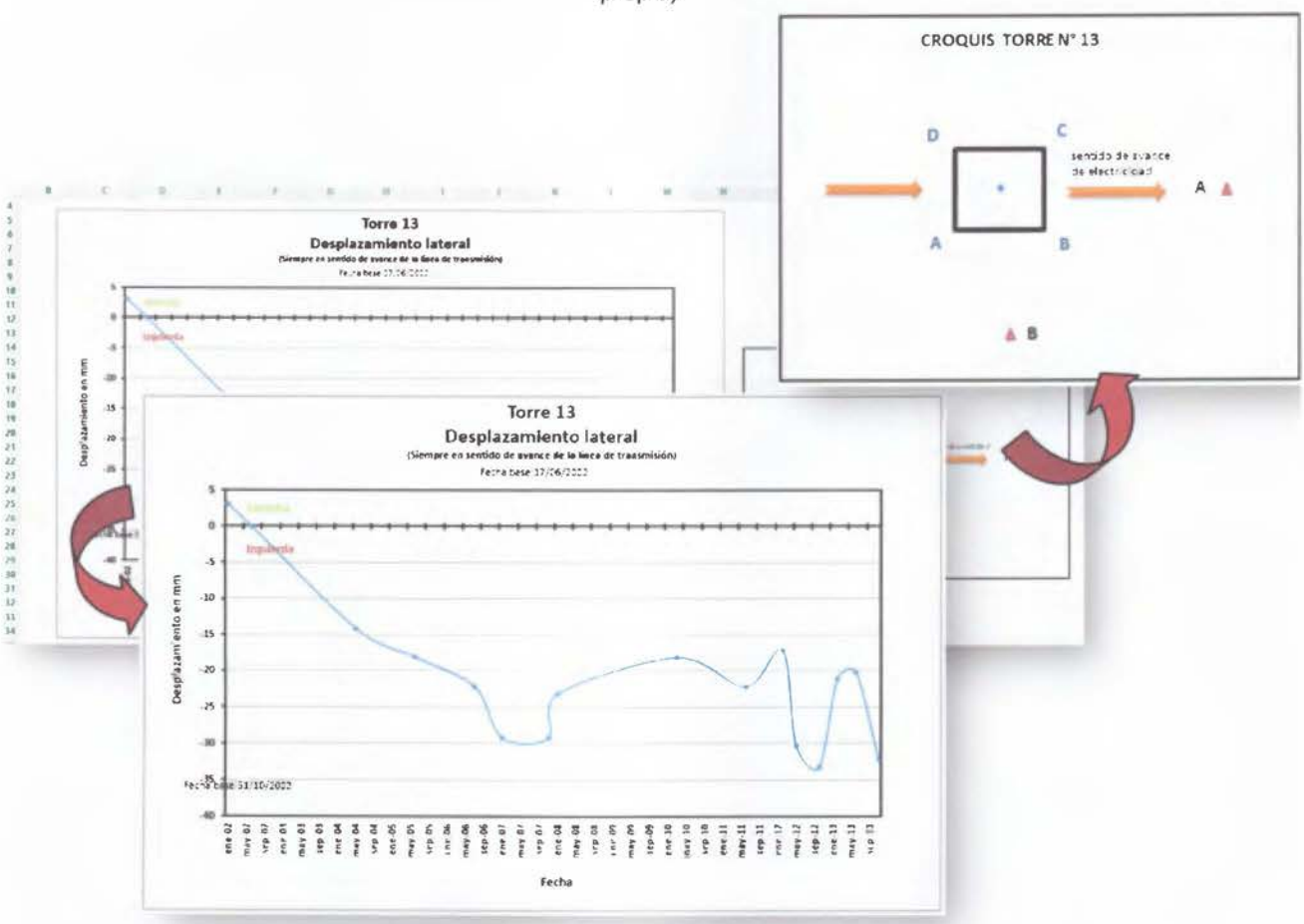


Imagen 41. *Hoja que contiene el gráfico del control de verticalidad lateral (Elaboración propia).*

Lo mismo ocurre para el movimiento vertical-frontal, se agrega una hoja para la tabla dinámica y otra para el gráfico correspondiente, como se observa en las siguientes imágenes.

Fecha	Desplazamiento frontal
ene-02	-0,658706652
jun-02	0
may-04	2,306253834
jun-05	5,718382233
jul-06	15,6099924
ene-07	
nov-07	
ene-08	4,283484019
mar-10	-5,93071608
jun-11	-8,896427577
feb-12	-26,36164827
may-12	-12,18917649
oct-12	-9,884395944
feb-13	-24,38165438
jun-13	-13,17915588
nov-13	-11,20266158
Total general	**15,6099924**

DATOS | LATERAL | GRÁFICO L | FRONTAL | GRÁFICO F

Diferentes hojas de Excel.

Imagen 42. *Tabla dinámica que muestra el resultado del desplazamiento frontal (Fuente: Elaboración propia).*

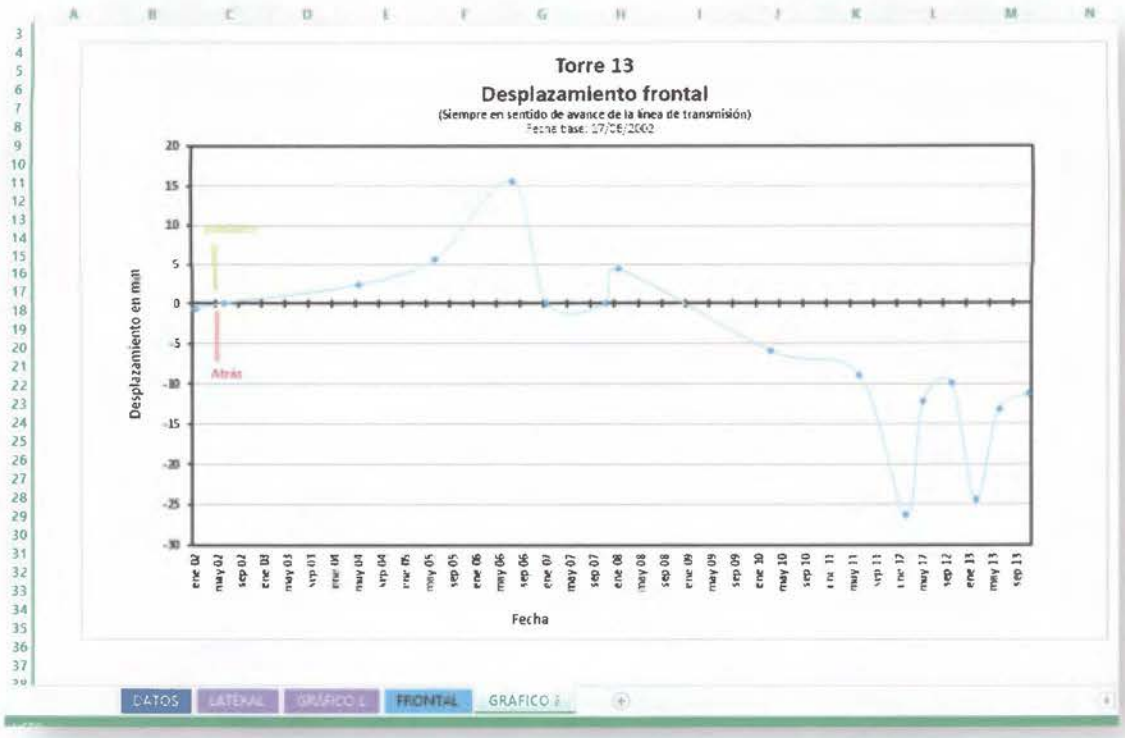


Imagen 43. *Hoja que contiene el gráfico del control de verticalidad frontal (Fuente: Elaboración propia).*

Una vez que se han completado todas las tablas dinámicas con la información archivada, es necesario obtener un modo, que permita tener actualizados los datos en todos los escenarios creados (tanto en el SharePoint como en el Excel) y que funcione a la vez como una base de datos. Para ello, las hojas de cálculo (tablas dinámicas) creadas son importadas como datos externos desde Microsoft Access *(ver imagen 45)*, proceso que igualmente se realiza hoja por hoja y cada una de ellas debe ser guardada con un nombre sencillo y de fácil identificación.

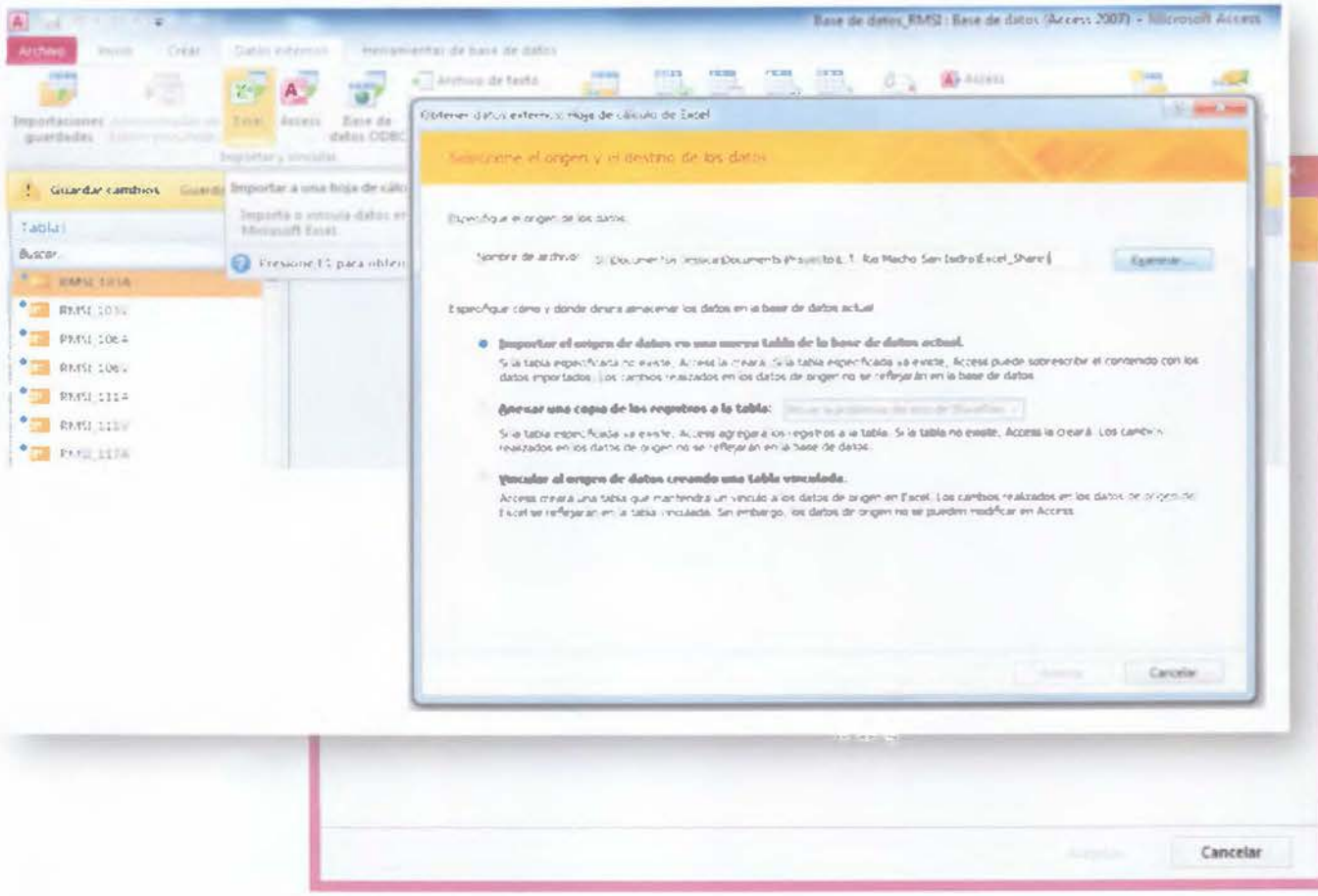


Imagen 44. *Base de datos en Microsoft Access (Fuente: Elaboración propia).*

Completada la base de datos en Microsoft Access, se proceden a exportar todas las tablas como listas *(ver imagen 46)* al sitio de las líneas de transmisión en SharePoint, de esta manera ya se tienen todos los datos en la implementación informática SharePoint utilizada, en este caso, como biblioteca; además se tiene la vinculación con las hojas de cálculo, las cuales serán de gran importancia.

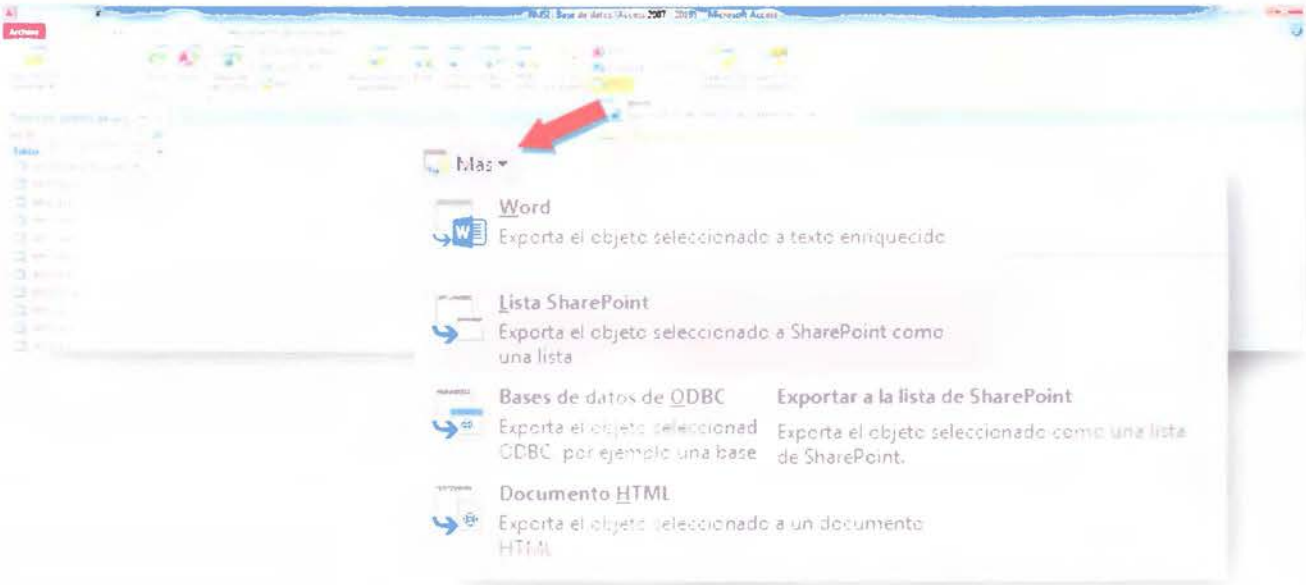


Imagen 45. *Exportación de tablas en Microsoft Access a listas de SharePoint (Fuente: Elaboración propia).*

Ahora bien, una vez almacenada digitalmente la información que se tenía en las libretas, se debió crear una forma de ingresar al sistema los datos de los nuevos levantamientos de manera sencilla.

Por lo tanto, con la ayuda del programa Microsoft InfoPath Designer, se crearon formularios para el ingreso de los datos crudos, formularios que solicitan los datos de acuerdo al tipo de levantamiento al que corresponda y que está intrínsecamente relacionado con la plataforma de SharePoint, ya que, los datos son ingresados por medio del formulario y automáticamente se almacenan en la biblioteca de SharePoint y este se enlaza, también, con las tablas dinámicas de Excel.

Se creó un formulario por cada tipo de control para cada torre *(ver imagen 47 y 48)*. A cada formulario se le asignó un título y un formato de presentación, y a cada uno de los formularios se le relaciona el campo o celda de dato, que es al mismo tiempo la misma celda en la lista de SharePoint. Cada uno de esos campos debió ser configurado de manera que no permita errores al momento que se ingresan los nuevos datos, por ejemplo en cuanto al dato de ángulo, en el campo de grados (°) no se puede ingresar un dato mayor a 359°, de lo contrario se mostrará un cuadro de diálogo que expresará el error y hasta que este sea corregido se puede guardar.

Control de Asentamiento

Torre 13

Fecha del levantamiento base

Fecha de la base: 17/06/2002 Número de libreta: CO-822 Número de página: 49

(Si debe cambiar la base diríjase al encargado de Líneas de Transmisión)

Fecha del nuevo levantamiento

Fecha: * Número de libreta: * Número de página: *

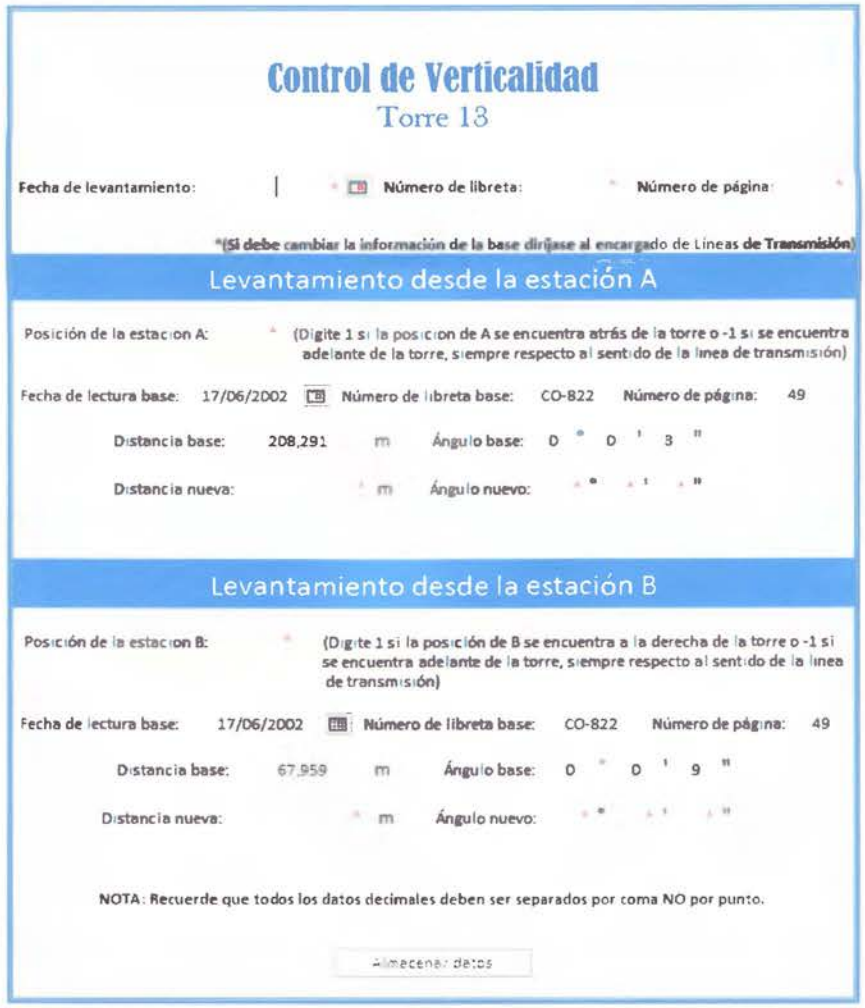
Elevación base de la torre: 2.111,6400

Bases		Primera nivelación		Segunda nivelación	
		Medida al centro: *		Medida al centro: *	
A	2.112,7885	Punto A:	*	Punto A:	*
B	2.112,954	Punto B:	*	Punto B:	*
C	2.112,9575	Punto C:	*	Punto C:	*
D	2.112,788	Punto D:	*	Punto D:	*

NOTA: Recuerde que todos los datos decimales deben ser separados por coma NO por punto.

Almacenar datos

Imagen 46. *Formulario para el control de asentamiento (Fuente: Elaboración propia).*



Control de Verticalidad

Torre 13

Fecha de levantamiento: | Número de libreta: Número de página:

*(Si debe cambiar la información de la base dirijase al encargado de Lineas de Transmisión)

Levantamiento desde la estación A

Posición de la estacion A: (Digite 1 si la posicion de A se encuentra atrás de la torre o -1 si se encuentra adelante de la torre, siempre respecto al sentido de la linea de transmisión)

Fecha de lectura base: 17/06/2002 Número de libreta base: CO-822 Número de página: 49

Distancia base: 208,291 m Ángulo base: 0 ° 0 ' 3 "

Distancia nueva: m Ángulo nuevo: ° ' "

Levantamiento desde la estación B

Posición de la estacion B: (Digite 1 si la posición de B se encuentra a la derecha de la torre o -1 si se encuentra adelante de la torre, siempre respecto al sentido de la linea de transmisión)

Fecha de lectura base: 17/06/2002 Número de libreta base: CO-822 Número de página: 49

Distancia base: 67,959 m Ángulo base: 0 ° 0 ' 9 "

Distancia nueva: m Ángulo nuevo: ° ' "

NOTA: Recuerde que todos los datos decimales deben ser separados por coma NO por punto.

Almacenar datos

Imagen 47. *Formulario para el control de verticalidad (Fuente: Elaboración propia).*

Como se puede observar en las imágenes anteriores, los formularios contienen por defecto la información de la lectura base, la cual si es necesario cambiarla se debe acudir a la persona responsable de tratar la información de las líneas de transmisión para que esta realice dicha modificación.

Para el ingreso de los datos obtenidos en nuevos levantamientos, se estableció un sitio sobre la misma plataforma SharePoint que da acceso a cada uno de los formularios como se observa en la siguiente imagen.

Imagen 48. *Acceso a los formularios para el ingreso de datos (Fuente: Elaboración propia).*

La creación de un sitio específico para las torres en la implementación informática SharePoint permitirá que desde cualquier lugar se ingresen los datos en los formularios correspondientes de las nuevas mediciones realizadas a las torres, por parte de las personas autorizadas de la cuadrilla de trabajo, los cuales están condicionados al ingreso de información, únicamente de los datos "crudos", es decir, los datos que se tomaron por medio de los equipos topográficos sin realizar algún tipo de cálculo.

Los datos acá ingresados serán autorizados por el encargado de la auscultación de las torres, el cual revisará la información y confirmará el ingreso de los datos para que

dentro del mismo sitio se realicen los cálculos previamente automatizados para obtener los resultados, tanto del control de asentamiento como del control de verticalidad.

Como se mencionó en un inicio, este sitio en la implementación informática SharePoint funciona como biblioteca, ya que contiene todo el histórico que anteriormente se recopiló digitalmente y en el cual se realizan las comparaciones con las nuevas mediciones. Lo cual resulta ampliamente beneficioso para el trabajo del control de obras de las torres, tanto la plataforma SharePoint, como las tablas dinámicas de Excel y la base de datos de Access, agilizan por completo el trabajo y permiten la actualización rápida y veraz de la información.

4.5 Establecer una composición cartográfica que permita analizar la estabilidad de las torres auscultadas.

Como se mencionó en la metodología, gracias a la UEN-TE se obtuvo una serie de insumos con los que además de la información de cada torre, se inicia el establecimiento de la composición cartográfica que es el producto final y el más importante objetivo de la presente práctica.

Es trascendental acentuar que al realizar la reunión con la UEN-TE se obtuvo un logro muy grande, puesto que se vieron muy interesados en el establecimiento de la geodatabase, ya que esta permitirá el acceso para las diferentes personas y departamentos quienes están comprometidos con el estado de las torres y de esta

manera ellos mismos se pondrán de acuerdo para realizar llaves comunes para trabajar al mismo tiempo la base de datos y que con ello resulte más sencilla la interpretación de la información y pueda así complementarse el mantenimiento de las torres.

Es precisamente por ese motivo, que la UEN-TE proporcionó las imágenes LIDAR como insumo para el presente trabajo y estuvo a disposición para lo que fuera necesario. A partir de este momento se da inicio con el desarrollo de la geodatabase, realizando una comparación de las coordenadas de las torres auscultadas, así como de la numeración con ambas informaciones, la que tenía a disposición el departamento de Auscultación con las imágenes LIDAR que brindó la UEN-TE.

La base de datos geográficos creada en ArcCatalog, fue nombrada como *Auscultacion_torres.gdb* siguiendo las normas de escritura dictadas por parte del departamento de SIG del ICE para los nombres de las bases de datos y teniendo presente que los nombres de geodatabases se deben establecer sin dejar espacios en blanco.

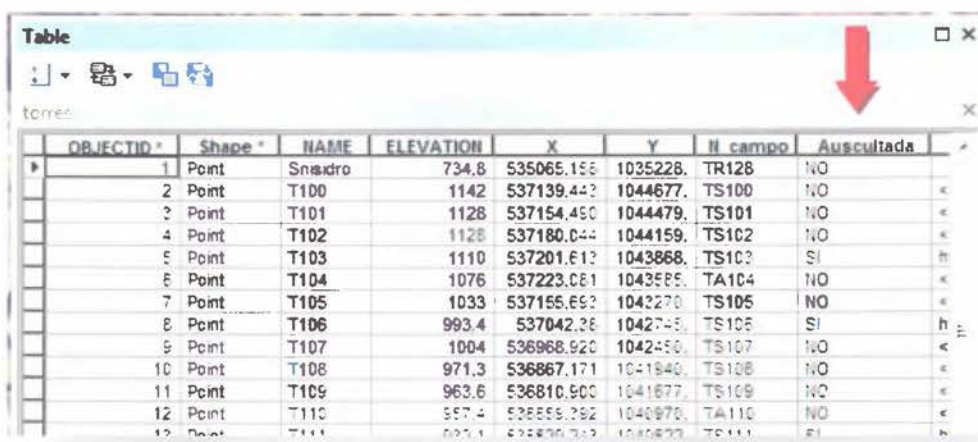
Para la creación de los mapas, los cuales se detallarán más adelante, se importaron a la geodatabase las entidades que ya se tenían como insumos, como los shapefiles de cantones, poblados, fallas y carreteras de Costa Rica.

Posteriormente, para el caso específico de las torres, se procedió a crear un shapefile, por medio de AutoCAD y las imágenes LIDAR, para simbolizar el cuerpo de la torre, es decir, el cuadrante de la torre y otro para puntualizar los cuatro vértices de ese cuadrante de la torre *(ver imagen 50)*. También fue necesario crear un shapefile para

detallar los accesos a las torres desde las carreteras principales, lo cual se digitalizó con ayuda de las ortofotos.

Imagen 49. *Shapefile de las torres (Fuente: Elaboración propia).*

Cada uno de los archivos shapes contiene una tabla de atributos asociada, a la cual se le puede agregar la información deseada. Por lo tanto con la ayuda de ArcMap, iniciando sesión en la herramienta "Editor", para el caso del shapefile nombrado como LineaTransmision se le agregó una columna llamada Auscultada, esta columna contendrá la información de cuales torres son auscultadas y cuáles no *(ver imagen 51)*.



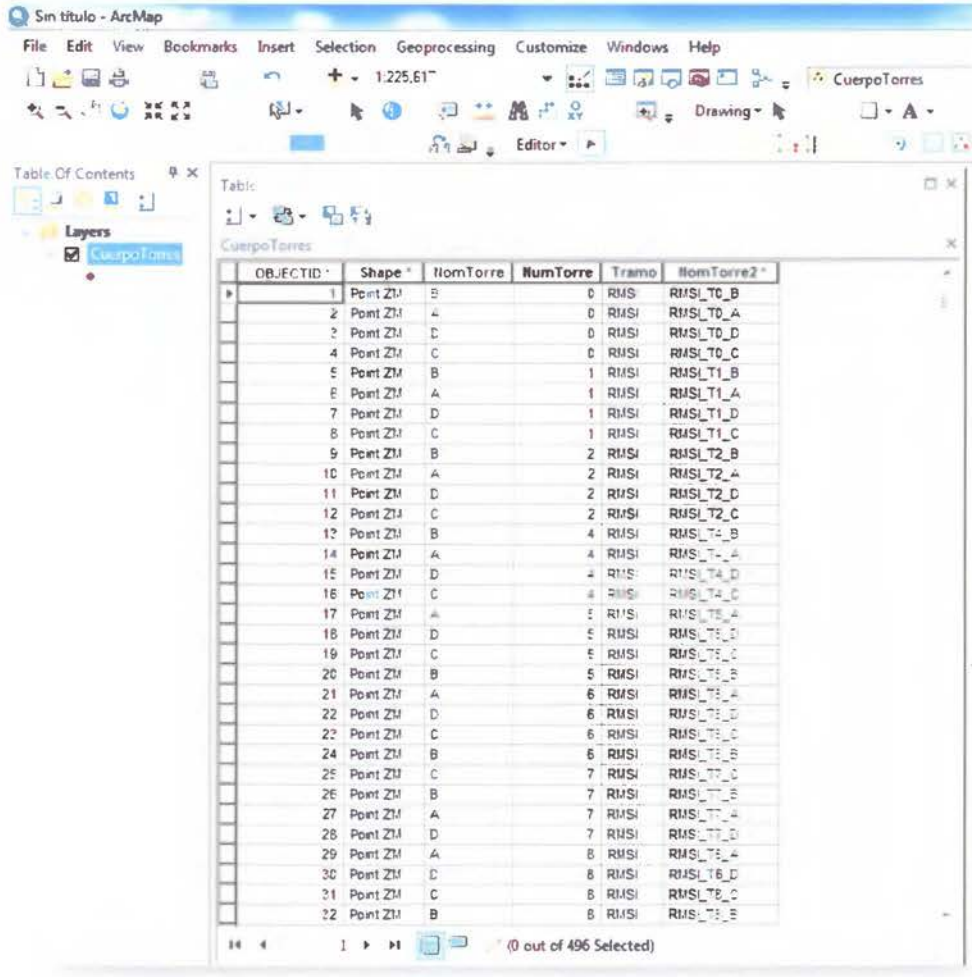
Table

torres

OBJECTID *	Shape *	NAME	ELEVATION	X	Y	N_campo	Auscultada
1	Point	Sneidro	734.8	535065.155	1035228.	TR128	NO
2	Point	T100	1142	537139.443	1044677.	TS100	NO
3	Point	T101	1128	537154.490	1044479.	TS101	NO
4	Point	T102	1128	537180.044	1044159.	TS102	NO
5	Point	T103	1110	537201.612	1043868.	TS103	SI
6	Point	T104	1076	537223.081	1043585.	TA104	NO
7	Point	T105	1033	537155.693	1043270.	TS105	NO
8	Point	T106	993.4	537042.28	1042745.	TS106	SI
9	Point	T107	1004	536968.920	1042450.	TS107	NO
10	Point	T108	971.3	536867.171	1041940.	TS108	NO
11	Point	T109	963.6	536810.900	1041677.	TS109	NO
12	Point	T110	957.4	536555.292	1040970.	TA110	NO

Imagen 50. *Columna agregada en la tabla de atributos, que muestra las torres auscultadas y las que no*

Al shapefile de CuerpoTorres, el cual es una entidad de puntos, se le agrega tres columnas más: NomTorre (Nombre de la pata A, B, C o D), NumTorre (Número de torre) y NomTorre2 (Fórmula: [Tramo] & "_T" & [NumTorre] &"_" & [NomTorre]), esta última columna mostrará el nombre del tramo, número de torre a la que pertenece y el índice de la pata de la torre a la que hace referencia, como se observa en la imagen.



OBJECTID *	Shape *	NomTorre	NumTorre	Tramo	NomTorre2 *
1	Point ZM	B	0	RMSI	RMSI_T0_B
2	Point ZM	A	0	RMSI	RMSI_T0_A
3	Point ZM	D	0	RMSI	RMSI_T0_D
4	Point ZM	C	0	RMSI	RMSI_T0_C
5	Point ZM	B	1	RMSI	RMSI_T1_B
6	Point ZM	A	1	RMSI	RMSI_T1_A
7	Point ZM	D	1	RMSI	RMSI_T1_D
8	Point ZM	C	1	RMSI	RMSI_T1_C
9	Point ZM	B	2	RMSI	RMSI_T2_B
10	Point ZM	A	2	RMSI	RMSI_T2_A
11	Point ZM	D	2	RMSI	RMSI_T2_D
12	Point ZM	C	2	RMSI	RMSI_T2_C
13	Point ZM	B	4	RMSI	RMSI_T4_B
14	Point ZM	A	4	RMSI	RMSI_T4_A
15	Point ZM	D	4	RMSI	RMSI_T4_D
16	Point ZM	C	4	RMSI	RMSI_T4_C
17	Point ZM	A	5	RMSI	RMSI_T5_A
18	Point ZM	D	5	RMSI	RMSI_T5_D
19	Point ZM	C	5	RMSI	RMSI_T5_C
20	Point ZM	B	5	RMSI	RMSI_T5_B
21	Point ZM	A	6	RMSI	RMSI_T6_A
22	Point ZM	D	6	RMSI	RMSI_T6_D
23	Point ZM	C	6	RMSI	RMSI_T6_C
24	Point ZM	B	6	RMSI	RMSI_T6_B
25	Point ZM	C	7	RMSI	RMSI_T7_C
26	Point ZM	B	7	RMSI	RMSI_T7_B
27	Point ZM	A	7	RMSI	RMSI_T7_A
28	Point ZM	D	7	RMSI	RMSI_T7_D
29	Point ZM	A	8	RMSI	RMSI_T8_A
30	Point ZM	D	8	RMSI	RMSI_T8_D
31	Point ZM	C	8	RMSI	RMSI_T8_C
32	Point ZM	B	8	RMSI	RMSI_T8_B

Imagen 51. *Columnas agregadas a la tabla de atributos (Fuente: Elaboración propia).*

Todos los shapes creados también fueron importados a la base de datos Auscultación_torres.gdb, mediante la aplicación ArcCatalog, como se observa en la siguiente imagen.

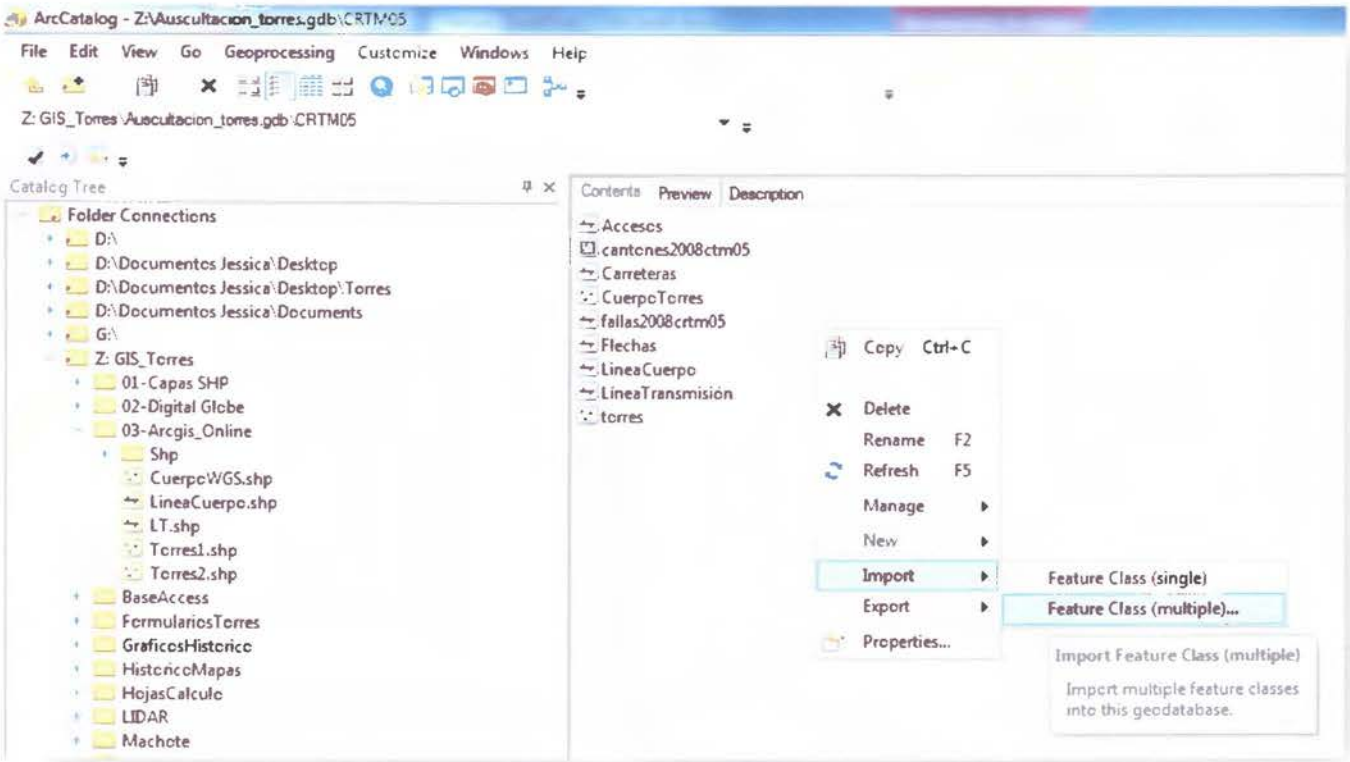


Imagen 52. *Shapefiles agregados a la base de datos Auscultacion_torres.gdb (Fuente: Elaboración propia).*

Una vez que se tienen todos los archivos necesarios, se procedió a realizar en ArcMap, un mapa para cada torre auscultada de la línea de transmisión de Río Macho – San Isidro, en el cual se adjuntan todas las entidades que se tienen como insumos (Poblados, Cantones, LíneaTransmisión, CuerpoTorres, Accesos, Flechas, imagen LIDAR, entre otros) y se le da formato a cada una de esas capas, al tipo de letra de la etiqueta *(ver imagen 54)*, a la posición de esta, la simbología de la capa y demás.

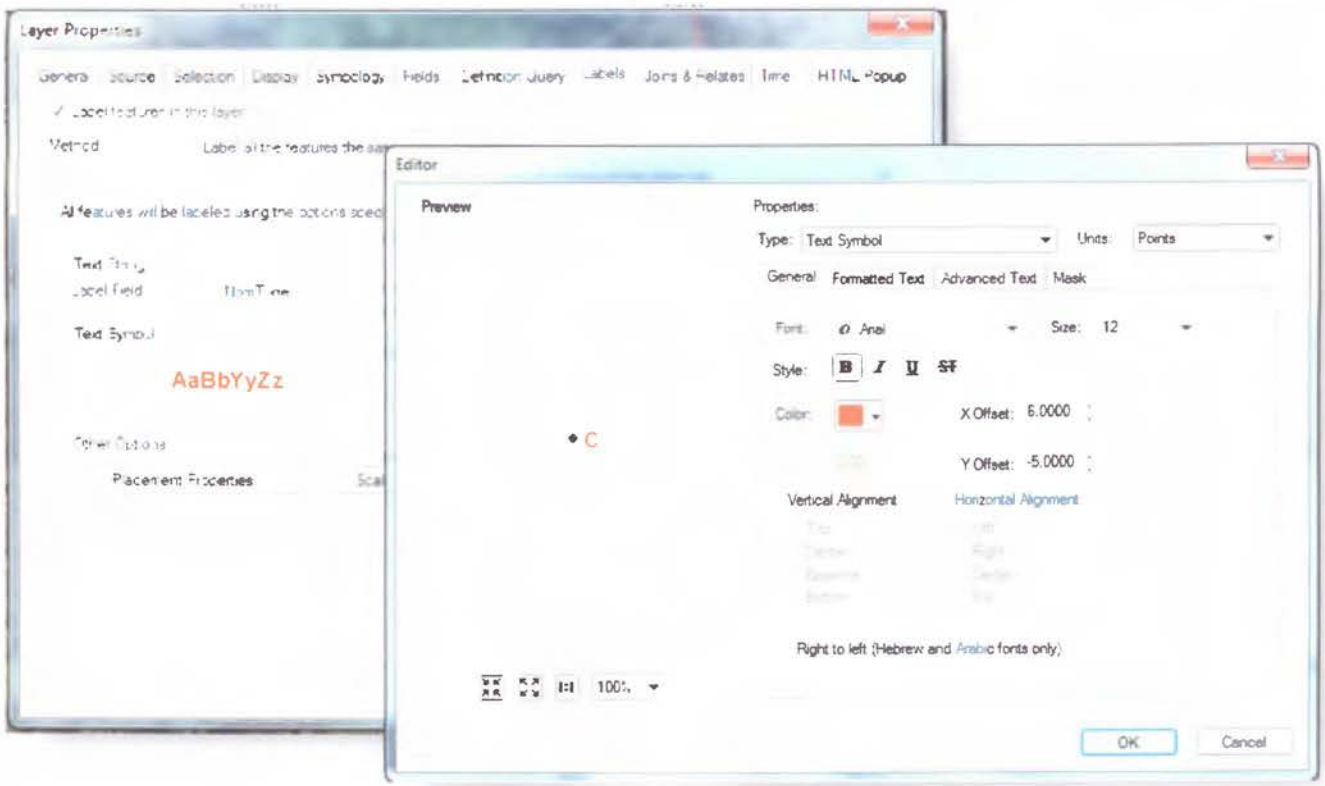


Imagen 53. *Propiedades para cada entidad utilizada (Fuente: Elaboración propia).*

En el caso de la capa del cuerpo de la torre se detalló y se dieron las propiedades necesarias para que se etiquete correctamente cada esquina del cuadrante o pata de la torre, de manera que las etiquetas queden alrededor del cuadrante y no que estas intersecten al cuadrante y queden atravesadas. Esto se logra a través de la herramienta Labeling y en esta se activa la opción "Use Maplex Label Engine", ya con esta opción en las propiedades de la capa se pueden hacer los cambios de la posición rodeando al cuadrante *(ver imagen 55 y 56).*

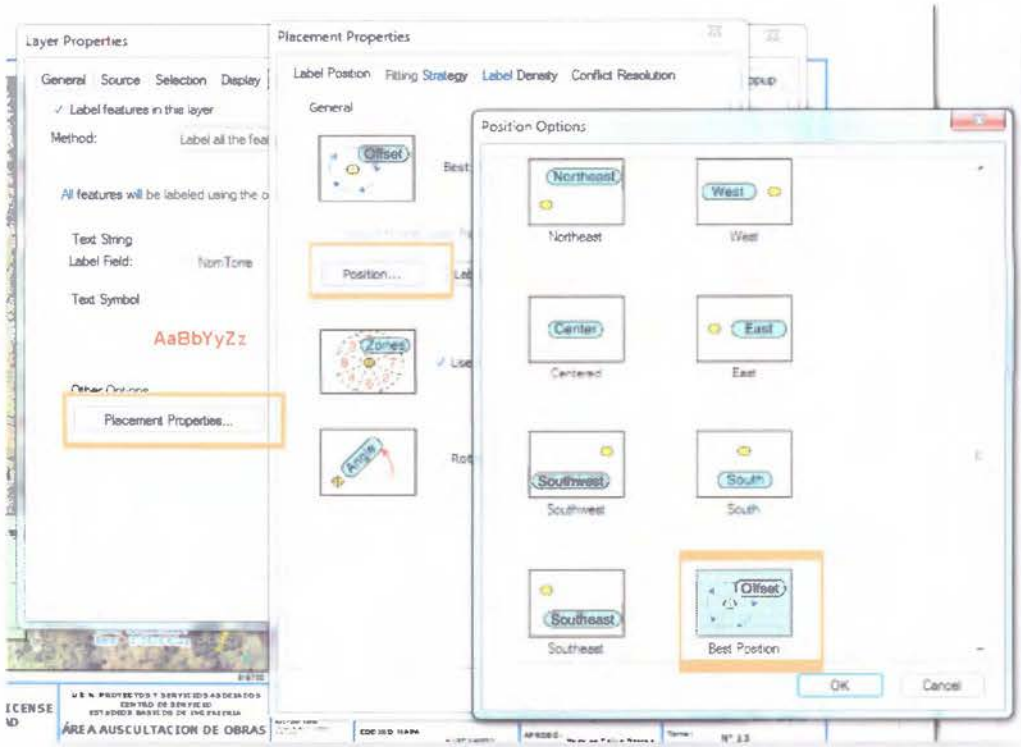


Imagen 54. *Propiedades para la capa CuerpoTorres (Fuente: Elaboración propia).*

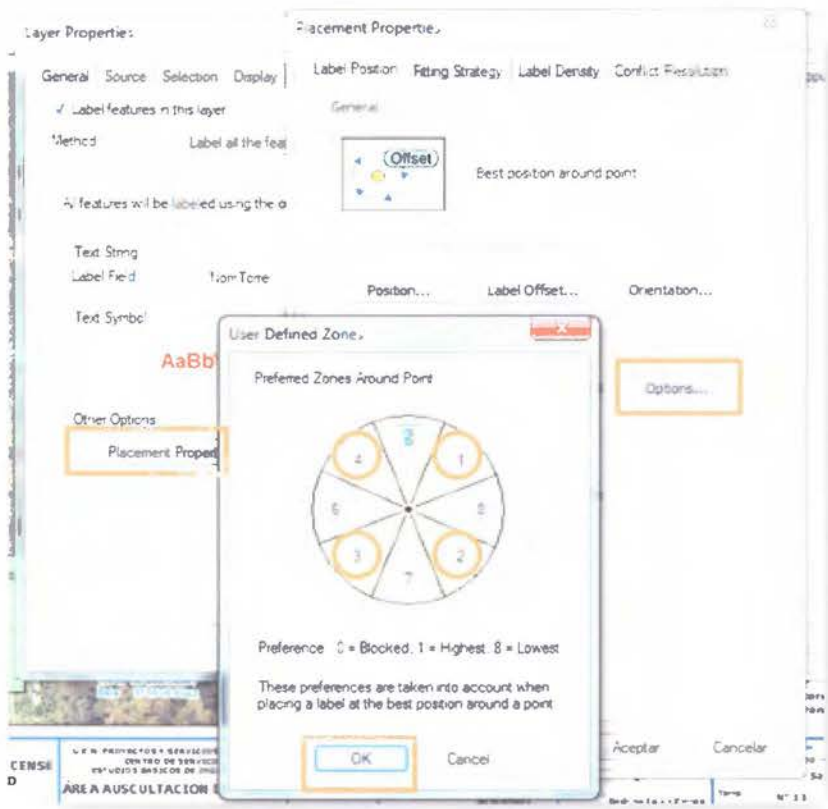


Imagen 55. *Zonas definidas para la posición de las etiquetas del cuadrante de la torre.*

Al realizar el procedimiento anterior se logra que las etiquetas se posicionen alrededor del cuadrante de la torre como se observa en la siguiente imagen.

Imagen 56. *Posición de las etiquetas del cuadrante de la torre (Fuente: Elaboración propia).*

En este caso que se realizó un mapa por cada una de las torres auscultadas con la la vista de Layout para realizar dicha composición cartográfica *(ver imagen 58)*.

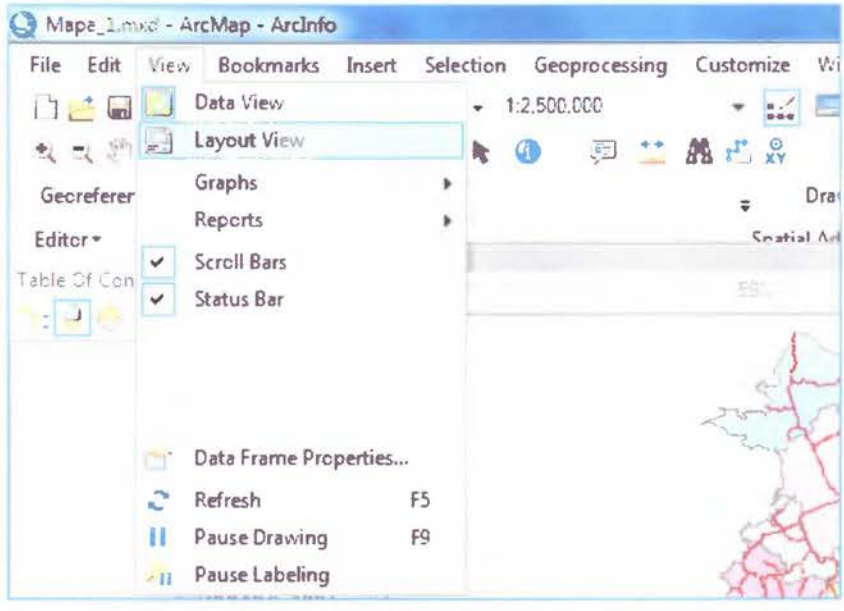


Imagen 57. *Utilización de la vista Layout para crear la composición cartográfica (Fuente: Elaboración propia).*

En esta vista se introdujo un marco de datos que se configuró conforme se deseaba la composición de cada mapa, este marco es un marco general que se conforma de toda la información de las entidades o capas creadas anteriormente y el cual se configuró con un tamaño de doble carta, este se consideró un tamaño suficiente para una correcta visualización en caso de la impresión del mismo. A este marco de datos se le introduce un espacio para el cuadro de datos, donde se colocó la información de la institución y departamento por quien es emitido, información del sistema de coordenadas al que pertenece la cartografía, fecha de emisión, escala a la que se encuentra el mapa, código de mapa (el cual representará el número consecutivo de los mapas), nombre de quien dibujó, verificó y aprobó dicha muestra, línea, tramo y número de torre a la que pertenece el mapa. Todo esto se coloca en la parte inferior del cuadro *(ver imagen 59)*.

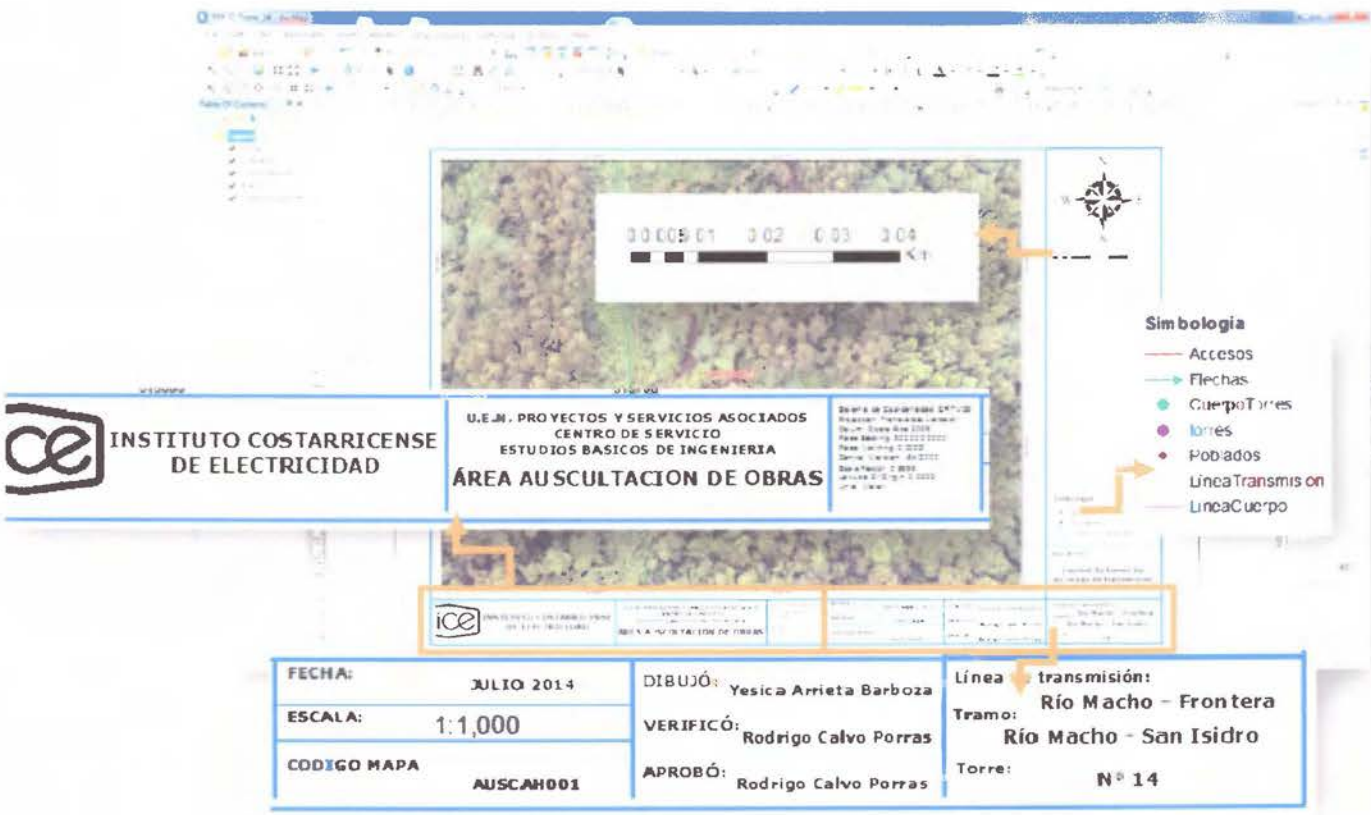


Imagen 58. *Cuadro de datos, utilizado en la composición cartográfica (Fuente: Elaboración propia).*

Como se observa también en la imagen anterior, al mapa se le añade un Norte, la escala gráfica y la simbología del plano. Claro está que en este cuadro de datos se realiza un acercamiento en la torre que se está trabajando, principalmente para la impresión, sin embargo en el programa, también se pueden observar las demás torres, realizando un alejamiento de la imagen.

La cartografía realizada lleva conjuntamente otro cuadro de datos (Data Frame) de la localización de la torre y para este caso en el que se está trabajando cada torre por mapa, en la capa de Torres se identifica con un símbolo distinto a las demás, para ello, en las propiedades de la capa, se selecciona el menú de Simbología y en este mismo se selecciona un símbolo diferente como se observa en las siguientes imágenes.

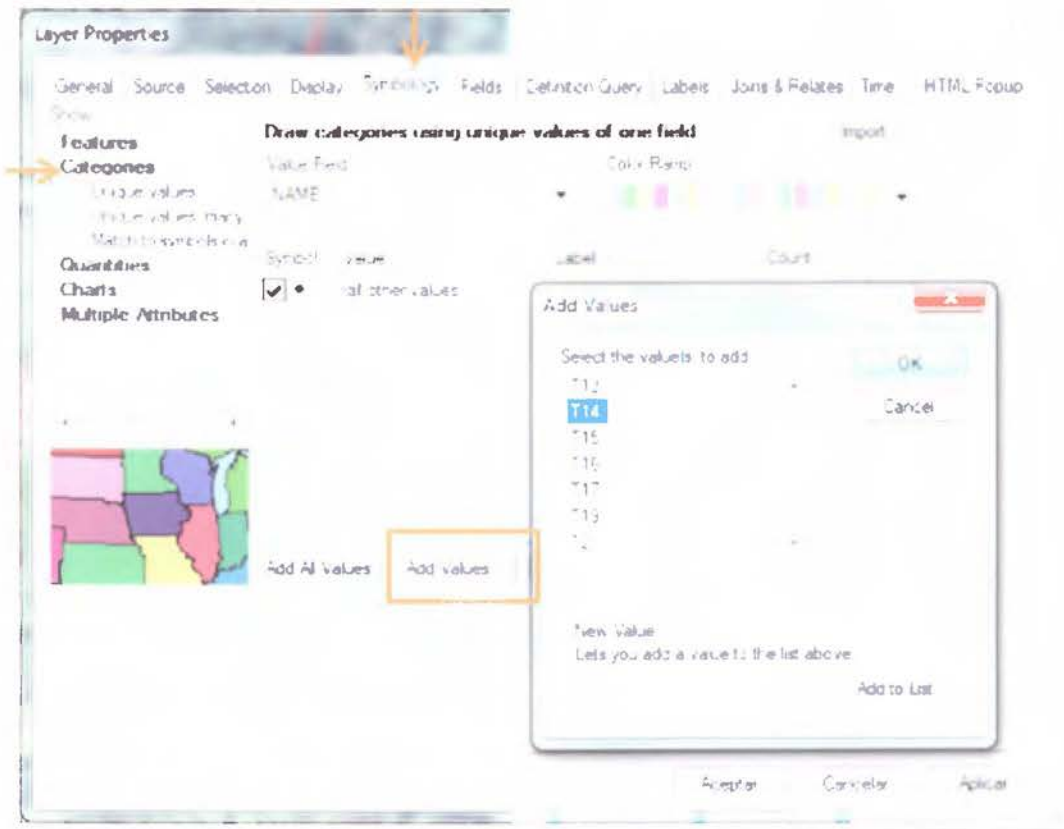


Imagen 59. *Selección del valor de la torre que se quiere identificar (Fuente: Elaboración propia).*

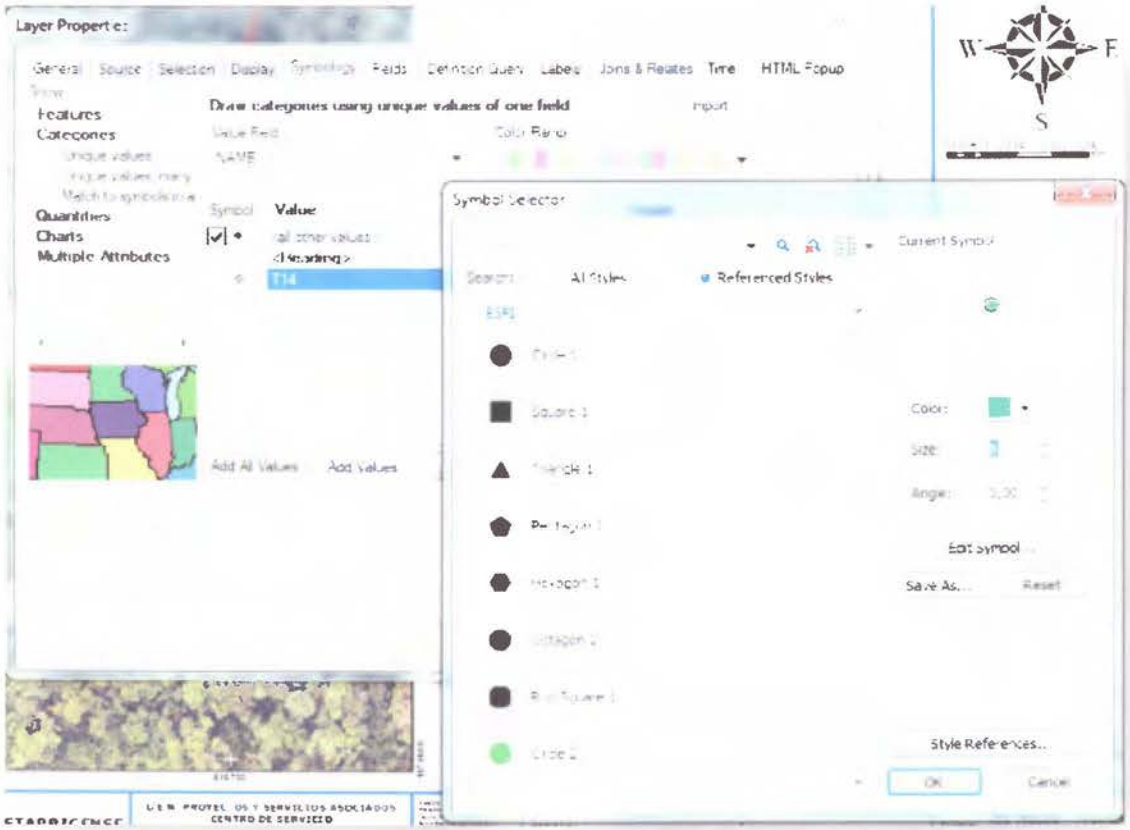


Imagen 60. *Diferenciar la torre a la que representa el mapa (Fuente: Elaboración propia).*

En la siguiente imagen se observa el resultado de agregar un cuadro de localización en el mapa, donde se observan los nombres de las comunidades y carreteras que se encuentran cerca de la torre para ubicarla fácilmente.

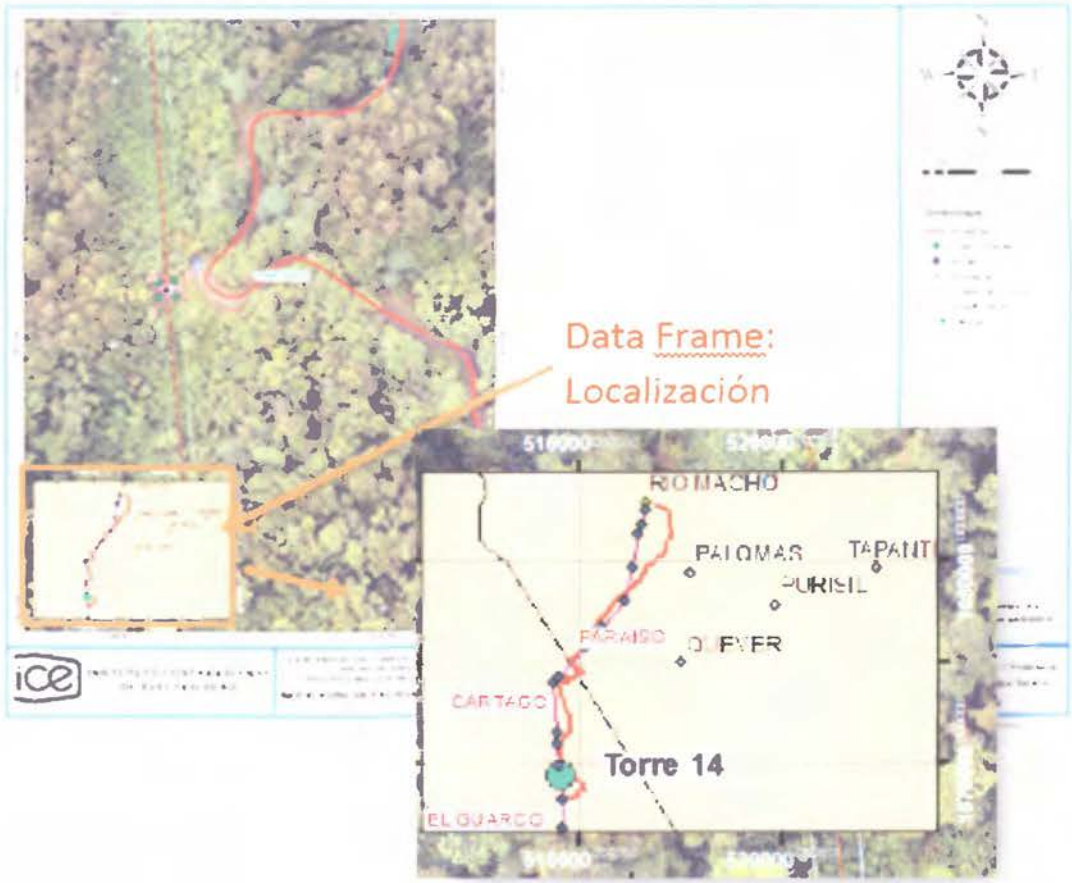


Imagen 61. *Cuadro de datos para localización de la torre (Fuente: Elaboración propia).*

Asimismo en el borde derecho se adjunta un tercer cuadro de datos que muestra mayoritariamente el cuadrante de la torre (las cuatro patas de la torre) a la que pertenece el mapa *(ver imagen 63)*.

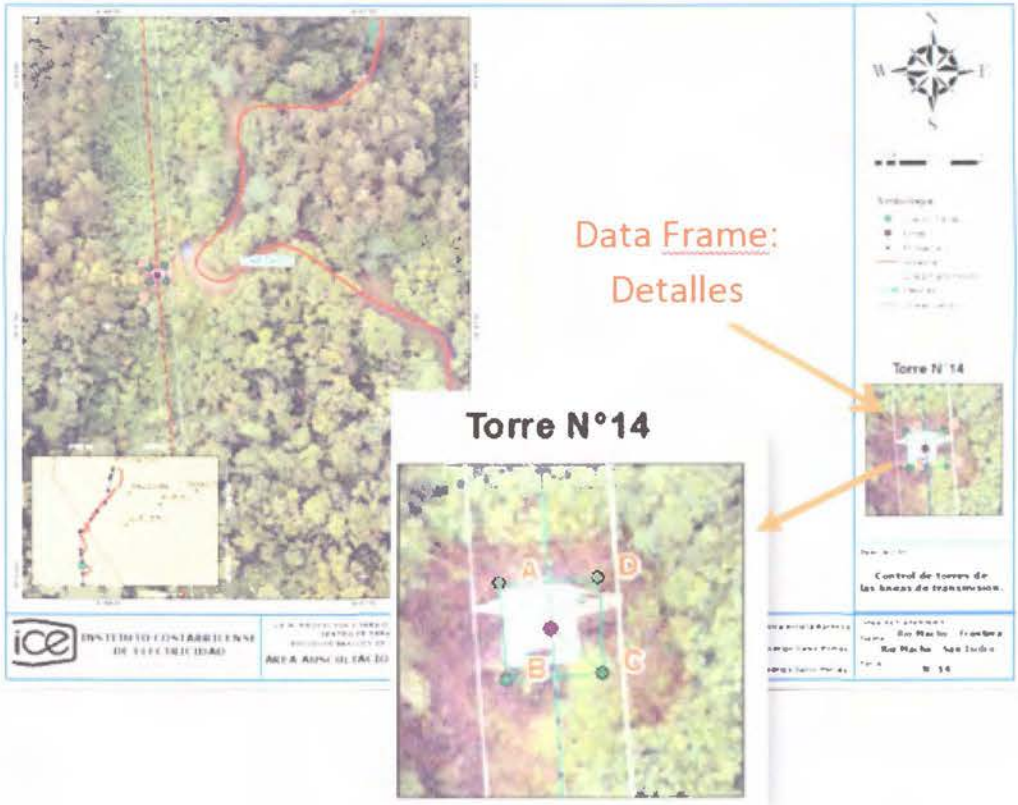


Imagen 62. *Cuadro de datos con ampliación de la imagen de la torre (Fuente: Elaboración propia).*

Una vez que se tuvo la cartografía acoplada y con el fin de enlazar los resultados procedentes de las mediciones, a cada mapa, que corresponde a la vez a una torre auscultada, se le adjuntaron las tablas de Excel a las tablas de atributos de cada shapefile, es decir, la tabla que contiene la información del control vertical se une a la entidad de Torres y la que contiene el control de asentamiento se une a la capa del cuerpo de la torre.Esto se logra con la opción "Joins and Relates" para cada capa *(ver imagen 64)*.

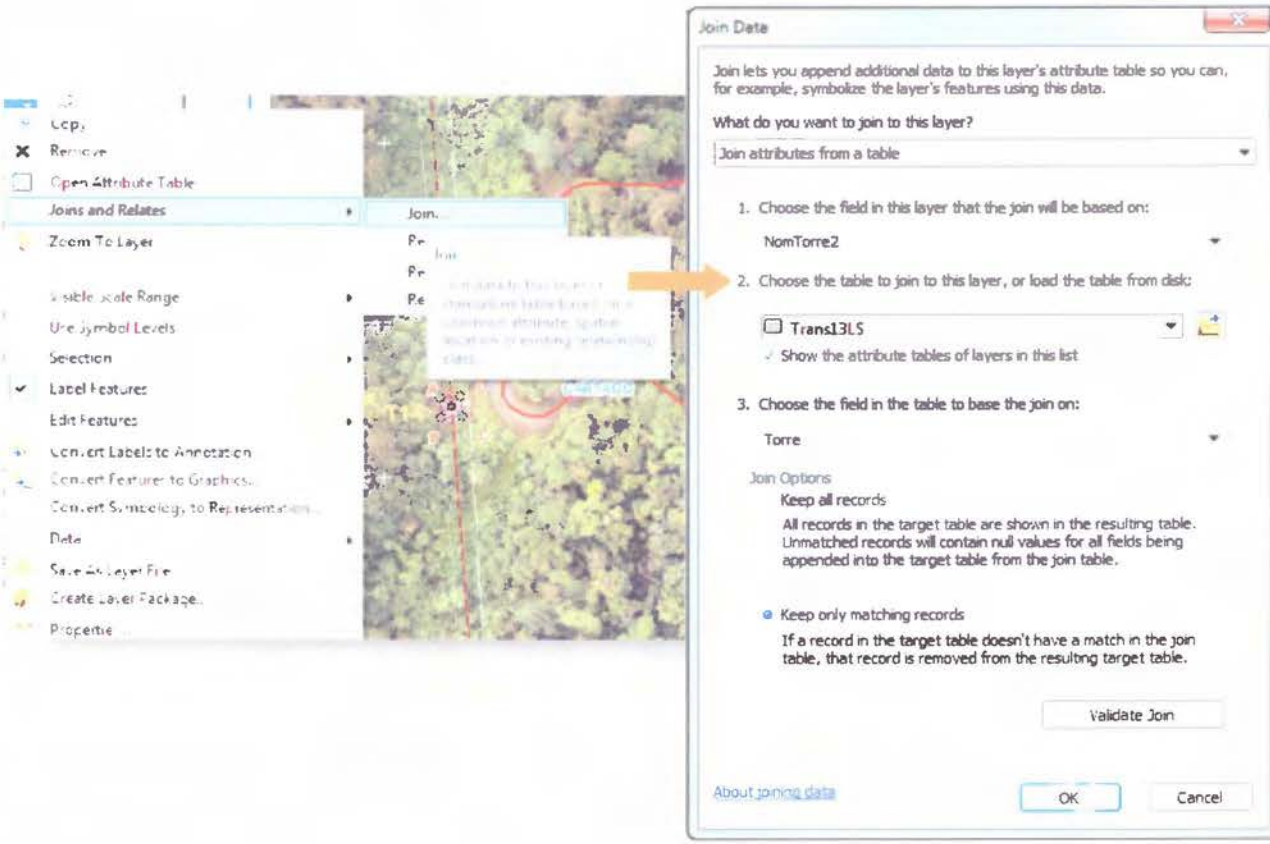


Imagen 63. *Unión de la tabla de información de Excel con la tabla de atributos de la capa en SIG (Fuente: Elaboración propia).*

Para ello es necesario que tanto la tabla de atributos del shapefile y la tabla procedente de Excel (la cual se había completado anteriormente con las tablas dinámicas), contengan una columna con la misma información *(ver imagen 65)* con las que se puedan hacer coincidir ambas tablas en el SIG, posteriormente se oculta una de las columnas de manera que no haya información repetida en el momento de hacer las consultas en el sistema. Al realizar esta conexión de tablas, cada vez que se ingresan datos en el SharePoint y se actualizan las tablas en Excel, se actualiza automáticamente la información en el GIS también.

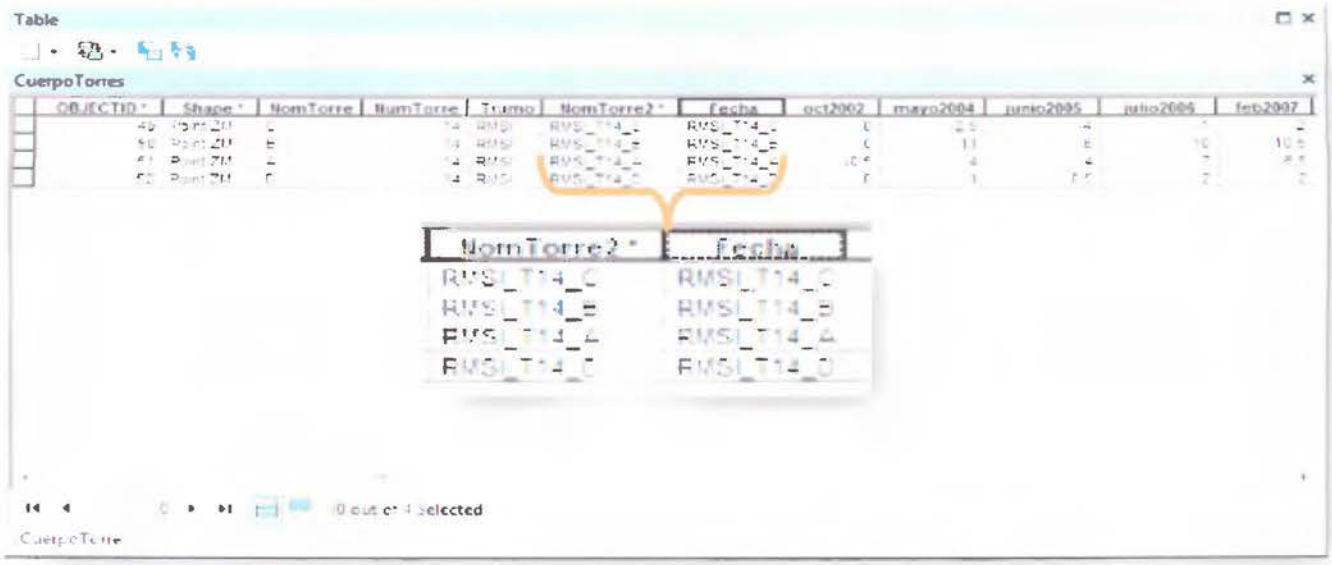


Imagen 64. *Columnas semejantes para vincular las tablas de atributos (Fuente: Elaboración propia).*

Como se muestra en la siguiente imagen, al realizar una consulta en el sistema para observar la información de una torre con el ícono de identificador se muestra un cuadro de diálogo en el que se observa la información resultante de la combinación de los datos de la entidad o capa del SIG y los datos de la tabla dinámica de Excel, estos últimos exponen los datos del comportamiento de la torre que se ha obtenido a través de las diferentes campañas de medición realizadas por el departamento de Auscultación.

Si se pica la torre en el centro se expondrá la información del control de verticalidad *(ver imagen 66)* y si se pica en cada pata, se abrirá un cuadro con la información del asentamiento o levantamiento que ha tenido ese vértice de la torre *(ver imagen 67),* es decir, cada pata de la torre muestra su propia información.

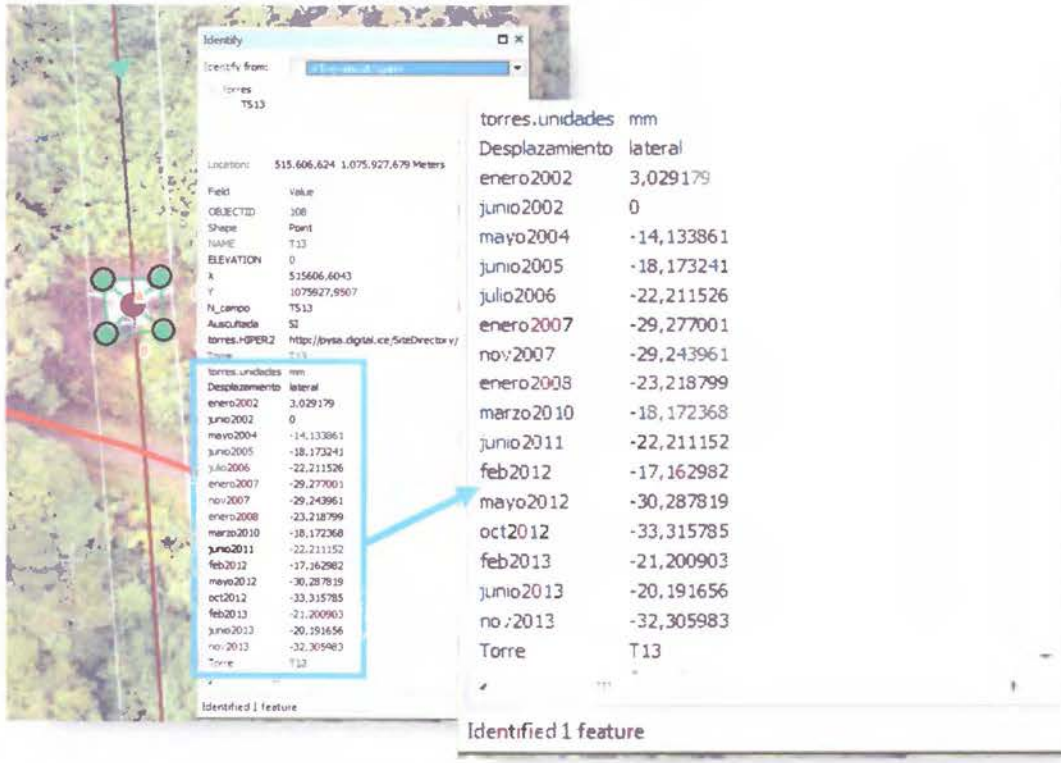


Imagen 65. *Información dada al realizar consultas en el SIG, control de verticalidad.*

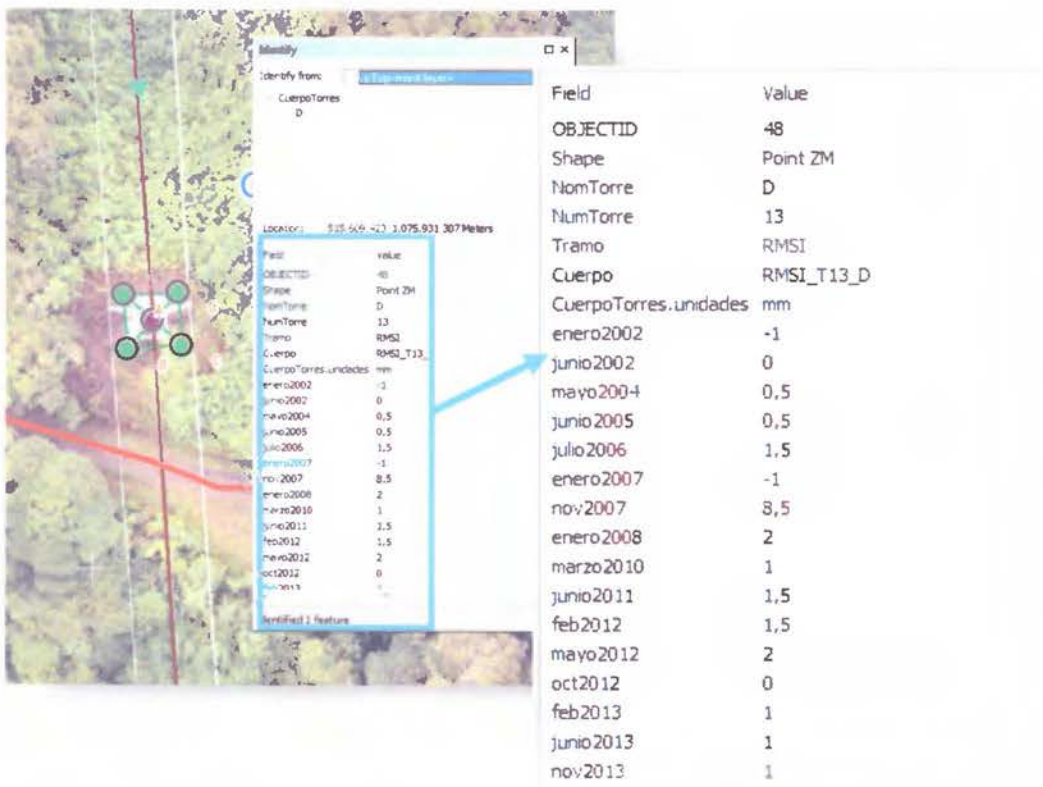


Imagen 66. *Información dada al realizar consultas en el SIG, control de asentamiento de la pata D, torre 13.*

Sin embargo, a manera de resumen al mapa que contiene todas las torres, que es el mapa general, se le vincularon unas tablas de Excel, las cuales contienen la información de cada torre pero dando un promedio semestral, es decir, revela información promedio del control de verticalidad así como del control de asentamiento para cada extremo de la torre.

Por otra parte, en cada uno de los mapas se añade un hipervínculo que mostrará los gráficos que han sido guardados en el SharePoint del control realizado a cada torre, el cual es adicionado en el shapefile o capa de las torres y cuando se da click sobre la torre, este automáticamente redirecciona a la página de SharePoint donde se muestran esos gráficos *(ver imagen 69)*.

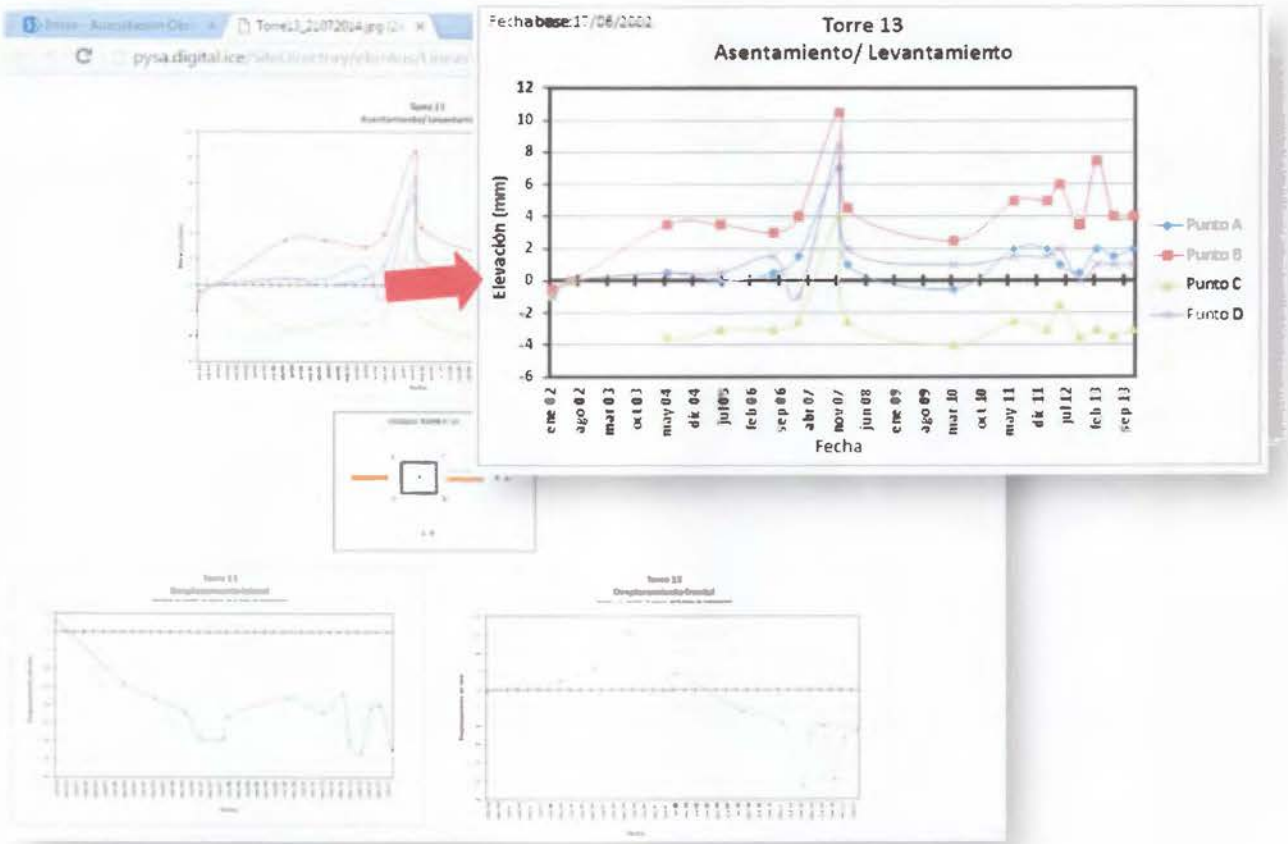


Imagen 67. *Gráficos en el Sharepoint vinculados al SIG (Fuente: Elaboración propia).*

No obstante, también se adjuntan una a una las imágenes de los gráficos al mapa para que puedan ser observados en caso de que estos se impriman, como se observa a continuación.

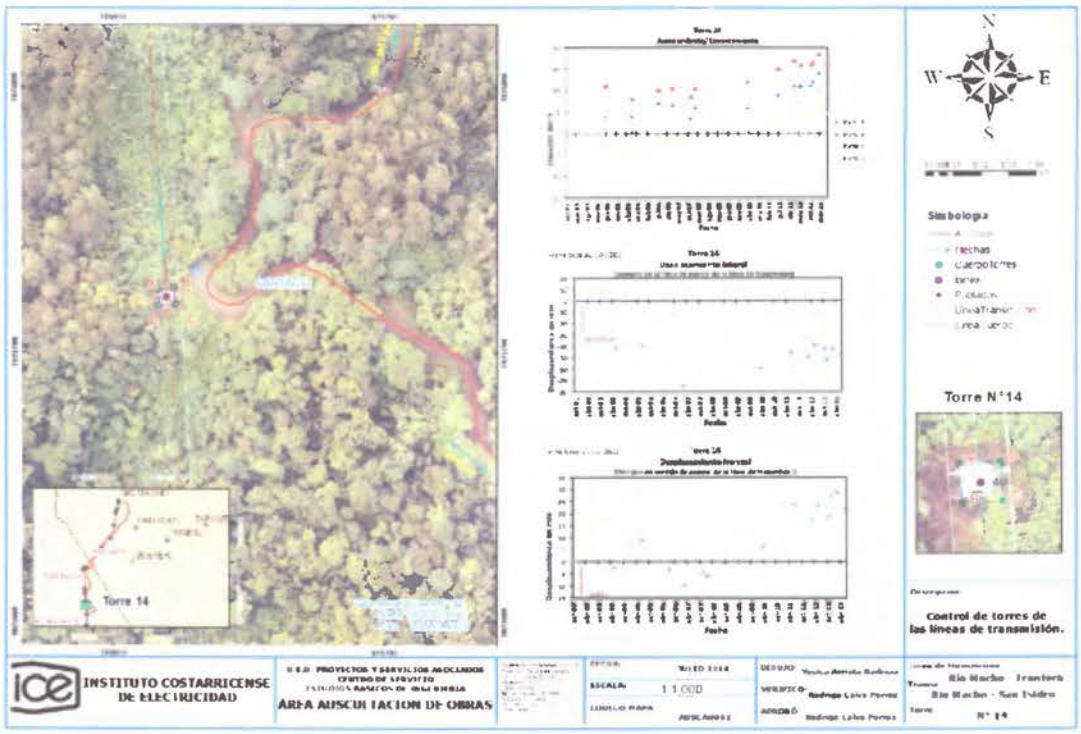


Imagen 68. *Mapa completo de cada torre (Fuente: Elaboración propia).*

Para finalizar con el mapa, se realizan los últimos detalles como mostrar la dirección de los caminos, el sentido de avance de la línea de transmisión lo cual se muestra con flechas, entre otros. Todo este procedimiento fue realizado para cada una de las torres y como se observa, este es una vista muy completa de la información gráfica en caso de ser impreso *(ver Anexo 4)* y a la vez, en caso de ser consultada, en cada torre se mostrará la información tanto del control de asentamiento como del control de verticalidad en un cuadro de diálogo.

4.5.1 Utilización de ArcGIS Online

Es muy importante destacar, haciendo aún un mayor provecho de las tecnologías y de los Sistemas de Información Geográfica y con el fin de que los diferentes usuarios, encargados e interesados del control de las torres puedan ubicar fácilmente las torres, se hizo uso de ArcGIS Online.

Para ingresar los datos a esta plataforma fue necesario realizar una transformación de coordenadas de los shapefiles de coordenadas CRTM05 (coordenadas con las que se realizó toda la cartografía de las torres) a WGS84.

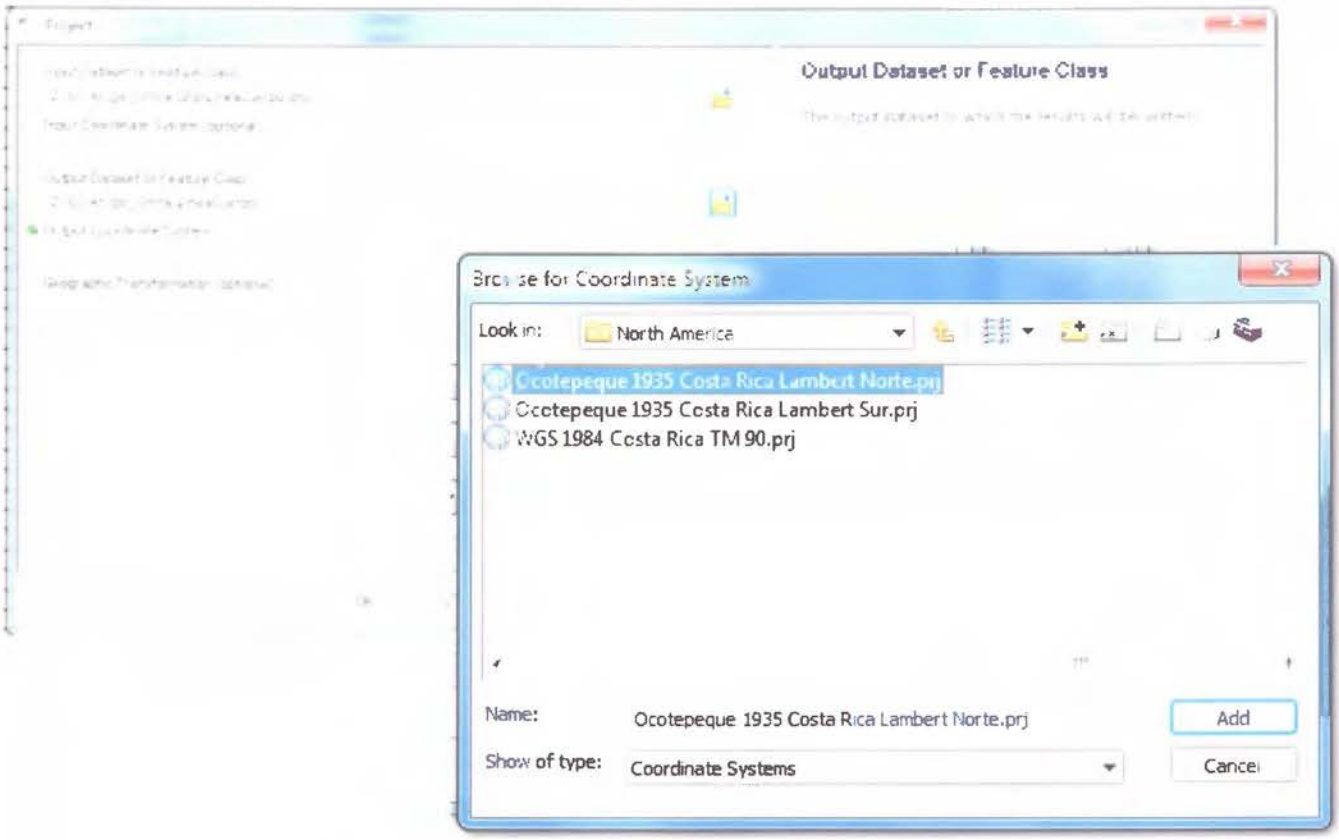


Imagen 69. *Cambio de coordenadas de CRTM05 a WGS84 (Fuente: Elaboración propia).*

Posteriormente, para agregar los shapefiles como elementos al ArcGIS Online se comprime una carpeta en un archivo .zip, después de haber creado el mapa que se desea utilizar. Por lo tanto se agregan las capas desde un archivo y se importa la capa.

Como se puede observar en la siguiente imagen, en el mapa aparecen las capas importadas, las cuales corresponden al tramo, en este caso, de Río Macho – San Isidro. A cada capa se le dan las propiedades deseadas, como leyendas, se cambian los colores identificando las torres auscultadas de las que no, se cambia el tamaño de los símbolos.

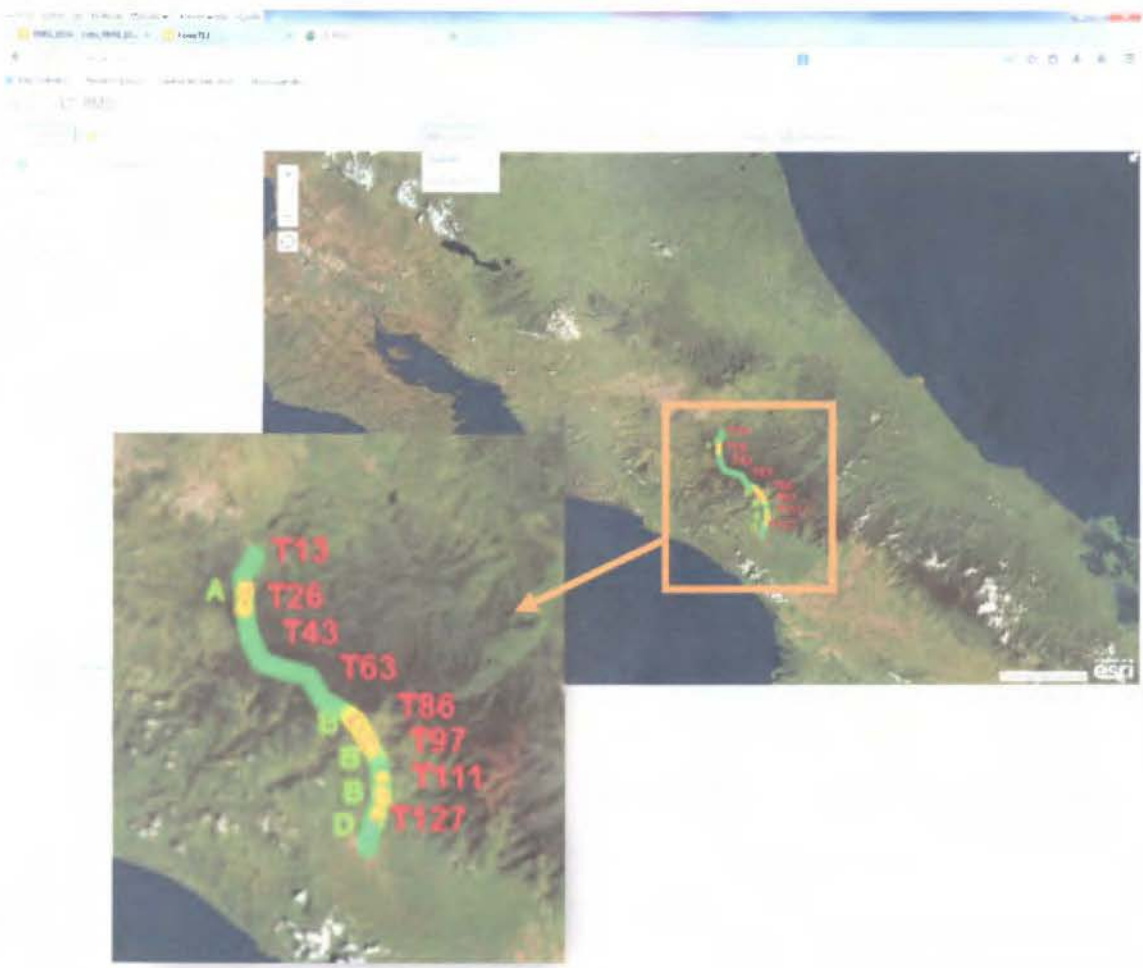


Imagen 70. *Línea de transmisión exportada al ArcGIS Online (Fuente: Elaboración propia).*

Finalmente toda esta información es almacenada en la plataforma y el encargado del departamento dará el acceso a esta, a las personas que considere necesario y las cuales podrán accesar desde sus celulares para obtener la ubicación de las torres.

Asimismo, al finalizar la presente práctica se realizó un manual *(ver Anexo 5)* explicando todo el procedimiento a realizar con cada torre y cada Línea de Transmisión, desde los cálculos hasta la parte de la composición cartográfica, de manera que tanto el encargado como todo aquel a quien le corresponda o esté interesado de aplicar el presente proyecto, le resulte más sencillo y pueda rápidamente realizar todo el proceso.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Un proceso de auscultación y análisis a través del tiempo permite detectar un problema antes de que este se suscite. Una correcta auscultación puede revelar a tiempo una falla en las estructuras, la cual puede empezar a remediarse de manera eficiente al implementarse un adecuado proceso de control de las obras. Por tanto el departamento de Auscultación de Obras realiza mediciones en veintidós torres pertenecientes a la línea de transmisión Río Macho – San Isidro, lo cual ha sido solicitado por el departamento de la UEN – Transporte, esto porque son torres con mayor vulnerabilidad ya que se encuentran en una zona de relieve ondulado a accidentado con picos importantes. En general estas zonas son bastante susceptibles a deslizamientos, por lo cual las torres en esta zona así como cualquier estructura de ingeniería necesitan de un control óptimo a lo largo de la vida de las mismas.

- Durante la observación de los métodos de medición utilizados para la auscultación de las torres, se detectaron algunas discrepancias en cuanto a las direcciones de los movimientos detectados, lo cual fue corregido para que en futuras mediciones los resultados sean interpretados uniformemente sin importar la posición de las estaciones o puntos de control.

- Los avances en sistemas informáticos actuales permiten que casi la totalidad de la información pueda ser digitalizada, lo cual representa una gran ventaja para que en caso de requerirse se pueda tener en forma oportuna el histórico del comportamiento de las estructuras de las torres de las líneas de transmisión, lo cual favorece la productividad, objetivo que se logró con la realización del presente proyecto.

- El tener la información digitalizada representa un menor espacio de almacenaje y se evita con ello la pérdida de documentos que puede ocurrir al guardar durante mucho tiempo todos los documentos existentes. La digitalización se transforma en un instrumento seguro de la gestión de datos, el cual es de fácil accesibilidad, permite rapidez y practicidad para consultar la información de las torres en el momento deseado.

- A lo largo del presente trabajo se hizo evidente, la importancia de los sistemas que agilizan y presentan de forma rápida y precisa la información de las diferentes auscultaciones que realiza el departamento de Auscultación de Obras, ya que se estableció un Sistema de Información Geográfica, específico para la auscultación de la línea de transmisión eléctrica Río Macho – San Isidro.

- El sistema implementado funciona como base de datos y es de gran utilidad para presentar todos los resultados de los comportamientos que tienen las diferentes torres, no solo el comportamiento para un momento específico sino el comportamiento que han tenido a través del tiempo, también permite resolver gran cantidad de estudios para el

análisis de las torres y con ello lograr la determinación oportuna de situaciones que puedan comprometer la estabilidad de las torres.

- Cada torre tiene su propio mapa cartográfico, en el cual se puede observar correctamente su ubicación, sus coordenadas, la posición de cada vértice de la torre, los accesos que esta tiene, gráficos que muestran los movimientos verticales y horizontales de la torre, información general y la simbología. Este mapa se configuró en tamaño doble carta para ser impreso si así se desea.

- Un logro muy importante que se obtuvo con el desarrollo de la presente práctica fue un mayor acercamiento entre los departamentos a los que les corresponde velar por las líneas de transmisión eléctrica, la comunicación entre los departamentos de la UEN-Transporte y Auscultación de Obras del ICE es de gran importancia para la organización de las diferentes labores que se deben realizar para mantener el buen estado de las torres o prever alguna situación con las mismas. El desarrollo de la geodatabase resulta muy conveniente que los departamentos puedan accesar la información y a la vez brindar o ingresar información que les parezca necesaria, ya que la utilización de este sistema contribuye con los principios de calidad, seguridad, confiabilidad, continuidad y operación buscados por el Instituto Costarricense de Electricidad.

- Este trabajo fue realizado como plan piloto en una de las líneas de transmisión eléctrica perteneciente al ICE, la línea Río Macho – San Isidro, por lo tanto fue necesario realizar un manual en el que se detallan todos los procedimientos que se llevaron a cabo,

desde la digitalización de la información, utilización de la plataforma SharePoint y hasta el procedimiento más importante y objetivo principal del presente trabajo, la implementación de un SIG. Para que estos pasos sean efectuados en las demás líneas de transmisión eléctrica o bien, para el mantenimiento del presente proyecto.

- Otra herramienta que se utilizó y se implementó con este proyecto, es la utilización del ArcGIS Online, en el cual se realizó la configuración necesaria para ingresar en el mapa de Costa Rica, la ubicación de la línea de transmisión Río Macho-San Isidro y con ello cada una de las torres que la componen diferenciando a las que son auscultadas. De manera que al dar acceso a las personas que corresponde y que están a cargo, estas pueden ubicar fácilmente la torre que deseen y ser guiados por medio de la aplicación para llegar a esta como cualquier aplicación de navegación conocida.

- Es muy importante reiterar que durante el desarrollo del presente trabajo se transcurrió un largo proceso para el desarrollo de las diferentes aplicaciones y programas de manera que se lograra concluir con el mayor objetivo planteado que fue la optimización y automatización de la información y de los diferentes procesos para obtener los resultados finales de las auscultaciones.

5.2 Recomendaciones

- Se debe velar porque se realice un adecuado mantenimiento a los puntos desde los cuales se realizan las mediciones, de manera que no se introduzcan errores por el deterioro o movimiento de estas estaciones.

- También es importante que se establezcan puntos de referencia fuera de la zona de influencia, con los que se pueda verificar el estado de las estaciones desde las que se realizan las actuales mediciones, ya que estos puntos o estaciones pueden verse afectados por los mismos movimientos o deslizamientos que alteran a las torres. En este punto es importante tomar en consideración las coordenadas internacionales, ya que se han detectado cambios en la proyecciócxccxsn CRTM05 debido primordialmente a sismos como el de Cinchona y el de Nicoya (Centro Nacional de Procesamiento de Datos GNSS, UNA, 2016).

- Se recomienda que cada cierto tiempo se realice el mantenimiento y las actualizaciones necesarias tanto a la implementación utilizada en SharePoint como a la geodatabase.

- Sería de gran provecho que se implementara el uso del escáner láser terrestre que pertenece al departamento de Auscultación de Obras, en el control de las torres de transmisión para complementar y obtener más detalladamente los movimientos que estas puedan sufrir.

- También, sería de gran importancia considerar los Sistemas de Posicionamiento Global para el control de las torres, lo que permite en conjunto con una red de puntos externa obtener el desplazamiento geoespacial de las mismas y de esta manera obtener las deformaciones o desplazamientos absolutos, lo cual es de gran trascendencia para estructuras tan importantes como lo son las líneas de transmisión eléctrica.

- La metodología que se desarrolló en el presente proyecto, es un sistema el cual es de gran importancia que se considere como un mecanismo replicable en las demás líneas de transmisión eléctrica controladas por el departamento de Auscultación de Obras del ICE.

- Es importante que para aplicar la metodología del presente proyecto se busque efectuar la capacitación del personal, ya que con esto se asegura una correcta aplicación del sistema en las demás líneas de transmisión y una efectiva actualización del que ha sido aplicado con el presente proyecto.

- A futuro se podría considerar la utilización de nuevos métodos de control de las torres, de manera que se aproveche la evolución que ha tenido la topografía y con ello la auscultación de obras; y se implementen nuevas tecnologías que aseguren una mayor precisión en los resultados.

Bibliografía

Área de Auscultación de Obras. (s.f.). *Método específico para el control de hundimiento.* San José: Instituto Costarricense de Electricidad.

Agencia federal de aviación de los Estados Unidos. (1965). *Líneas de Transmisión.* Mexico: Cvltvra.

Aguilar Ramírez, L. (2005). Dimensionamiento del hilo de guarda de las líneas aéreas de transmisión de electricidad. San José: Universidad de Costa Rica.

Alfaro Chavarría, C. (2009). *Propuesta de Sistema de Información Geográfica para cuantificar vulnerabilidad sísmica en el sistema de acueducto puente Mulas, área Metropolitana, AyA.* San José: Universidad Nacional.

Ávila, H. E. (08 de Agosto de 2011). II Jornada de actividades posdoctorales en Geografía de la República de Argentina (2010-2016). Argentina.

Barrantes Echavarría, R. (1999). *Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo.* San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Billings, M. (1954). *Geología estructural.* Barcelona, España: Prentice.

Burrough, P., & McDonnell, R. A. (1998). *Principios de sistemas de informacion geográfica* (Segunda edición ed.). Estados Unidos: Universidad de Oxford.

Buzai, G. D. (1999). *Geografía Global. El paradigma geotecnológico y el espacio interdisciplinario en la interpretación del mundo del siglo XXI.* Buenos Aires, Argentina: Lugar Editorial S.A.

Cantillano Alvarado, J. P. (2002). *Uso de los Sistemas de Información Geográfica para la planificación y respuesta integrada ante emergencias en el entorno urbano.* San José: Universidad de Costa Rica.

Castenedo Navarro, F. (2009). *Auscultación y control de túneles.* España: Madrid.

Centro Nacional de Procesamiento de Datos GNSS (2016). Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. Heredia: Universidad Nacional.

Centro Gestión Ambiental- UEN PSA. (2004). *Líneas de transmisión eléctrica.* San José: Instituto Costariicense de Electricidad.

Chillcce Choque, S. M. (2010). *Aplicación del sistema GPS en líneas de transmisión de alta tensión.* Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

Chueca Pazos, M., & Herráez Boquera, J. (1996). *Tratado de topo II: Métodos topográficos.* Madrid, España: Paraninfo.

Colorado Romero, D. M. (2010). *Diagn´stico del estado actual del sistema de transmisión eléctrico en Venezuela.* Caracas, Venezuela: Universidad Monteávila.

Contreras Echebarria, A. (2014). *Obtención de modelo 3D de la azotea de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universidad Politécnica*

de Madrid, mediante tecnología escáner 3D. Proyecto de graduación, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Cordero Calderón, C. (1999). *Auscultación de Obras.* San José.

Cordero Calderón, C. F. (1999). *Auscultación de obras.* San José, Costa Rica.

Davis, R. (1967). *Topografía elemental* . Mexico D.F: McGraw-Hill.

Davis, R. E., Foote, F. S., & Kelly, J. W. (1964). *Tratado de topografía.* México: McGraw-Hill.

de Luis Ruiz, J. M. (2009). *Contraste en la ejecución de auscultaciones geodésicas por métodos clásicosy con láser escáner.* España: Santander.

de Smith, M. J., Goodchild, M. F., & Longley, P. A. (s.f.). *Geospatial Analysis* (segunda ed.).

Dengo, J. M. (1959). *Proyecto hidroeléctrico Río Macho N°1 y líneas de transmisión suplementarias y subestciones.* San José: Instituto Costarricense de Electricidad .

Departamento de estudios básicos. (1978). *Informe sobre la Auscultación de la presa de Cachí y los diques de tierra de los embalses de el Llano y La Garita.* San José: Instituto Costarricense de Electricidad.

Domínguez Bravo, J. (2000). *Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica.* Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. Madrid, España: Editorial CIEMAT.

Dunnicliff, J. (s.f.). *The response of buildings to excavation - induced ground movements.* BiTech Publishers, Ltd.

ESRI. (2015). *ESRI.* Recuperado el abril de 2015, de http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/

Farjas, M. (s.f.). *Ingeniería, cartografía y geodesia.* Recuperado el noviembre de 2015, de Aplicaciones topográficas del GPS: http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_GPS_Tema_12.pdf

Farrarons Campdelacreu, L. (2009). *Estudio y análisis del trabajo de auscutación de un nuevo modelo de estación total automática.* Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Politécnica Superior, Barcelona, España.

Flores Silva, E. (1992). *Geografía de Costa Rica* (tercera ed.). San José, Costa Rica: EUNED.

Lizano, M. (2013). Estándar para la creación de los nombres de los conjuntos de datos, las clases de entidad y tablas contenidas en la Geodatabase de ArcGIS. Instituto Costarricense de Electricidad. San José. Grupo SIG-PySA.

Garbanzo León, J., & Vargas Vargas, E. (2011). *Diagnóstico sobre la afectación urbana de las nacientes del distrito San Rafael de Montes de Oca.* San José: Universidad de Costa Rica.

García Márquez, F. (2003). *Curso básico de topografía.* México: Editorial Pax.

García Martín, A., Rosique Campoy, M. F., & Segado Vázquez, F. E. (1994). *Topografía básica para ingenieros*. Murcia, España: Universidad de Murcia.

Geosystems, L. (s.f.). *Leica Geosystems*. Obtenido de http://www.leica-geosystems.es/es/HDS-Software_3490.htm

González Cabezas, A. M. (2008). *Lecciones de topografía y replanteos* (Cuarta ed.). San Vicente, España: Editorial Club Universitario.

Gutiérrez Puebla, J., & Gould, M. (2000). *SIG: Sistemas de información geográfica*. Madrid, España: Editorial Síntesis S.A.

Hernández Rosas, A. N., & Morales Padilla, F. (2005). *Diseño de torres de transmisión eléctrica*. México DF., México: Instituto Politécnico Nacional.

Hsieh, Y.-Y. (1970). *Teoría elemental de estructuras*. (A. Palomino I., Trad.) Mexico: Prentice-hall Hispanoamericana.

Jiménez Cordero, S. (2014). *Propuesta de implementación de un sistema de información catastral de las propiedades administradas por el Seguro de Salud de la Caja Costarricense de Seguro Social*. Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José.

Labor de organización y métodos. (1961). *Instructivo: líneas de transmisión*. San José: Instituto Costarricense de Electricidad.

Lovett, A., & Appleton, K. (s.f.). *GIS for Environmental Decision-Making.* New York, USA: CRC Press.

Martínez Mares, A. (2002). *Análisis y estudios de líneas de transmisión en C.A. desbalanceadas.* Universidad Autónoma de Nuevo Leon .

Medina Peralta, M. (1975). *Intrducción a la geodesia geométrica y técnica de las operaciones de campo.* Estados Unidos: Editorial Limusa.

Montes de Oca, M. (1970). *Topografía. S.E.P.* México.

Obras, U. d. (1988). *Informe sobre la auscultación del deslizamiento de San Blas, paso de las líneas de transmisión Río Macho- El Este y Cachí-El Este.* San José: Instituto Costarricense de Electricidad.

Peña LLopis, J. (s.f). *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio.* Editorial Club Universitario.

Pérez Navarro, A., Botella Plana, A., Muñoz Bollas, A., Olivella González, R., Olmedillas Hernández, J. C., & Rodríguez LLoret, J. (2011). *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática.* Barcelona, España: UOC.

Pierre Bergoeing, J. (2007). *Geomorfología de Costa Rica* (segunda ed.). San José: Librería Francesa.

Quezada Quezada, J. E. (2005). *Metodología de construcción de líneas de transmisión eléctrica.* Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.

Robles Fallas, E. (1971). *Auscultación de la presa Cachí.* San José: Universidad de Costa Rica.

Rodríguez Madrigal, R. (2008). *Aplicación de tecnología LIDAR de levantamientos topográficos de líneas de transmisión.* Heredia: Universidad Nacional.

Romero, L. F. (2012). *SharePoint 2010. Guía de usuario.* Universidad de Cantabria.

Salazar Castro, G. (2011). *Generalidades de una línea de transmisión de alta tensión.* San José, Costa Rica: Instituto Costarricense de Electricidad.

Santana Quintero, M., De Bruyne, M., Poelman, R., Hankar, M., Barnes, S., & Caner, H. (setiembre de 2008). *3D RiskMapping.* Obtenido de Teoría y práctica del Escaneado Láser Terrestre: http://jllerma.webs.upv.es/pdfs/Leonardo_Tutorial_Final_vers5_SPANISH.pdf

Schmidt, M. O., & Rapre, W. H. (1978). *Fundamentos de topografía.* México D.F: Continental.

Schuurman, N. (2004). *GIS a short introduction.* Australia: Blackwell Publishing.

Serrano Durán, J. M. (2011). *Análisis y gestión de riesgos en el mantenimiento de un sistema eléctrico, caso de una: subestación de alta tensión.* Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.

Valverde Calderón, J. F. (2013). *JFVC's Blog.* Recuperado el 2015, de Topografía 1: https://jfvc.files.wordpress.com/2013/08/capitulo-1_introduccion.pdf

Vila Ortega, J. J., Jiménez Cleves, G., & Garzón Barrero, J. (2012). *Monitoreo y control topográfico de Obras*. Armenia, Colombia: Universidad del Quindio.

Vila, J., & Varga, D. (2008). *Los Sistemas de Información Geográfica* . Girona, España: Documenta Universitaria.

Wolf, P., & Ghilani, C. (2008). *Topografía*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A.

Yarima, S. (25 de marzo de 2015). *Educación geográfica*. Recuperado el mayo de 2015, de http:eduaciongeograficasally.blogspot.com/2015/03/codigos-de-trasmision-de-informacion.html

ANEXOS

ANEXO 1.

Líneas de transmisión de todo el país.

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN-ICE

ZONAS CRÍTICAS

ANEXO 2.

Tabla de Excel

FECHA LECT. NUEVA	N° LIBRETA	PÁG.	FECHA DE LECT. BASE	EST.	POSICIÓN	TIPO MED.	MEDICIÓN LECT. BASE °	'	"	MEDICIÓN NUEVA °	'	"	DECIMALES LEC. BASE	DECIMALES LEC. NUEVA	DIFERENCIA LECTURAS		DIFERENCIA ANGULAR	°	'	"	DIFERENCIA MÉTRICA (mm)	PUNTO	ELEV. BASE	PRIMERA LEC centro	lectura
							CÁLCULO CONTROL DE VERTICALIDAD																		
17/06/2002	CO-822	49	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0	0	3	0	0	3	0.00083	0.000833	0	0	+	0	0	0	0.00	A	2111.64	1.618	0.47
						DIST (m)	208.291			208.291											0.00	B			0.304
				B	derecha	AZIMUT	0	0	9	0	0	9	0.0025	0.0025	0	0	+	0	0	0	0.00	C			0.301
						DIST	67.959			67.959											0.00	D			0.47
31/10/2002	CO-822	77	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0	0	3	0	0	0	0.00083	0	-0.00083333	0.000833	+	0	0	3	3.03	A	2111.64	1.748	0.6
						DIST (m)	208.291			208.271											-20.00	B			0.435
				B	derecha	AZIMUT	0	0	9	0	0	7	0.0025	0.001944	-0.00055556	-0.000556	-	0	0	2	-0.66	C			0.43
						DIST	67.959			67.934											-25.00	D			0.601
19/05/2004	CO-981	27	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0	0	3	0	0	17	0.00083	0.004722	0.00388889	-0.003889	-	0	0	14	-14.13	A	2111.64	1.725	0.576
						DIST (m)	208.291			208.237											-54.00	B			0.408
				B	derecha	AZIMUT	0	0	9	0	0	16	0.0025	0.004444	0.00194444	0.001944	+	0	0	7	2.31	C			0.412
						DIST	67.959			67.957											-2.00	D			0.577
24/06/2005	CO-981	72	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0	0	3	0	0	21	0.00083	0.005833	0.005	-0.005	-	0	0	18	-18.17	A	2111.64	1.683	0.535
						DIST (m)	208.291			208.25											-41.00	B			0.366
				B	derecha	AZIMUT	0	0	9	0	0	28	0.0025	0.007778	0.00527778	0.005278	+	0	0	19	5.72	C			0.369
						DIST	67.959			62.079											-5880.00	D			0.535
28/07/2006	CO-1122	20	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0	0	3	0	0	25	0.00083	0.006944	0.00611111	-0.006111	-	0	0	22	-22.21	A	2111.64	1.839	0.69
						DIST (m)	208.291			208.248											-43.00	B			0.521
				B	derecha	AZIMUT	0	0	9	0	0	57	0.0025	0.015833	0.01333333	0.013333	+	0	0	48	15.82	C			0.523
						DIST	67.959			67.966											7.00	D			0.689
07/02/2007	CO-1138	5	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0	0	3	0	0	32	0.00083	0.008889	0.00805556	-0.008056	-	0	0	29	-29.28	A	2111.64	1.818	0.669
						DIST (m)	208.291			208.235											-56.00	B			0.5
				B	derecha	AZIMUT	0	0	9				0.0025	0	-0.0025	-0.0025	-	0	0	9	0.00	C			0.503
						DIST	67.959														-67959.00	D			0.671
09/11/2007	CO-1122	27	17/06/2002	A	adelante	AZIMUT	0	0	3	0	0	32	0.00083	0.008889	0.00805556	-0.008056	-	0	0	29	-29.28	A	2111.64	1.639	0.49
						DIST (m)	208.291			208.256											-35.00	B			0.321
				B	derecha	AZIMUT	0	0	9				0.0025	0	-0.0025	-0.0025	-	0	0	9	0.00	C			0.324
						DIST	67.959														-67959.00	D			0.489
08			02	A	adelante	AZIMUT	0	0	3	0	0	26	0.00083	0.007222	0.00638889	-0.006389	-	0	0	23	-23.22	A			0.532

CÁLCULO CONTROL DE ASENTAMIENTO						Río Macho - San Isidro					
						RESULTADOS					
CTURA	SEGUNDÀ LECTURA			PROMEDIO	MED. LECTURA BASE	CONTROL DE VERTICALIDAD				ASENTAMIENTO	
						DESPLAZAMIENTO LATERAL		DESPLAZAMIENTO FRONTAL			
ELEVACIÓN	centro	lectura	ELEVACIÓN			IZQUIERDA	DERECHA	ATRÁS	ADELANTE	PUNTO	DIFERENCIA (mm)
2112.788	1.631	0.482	2112.789	2112.7885	2112.789					A	0.00
2112.954		0.317	2112.954	2112.9540	2112.954					B	0.00
2112.957		0.313	2112.958	2112.9575	2112.9575					C	0.00
2112.788		0.483	2112.788	2112.7880	2112.788					D	0.00
2112.788	1.734	0.587	2112.787	2112.7875	2112.789		3.03	-0.66		A	-1.00
2112.953		0.42	2112.954	2112.9535	2112.954					B	-0.50
2112.958		0.419	2112.955	2112.9565	2112.9575					C	-1.00
2112.787		0.587	2112.787	2112.7870	2112.788					D	-1.00
2112.789	1.743	0.594	2112.789	2112.7890	2112.789	-14.13			2.31	A	0.50
2112.957		0.425	2112.958	2112.9575	2112.954					B	3.50
2112.953		0.428	2112.955	2112.9540	2112.9575					C	-3.50
2112.788		0.594	2112.789	2112.7885	2112.788					D	0.50
2112.788	1.718	0.569	2112.789	2112.7885	2112.789	-18.17			5.72	A	0.00
2112.957		0.4	2112.958	2112.9575	2112.954					B	3.50
2112.954		0.403	2112.955	2112.9545	2112.9575					C	-3.00
2112.788		0.569	2112.789	2112.7885	2112.788					D	0.50
2112.789	1.844	0.695	2112.789	2112.7890	2112.789	-22.21			15.82	A	0.50
2112.958		0.528	2112.956	2112.9570	2112.954					B	3.00
2112.956		0.531	2112.953	2112.9545	2112.9575					C	-3.00
2112.79		0.695	2112.789	2112.7895	2112.788					D	1.50
2112.789	1.812	0.661	2112.791	2112.7900	2112.789	-29.28				A	1.50
2112.958		0.494	2112.958	2112.9580	2112.954					B	4.00
2112.955		0.497	2112.955	2112.9550	2112.9575					C	-2.50
2112.787		0.665	2112.787	2112.7870	2112.788					D	-1.00
2112.789	1.652	0.49	2112.802	2112.7955	2112.789	-29.28				A	7.00
2112.958		0.321	2112.971	2112.9645	2112.954					B	10.50
2112.955		0.324	2112.968	2112.9615	2112.9575					C	4.00
2112.79		0.489	2112.803	2112.7965	2112.788					D	8.50
2112.79		0.552	2112.789	2112.7895	2112.789					A	1.00

ANEXO 3.

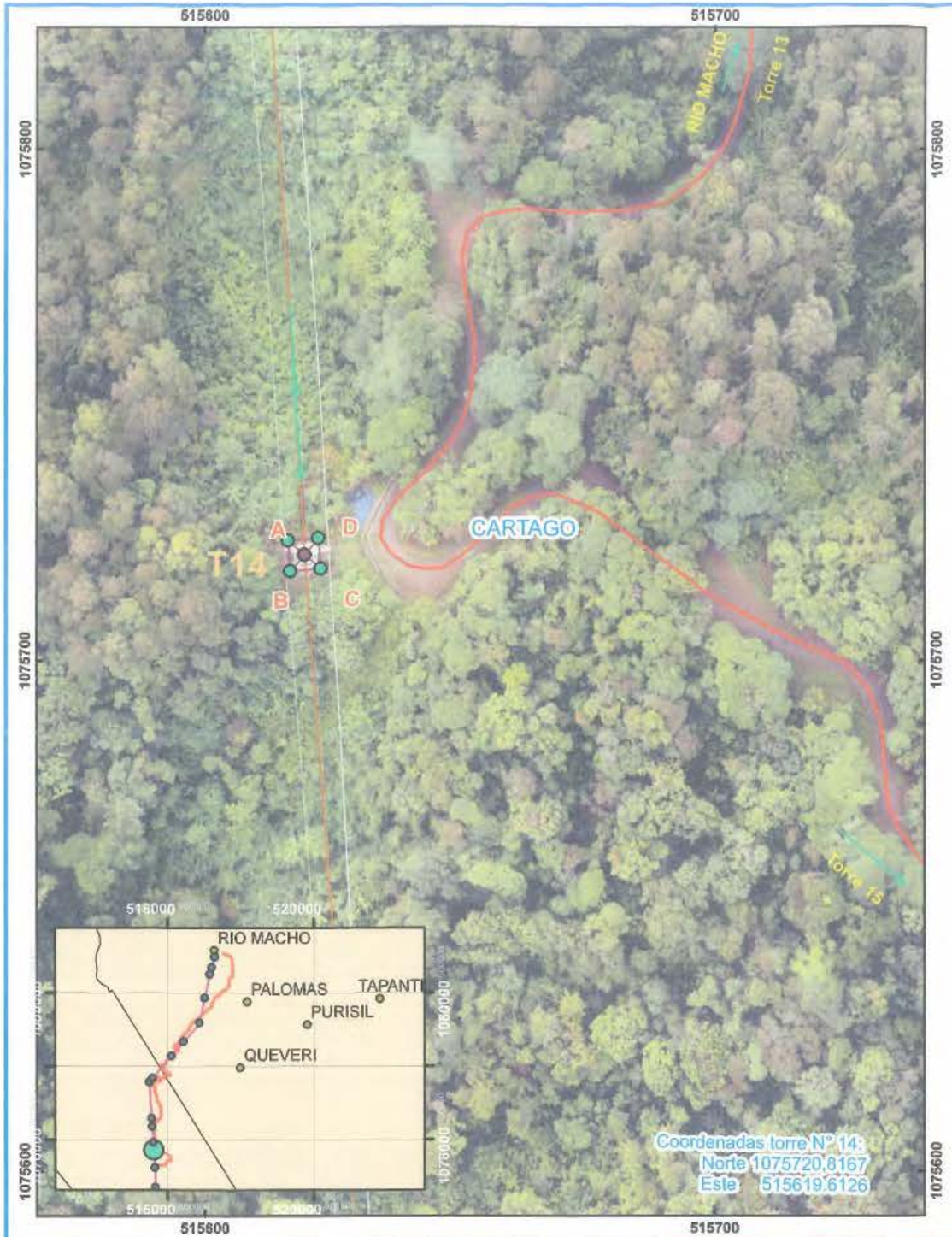
Tablas dinámicas utilizadas.

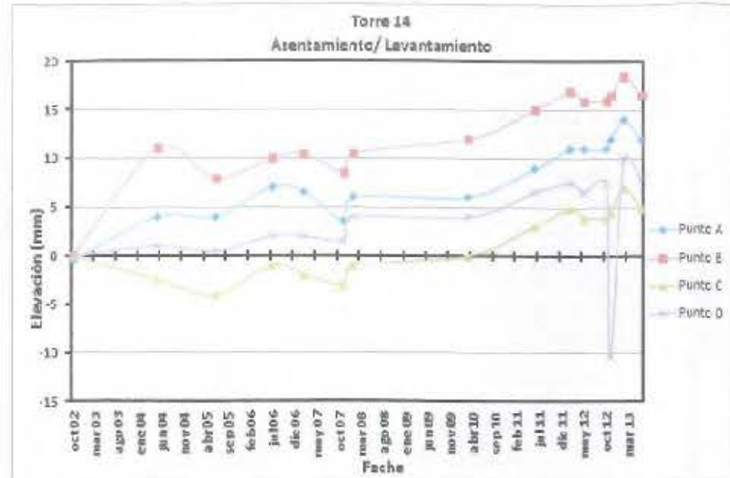
Id	Til	Fecha_lect	N_libreta	N_pag	Fecha_lect_bas	N_libreta_b	N_pag_l	Est_A	Est_B	dist_baseA	g_lbase	m_lbas	s_lbas	Dist_nueva	g_lnuev	m_ln	s_lnue	Fecha_lect_ba	N_libreta	N_pag_	Dist_ba	g_lbas	m_lb	s_lba	dist_nuev
1		17/06/2002	CO-822	49	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.291	0	0	3	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.959
2		31/01/2002	CO-822	77	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.271	0	0	0	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.934
3		19/05/2004	CO-981	27	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.237	0	0	17	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.957
4		24/06/2005	CO-981	72	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.25	0	0	21	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	62.079
5		28/07/2006	CO-1122	20	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.248	0	0	25	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.079
6		07/01/2007	CO-1138	5	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.235	0	0	32	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	
7		09/11/2007	CO-1122	27	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208	0	0	32	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	
8		21/01/2008	CO-1106	82	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.227	0	0	26	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.964
9		15/03/2010	CO-1138	17	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.24	0	0	21	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.961
10		22/06/2011	CO-1317	29	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.2445	0	0	25	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.9637
11		03/02/2012	CO-1317	55	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.2423	0	0	20	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.9685
12		15/05/2012	CO-1317	59	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.2437	0	0	33	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.9513
13		23/10/2012	CO-1396	2	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.2386	0	0	36	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.9601
14		26/02/2013	CO-1396	35	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.2381	0	0	24	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.9605
15		18/06/2013	CO-1396	58	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.2414	0	0	23	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.9599
16		12/11/2013	CO-1410	4	17/06/2002	CO-822	49	-1	1	208.291	0	0	3	208.2371	0	0	35	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.9622
17		26/09/2014	Co-46	23	17/06/2002	CO-822	49	1	1	208.291	0	0	3	208.25	0	0	4	17/06/2002	CO-822	49	67.96	0	0	9	67.958

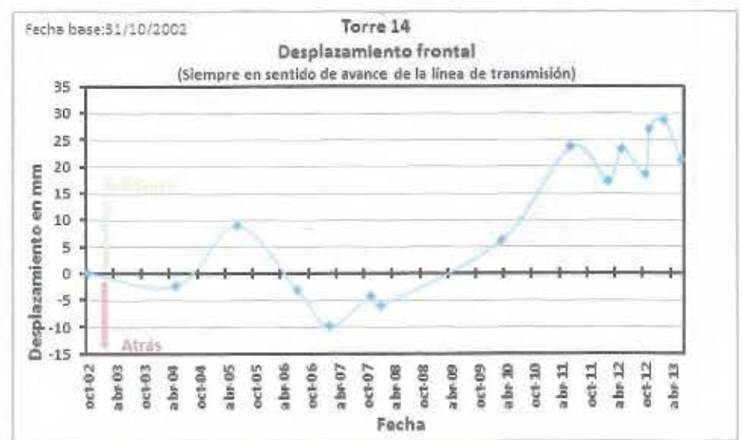
g_inu	m_inue	s_inu	base_d	Nueva	Dif_dec	Dif_distA	Base_d	Nueva_d	Dif_dec	Dif_distB	_n	Id	# de instancia de flujo de trabajo	Tipo de archivo	Modificado	Creado	Creado por
0	0	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
0	0	7	0.00	0.00	0.00	3.03	0.00	0.00	0.00	-0.66					06/06/2014 10:01	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
0	0	16	0.00	0.00	0.00	-14.13	0.00	0.00	0.00	2.31					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
0	0	28	0.00	0.01	-0.01	-18.17	0.00	0.01	0.01	5.72					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
0	0	57	0.00	0.01	-0.01	-22.21	0.00	0.02	0.01	15.61					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
			0.00	0.01	-0.01	-29.28	0.00								29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
			0.00	0.01	-0.01	-29.24	0.00								29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
0	0	22	0.00	0.01	-0.01	-23.22	0.00	0.01	0.00	4.28					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
359	59	51	0.00	0.01	-0.01	-18.17	0.00	360.00	360.00	-5.93					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
359	59	42	0.00	0.01	-0.01	-22.21	0.00	360.00	359.99	-8.90					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
359	58	49	0.00	0.01	0.00	-17.16	0.00	359.98	359.98	-26.36					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
359	59	32	0.00	0.01	-0.01	-30.29	0.00	359.99	359.99	-12.19					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
359	59	39	0.00	0.01	-0.01	-33.32	0.00	359.99	359.99	-9.88					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
359	58	55	0.00	0.01	-0.01	-21.20	0.00	359.98	359.98	-24.38					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
359	59	29	0.00	0.01	-0.01	-20.19	0.00	359.99	359.99	-13.18					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
359	59	35	0.00	0.01	-0.01	-32.31	0.00	359.99	359.99	-11.20					29/05/2014 14:22	29/05/2014 14:22	Arrieta Barboza Jessica María
0	0	15	0.00	0.00	0.00	1.01	0.00	0.00	0.00	1.98					26/09/2014 08:10	26/09/2014 08:10	Arrieta Barboza Jessica María

ANEXO 4.

Ejemplo del mapa confeccionado de una torre.



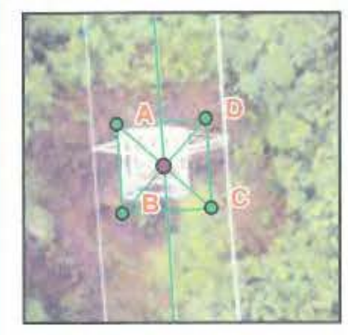




Simbología

- Accesos
- Flechas
- CuerpoTorres
- torres
- Poblados
- LineaTransmisión
- LineaCuerpo

Torre N°14



Descripción:

Control de torres de las líneas de transmisión.

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD

U.E.N. PROYECTOS Y SERVICIOS ASOCIADOS
CENTRO DE SERVICIO
ESTUDIOS BASICOS DE INGENIERIA
ÁREA AUSCULTACION DE OBRAS

Sistema de Coordenadas: CRTM05
Projection: Transverse Mercator
Datum: Costa Rica 2005
False Easting: 500,000,0000
False Northing: 0,0000
Central Meridian: -84,0000
Scale Factor: 0,9999
Latitude Of Origin: 0,0000
Units: Meter

FECHA:	JULIO 2014
ESCALA:	1:1.000
CODIGO MAPA	AUSCAH001

DIBUJÓ: Yesica Arrieta Barboza
VERIFICÓ: Rodrigo Calvo Porras
APROBÓ: Rodrigo Calvo Porras

Línea de transmisión: Río Macho - Frontera
Tramo: Río Macho - San Isidro
Torre: N° 14

ANEXO 5.

Manual de trabajo.

Instituto Costarricense de Electricidad.

Manual para la implementación de un Sistema de Información Geográfica para el análisis de estabilidad de torres de transmisión eléctrica.

Ing. Yesica Arrieta Barboza

2014

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN 163
Procesamiento de los datos. 164
Creación de listas en SharePoint. 164
Ingreso de datos a las listas 169
Completar las tablas con las columnas de cálculo. 175
Creación de vistas 177
Creación de formularios para ingreso de datos. 180
Creación de una página Wiki para ingreso de datos en los formularios. 187
Creación de wikis como página principal y para el acceso a las listas 194
Creación de una base de datos con Microsoft Access 197
Transponer tablas como insumo para la herramienta GIS. 203
Copiar gráficos como imágenes para insumo de la herramienta GIS. 206
Herramienta en un Sistema de información geográfica. 209
Creación de archivos .shp 209
Creación de mapas 211
Insertar entidades. 211
Insertar más cuadros de datos. 215
Insertar tablas de atributos. 217
Insertar hipervínculo. 220
Insertar las imágenes de los gráficos al mapa. 221
ArcGIS online 223

INTRODUCCIÓN

Este manual procura servir de ayuda y orientación en la adopción de una nueva herramienta para el tratamiento de los datos recolectados en el campo, correspondientes a la auscultación de las torres de las líneas de transmisión.

El desarrollo de un sistema de información geográfica, una herramienta para la representación y análisis espacial, se convierte en el arma fundamental para disponer en forma oportuna del registro histórico del control de los sitios de torres, lo que permite la eficiencia en la toma de decisiones oportunas en caso de requerirse trabajos de remediación. En dicho contexto, la implementación de un SIG busca un correcto análisis de la estabilidad de las torres de transmisión eléctrica, un control de calidad y precisión que aseguren el buen funcionamiento de las estructuras y la seguridad de su entorno.

Finalmente, el resultado es un instrumento valioso y muy flexible que busca prevenir con suficiente antelación los posibles riesgos y por tanto evitar que una situación futura pueda acarrear daños muy severos y en el mejor de los casos evitar esos daños.

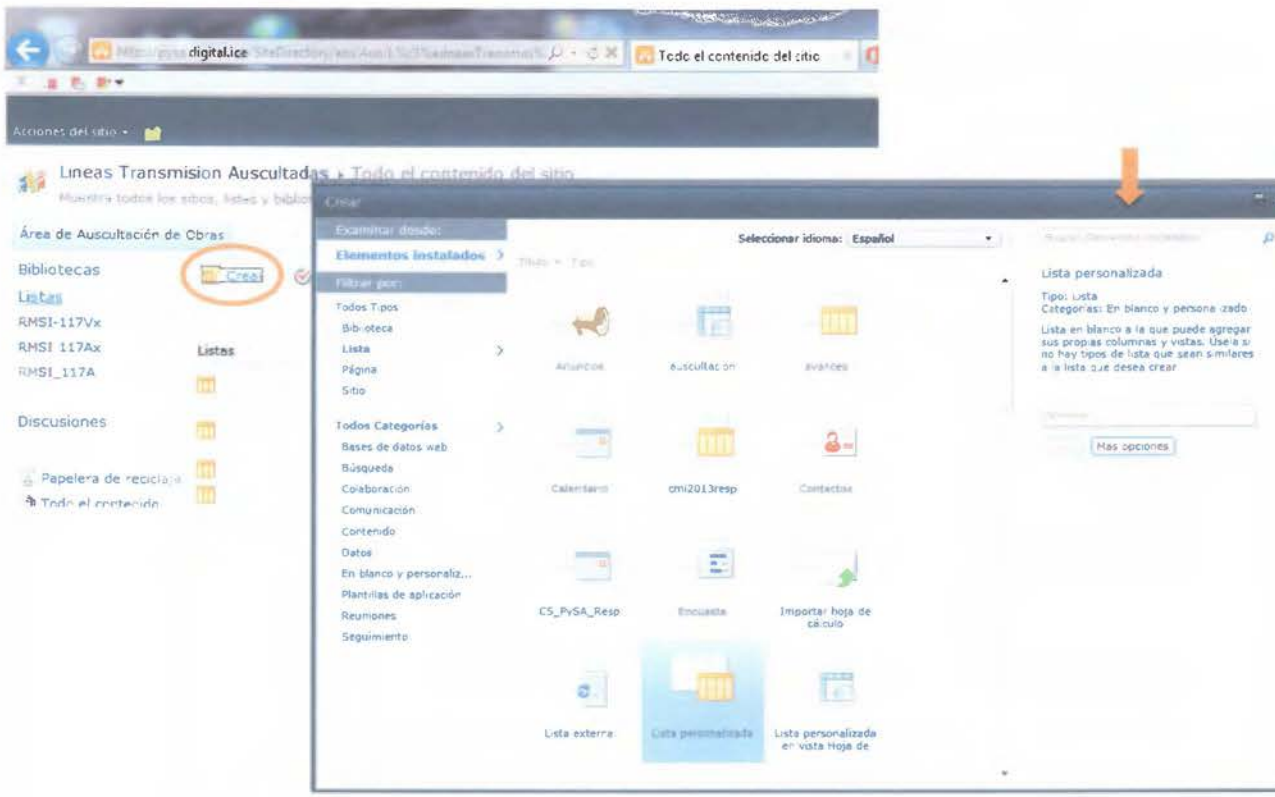
Por lo tanto, el presente manual pretende, teniendo ya un conocimiento adecuado, concertar las pautas comunes que permitan una mayor racionalidad en el aprovechamiento integral del sistema.

Procesamiento de los datos.

Creación de listas en SharePoint.

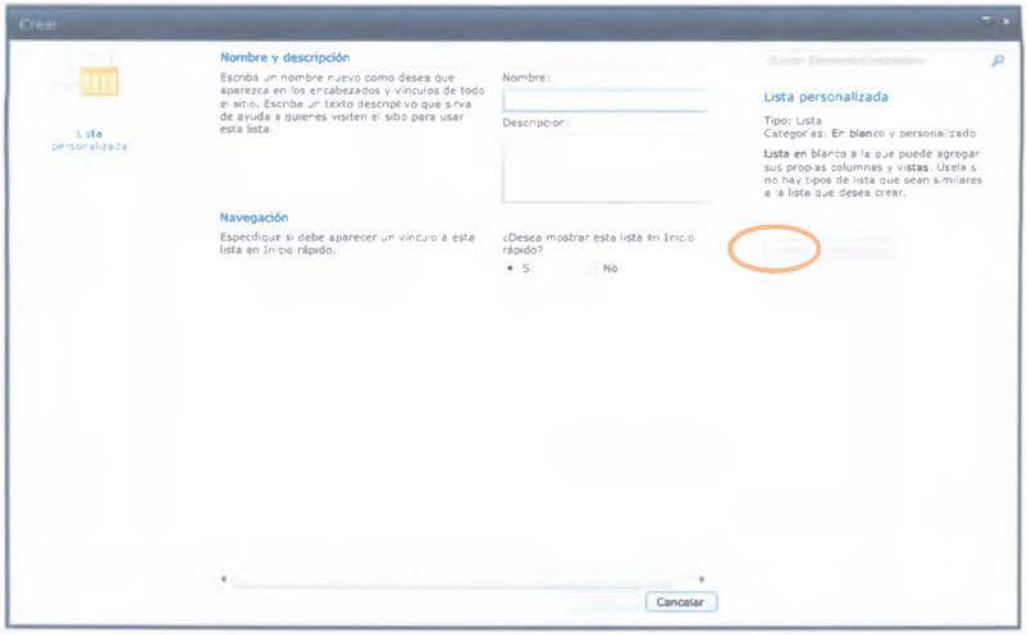
Creado ya el sitio en SharePoint para el Área de Auscultación de Obras, donde se creó el sitio exclusivamente para las líneas de transmisión (Líneas de transmisión auscultadas), se crean en este las listas, las cuales corresponden a un control por cada torre.

Para ello selecciono la opción Crear, en la parte superior, con la cual se despliega la ventana, en la cual se filtra por lista y se selecciona la lista predeterminada, a la derecha se tiene una columna en la que se le da el nombre a la nueva lista y se selecciona "Más opciones".

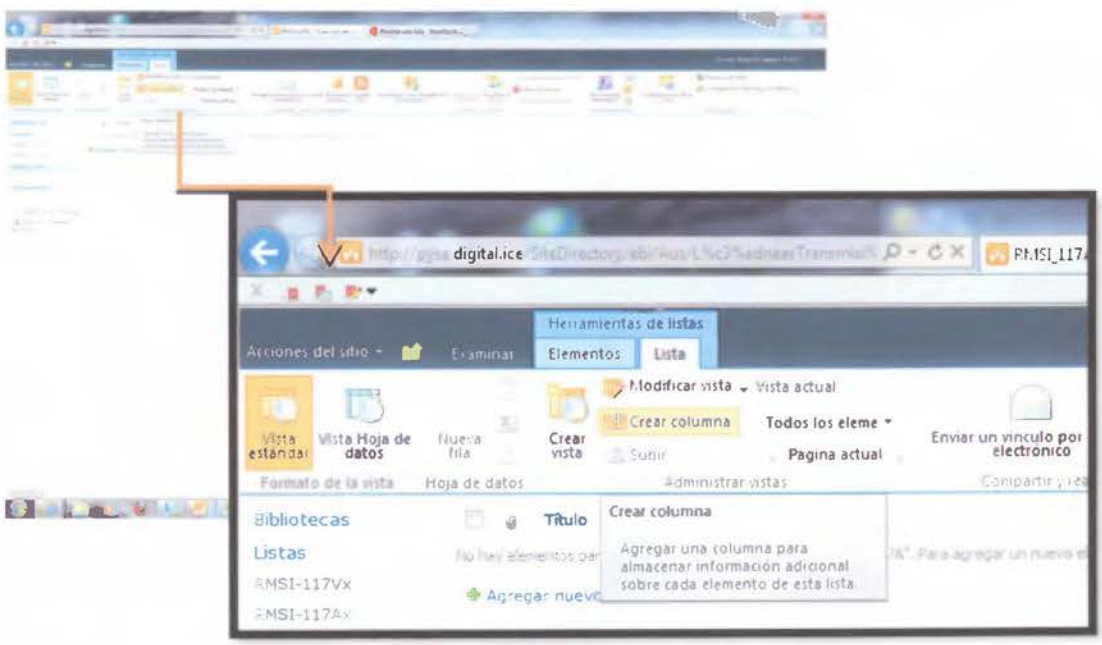


Con esta opción, se tiene la oportunidad de darle, además del nombre ([Siglas del tramo]_[NúmeroTorre][A o V según el control al q corresponde, Asentamiento o

Verticalidad respectivamente]), una descripción a la lista que se creará y se selecciona si se desea observar la lista en el Inicio Rápido. Finalmente selecciona Crear.

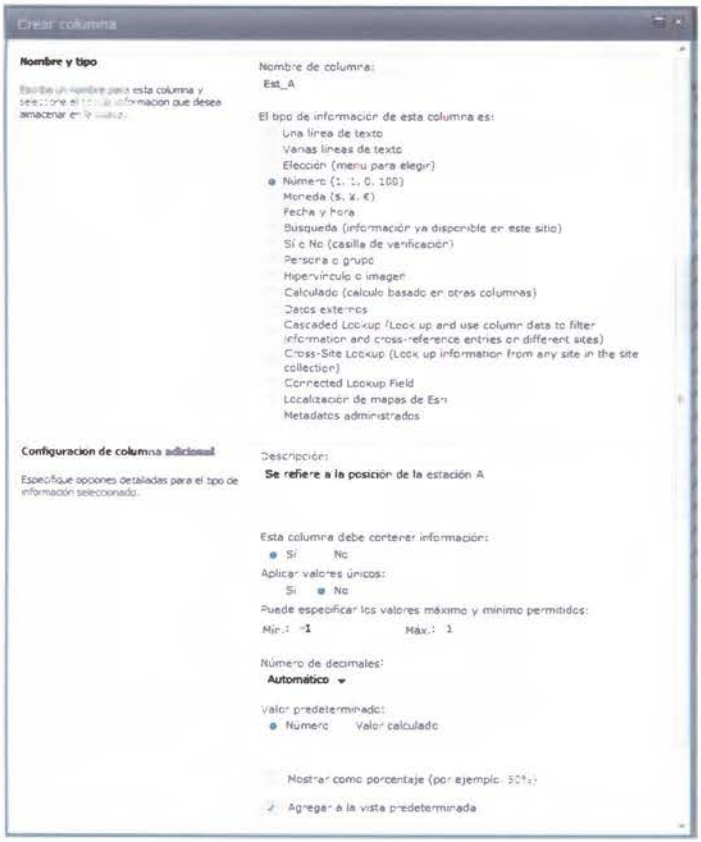


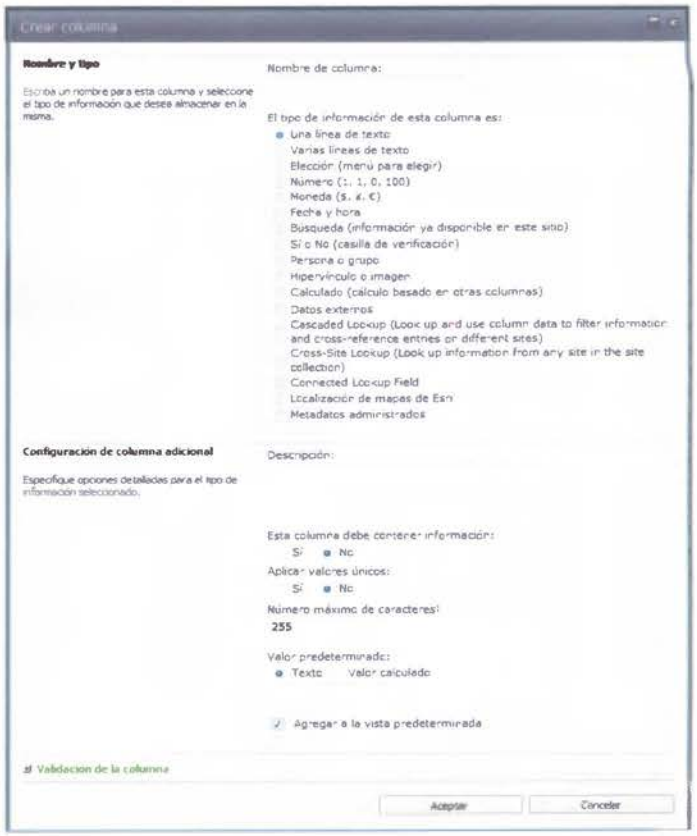
Ya se tiene la lista creada, a la cual se le agregan las columnas necesarias en la pestaña superior "Lista", en la opción "Crear columna"



Para crear la nueva columna aparece un cuadro en el que se tienen varias opciones para esta, como seleccionar el tipo de columna, se puede dar una descripción de la

información que contendrá, se pueden seleccionar algunos requisitos como si debe contener información o no y si se aplican valores únicos o no.





Como se observa en la imagen anterior, en el caso de las estaciones desde las que se realiza el control de verticalidad (estación A y B), se crea una columna para cada una de tipo Número, ya que se llegó a un parámetro común. Siempre en sentido de la línea de transmisión, la posición correcta de las estaciones es, la estación A atrás de la torre y la estación B a la derecha, por lo tanto para los casos en los que no se encuentran en esta posición, se debe agregar una corrección a las fórmulas de manera que la información siempre esté dada en el mismo sentido.

Por ello si la estación A se encuentra atrás de la torre se digita 1 pero si la estación se encuentra adelante se digita -1 por parte de quien ingresa los datos, esta indicación se realiza posteriormente en el formulario. Igualmente para B si se encuentra a la derecha se digita 1 pero si se encuentra a la izquierda se digita -1.

A continuación se muestran dos tablas según los dos tipos de control que se realizan, donde se enumeran las columnas creadas para cada lista, la nomenclatura utilizada y el tipo de columna.

Columnas del Control de verticalidad		
Nombre	**Nomenclatura**	**Tipo de columna**
Fecha de lectura	Fecha_lect	Fecha y hora
Número de libreta	N_libreta	Línea de texto
Número de pág de la libreta	N_pag	número
Estación A	Est_A	Número
Fecha de lectura base desde A	Fecha_lect_base	Fecha y hora
Número de libreta de la lectura base A	N_libreta_base	Una línea de texto
Número de pag de la libreta de lectura base desde A	N_pag_base	Número
Distancia base desde la estación A	Dist_baseA	Número
Grados de la lectura base desde A	g_lbaseA	Número
Minutos de la lectura base desde A	m_lbaseA	Número
Segundos de la lectura base desde A	s_lbaseA	Número
Distancia de la nueva lectura desde la estación A	Dist_nuevaA	Número
Grados de la nueva lectura desde A	g_lnuevaA	Número
Minutos de la nueva lectura desde A	m_lnuevaA	Número
Segundos de la nueva lectura desde A	s_lnuevaA	Número
Estación B	Est_B	Número
Fecha de lectura base desde B	Fecha_lect_baseB	Fecha y hora
Número de libreta de la lectura base B	N_libreta_baseB	Una línea de texto
Número de pag de la libreta de lectura base desde B	N_pag_baseB	Número
Distancia base desde la estación B	Dist_baseB	Número
Grados de la lectura base desde B	g_lbaseB	Número
Minutos de la lectura base desde B	m_lbaseB	Número
Segundos de la lectura base desde B	s_lbaseB	Número
Distancia de la nueva lectura desde la estación B	Dist_nuevaB	Número

Grados de la nueva lectura desde B	g_lnuevaB	Número
Minutos de la nueva lectura desde B	m_lnuevaB	Número
Segundos de la nueva lectura desde la estación B	s_lnuevaB	Número

Columnas del Control de asentamiento		
Nombre	**Nomenclatura**	**Tipo de columna**
Fecha de lectura	Fecha_lect	Fecha y hora
Número de libreta	N_libreta	Línea de texto
Número de pág de la libreta	N_pag	número
Fecha de lectura base	Fecha_lect_base	Fecha y hora
Número de libreta de la lectura base	N_libreta_base	Una línea de texto
Número de pag de la libreta de la lectura base	N_pag_base	Número
Elevación base de la torre	Elev_base	Número
Medida al centro de la primera nivelación	MC1	Número
Lectura a la pata A en la primera nivelación	A1	Número
Lectura a la pata B en la primera nivelación	B1	Número
Lectura a la pata C en la primera nivelación	C1	Número
Lectura a la pata D en la primera nivelación	D1	Número
Medida al centro de la segunda nivelación	MC2	Número
Lectura a la pata A en la segunda nivelación	A2	Número
Lectura a la pata B en la segunda nivelación	B2	Número
Lectura a la pata C en la segunda nivelación	C2	Número
Lectura a la pata D en la segunda nivelación	D2	Número
Lectura base en la pata A	A_base	Número
Lectura base en la pata B	B_base	Número
Lectura base en la pata C	C_base	Número

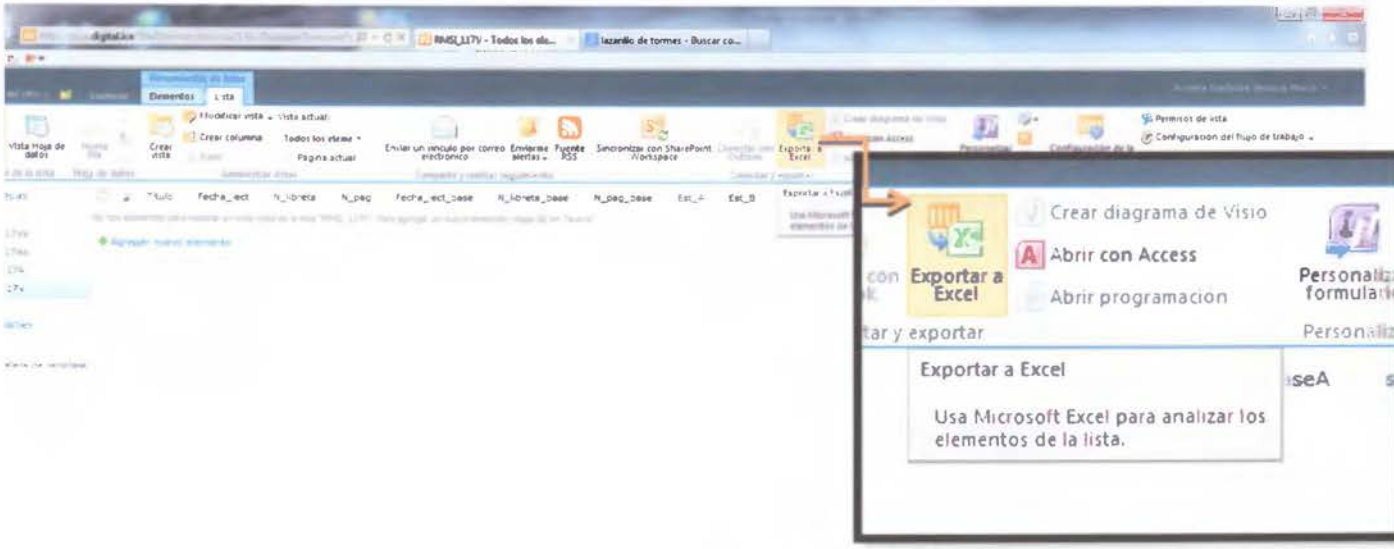
Lectura base en la pata D	D_base	Número

Se debe recordar que **para todas estas columnas** es **importante seleccionar** en la configuración, que sí debe contener información.

Para la creación de estas listas, en el caso específico en el que ya se tiene gran cantidad de información almacenada, es decir, que se tiene una serie de campañas acumuladas, la mejor opción es crear todas las columnas de datos primeramente sin agregar las columnas que deben contener las fórmulas para los cálculos, se vincula con el Excel, se ingresan todos los datos y se vincula nuevamente con el SharePoint para crear, ahora sí, las columnas de cálculos.

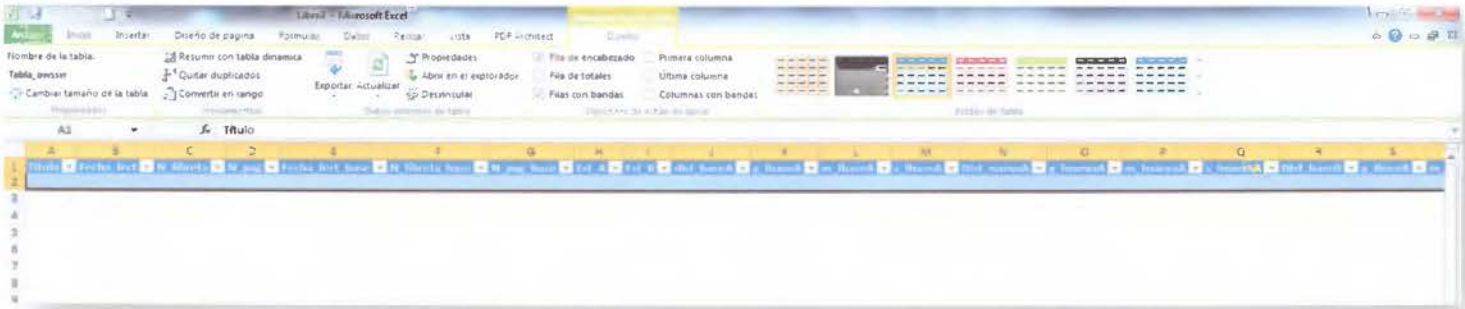
Ingreso de datos a las listas

Una vez creadas esas columnas, se exporta la lista a Excel, como se observa:



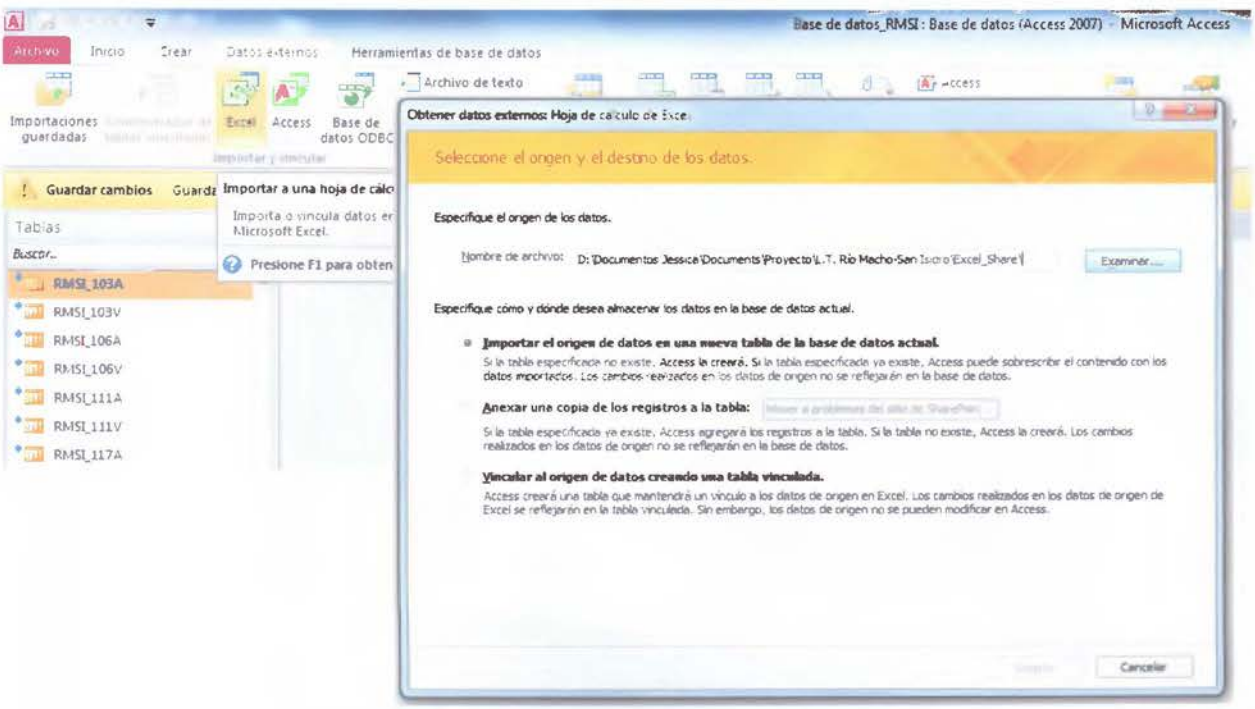
Abrimos el documento y nos aparece el siguiente cuadro en el que seleccionamos Habilitar.

Al abrir la lista en Excel, se observa que por defecto se crean unas columnas más, tales como "Título", "Tipo de elemento" y "ruta de acceso".

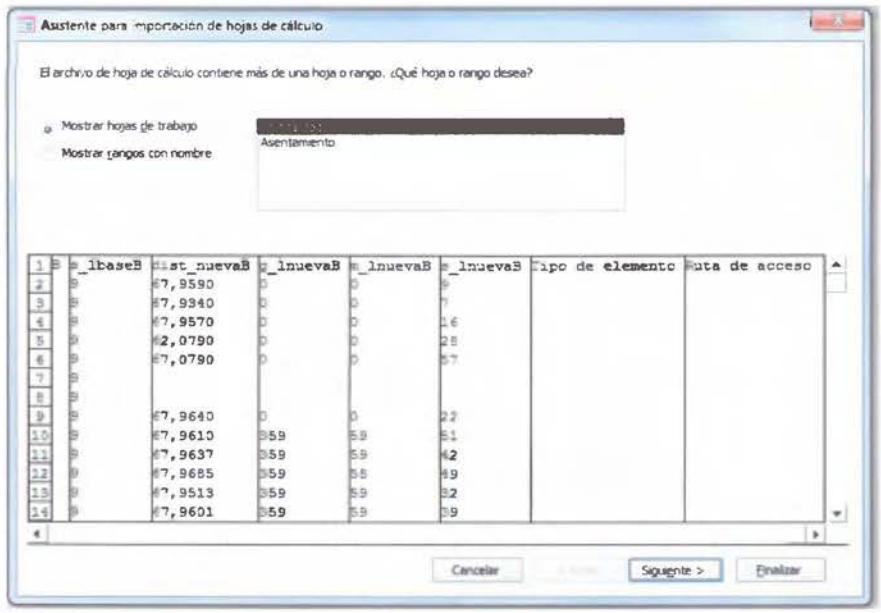


Ahora, se completa la tabla con todos los datos que se tienen de las campañas anteriores, teniendo claro cuál es la lectura base para cada caso, cada fila es una campaña nueva.

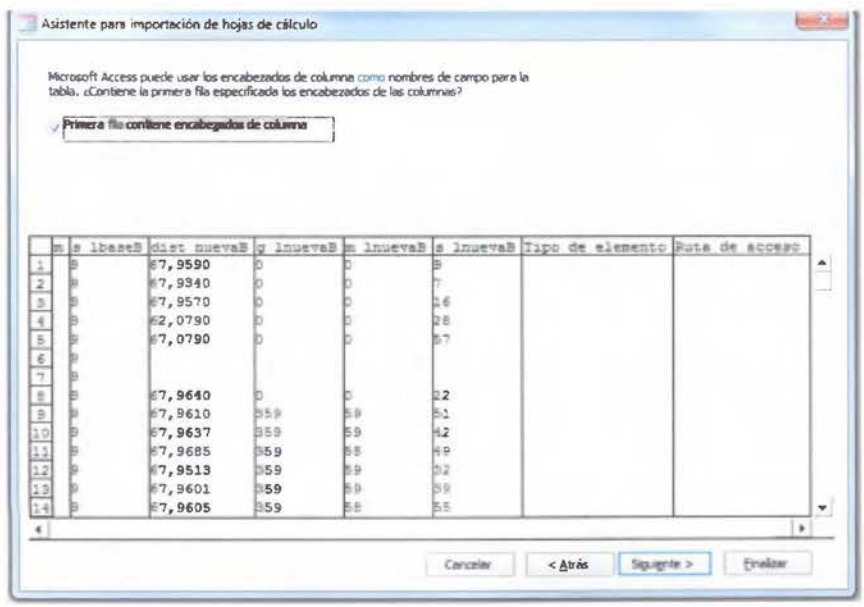
Una vez que se tienen todas las tablas listas, se procede a abrir el Microsoft Access, al cual se importarán las tablas de Excel anteriormente realizadas. Para ello en el menú Importar de la pestaña de Datos externos, con la opción Excel, se abre el cuadro de diálogo, donde buscamos la ubicación de la tabla a importar, Aceptar y se abre el Asistente para importación de hojas de cálculo.



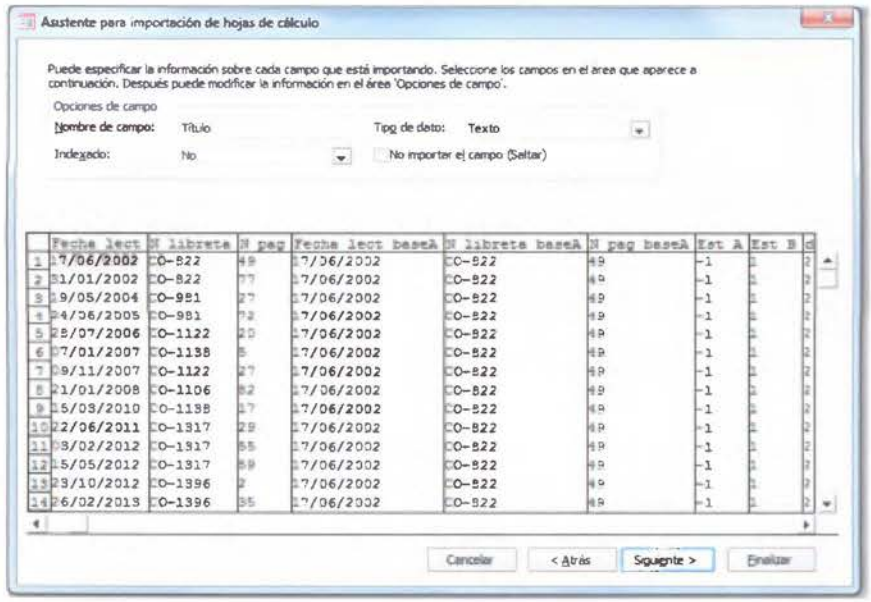
Donde se selecciona la hoja de cálculo en la que se trabajará > Siguiente.



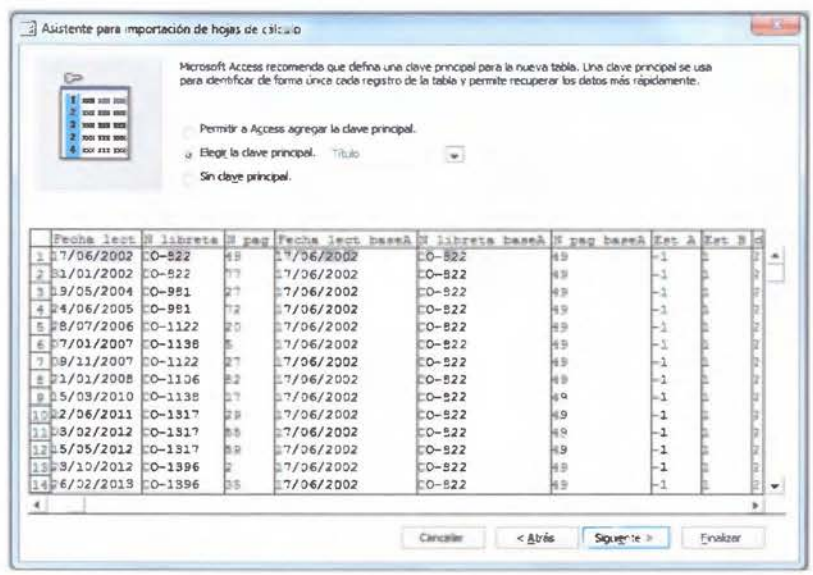
En este paso seleccionar la casilla indicando que la primera fila de la tabla contiene encabezados de columna > Siguiente.



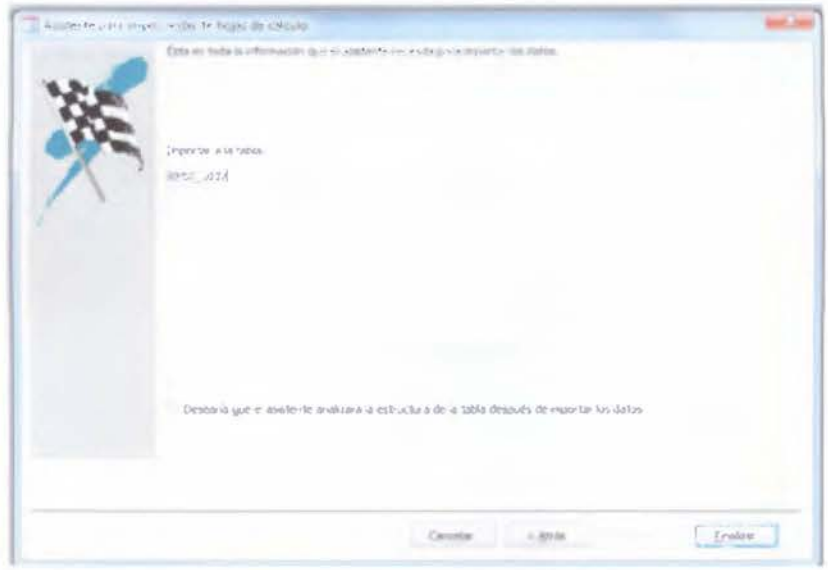
En el siguiente panel se dejan los valores por "default" porque ya los campos por columna fueron configurados en el SharePoint > Siguiente.



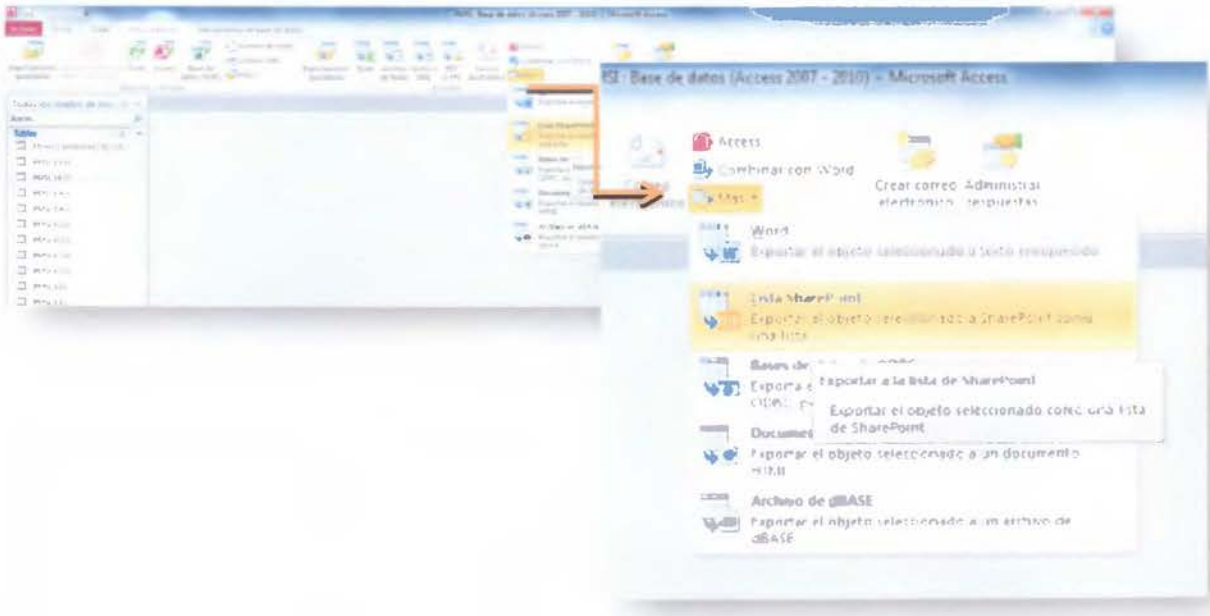
En el siguiente panel se define una clave para cada tabla, se puede seleccionar una columna en especial > Siguiente.



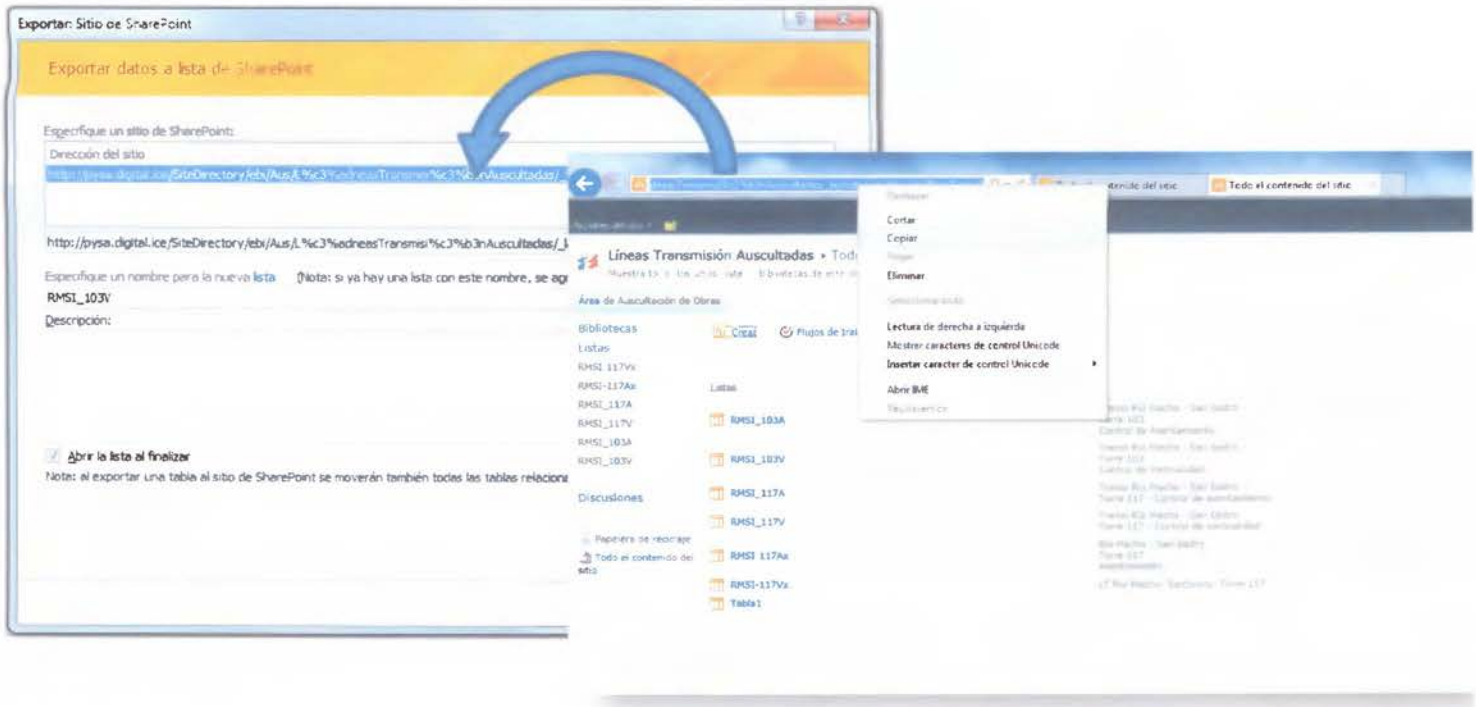
En el siguiente cuadro de diálogo se agrega el nombre con el que se desea guardar la tabla, recordando que este debe ser de fácil identificación y se finaliza el cuadro de diálogo para generar la tabla en la base de datos.



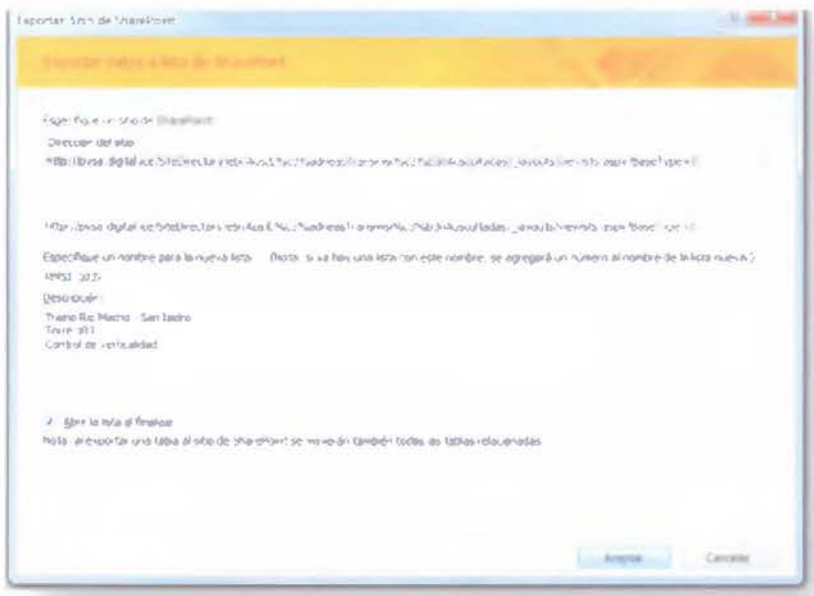
Una vez que se han importado todas las tablas se debe poner un nombre a la base de datos y se da inicio a exportar las tablas al SharePoint. Para ello, una vez seleccionada la tabla a exportar, selecciona la opción Más en el menú Exportar de Datos Externos, y selecciona Lista de SharePoint:



En el cuadro se debe ingresar la dirección de SharePoint a donde se exportará la tabla, la cual se copia directamente de este sitio como se observa:

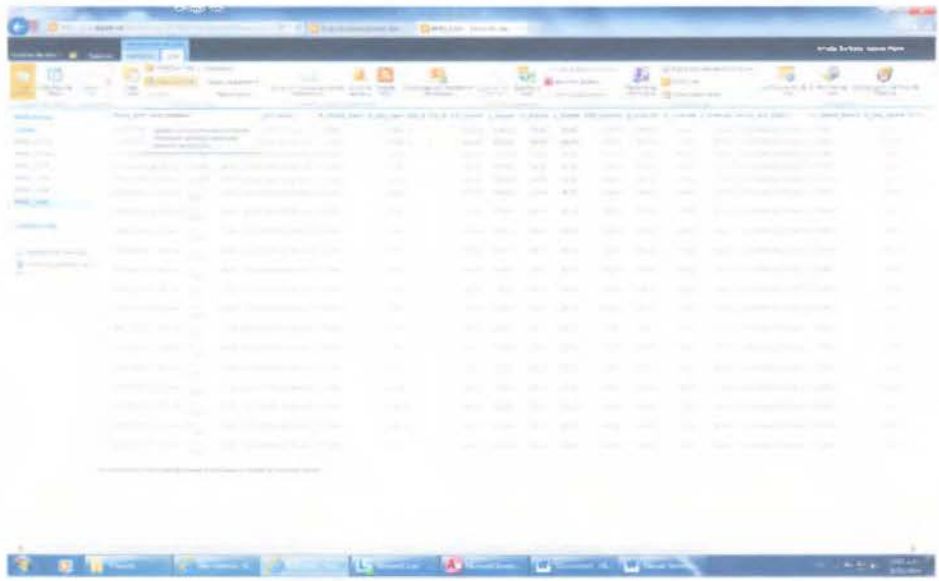


Además se deja el mismo nombre y se le da una descripción a la tabla para mayor entendimiento de los usuarios.

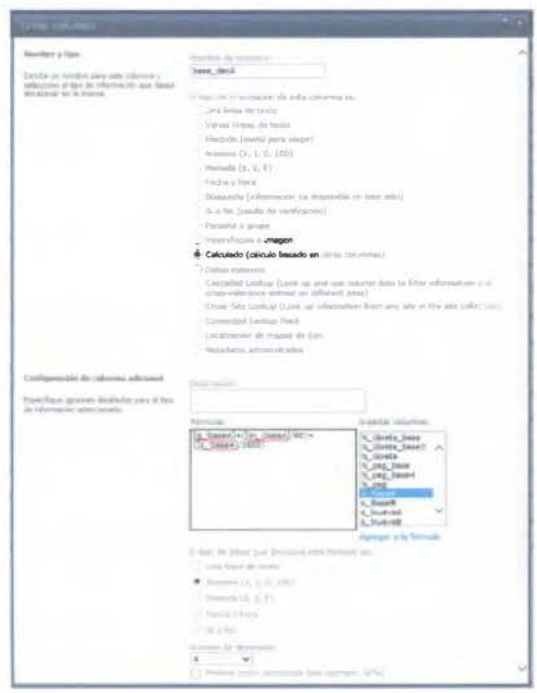


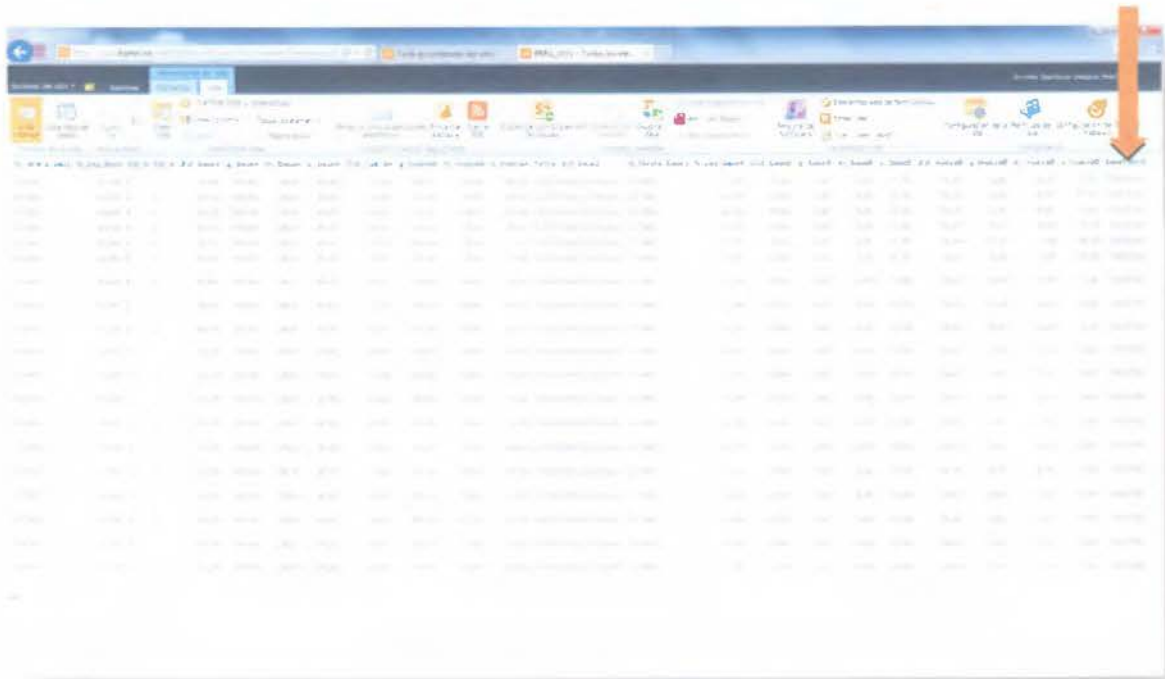
Completar las tablas con las columnas de cálculo.

Teniendo como resultado la siguiente tabla exportada al SharePoint, se debe tener en cuenta que ahora sí se agregan las columnas de cálculos, según sea el tipo de control al que pertenece.



Se crea la columna con el tipo Calculado y se ingresa la fórmula respectiva, no se debe obviar la cantidad de decimales (generalmente cuatro) > Aceptar, automáticamente esta columna realizará los cálculos con los datos de la tabla.





Para el control de verticalidad se debe agregar las siguientes columnas de cálculos con las siguientes fórmulas:

Control de verticalidad		
Nombre	**Nomenclatura**	**Fórmula**
Valor decimal del ángulo base desde Est. A	Base_decA	[g_lbaseA]+([m_lbaseA]/60)+([s_lbaseA]/3600)
Valor decimal del ángulo nuevo desde Est. A	Nueva_decA	[g_lnuevaA]+([m_lnuevaA]/60)+([s_lnuevaA]/3600)
Diferencia decimal entre los ángulos (nuevo – base) desde Est. A	Dif_decA	([nueva_decA]-[base_decA])*[Est_A]
Diferencia en mm, es el desplazamiento que se debe observar desde Est. A	Dif_distA	((TAN(dif_decA*PI()/180)))*Dist_nuevaA*1000
Valor decimal del ángulo base desde Est. B	Base_decB	[g_lbaseB]+([m_lbaseB]/60)+([s_lbaseB]/3600)
Valor decimal del ángulo nuevo desde Est. B	Nueva_decB	g_lnuevaB+(m_lnuevaB/60)+(s_lnuevaB/3600)
Diferencia decimal entre los ángulos (nuevo – base) desde Est. B	Dif_decB	(nueva_decB-base_decB)*Est_B
Diferencia en mm, es el desplazamiento que se debe observar desde Est. B	Dif_distB	((tan([dif_decB]*(PI()/180)))*[dist_nuevaB]*1000

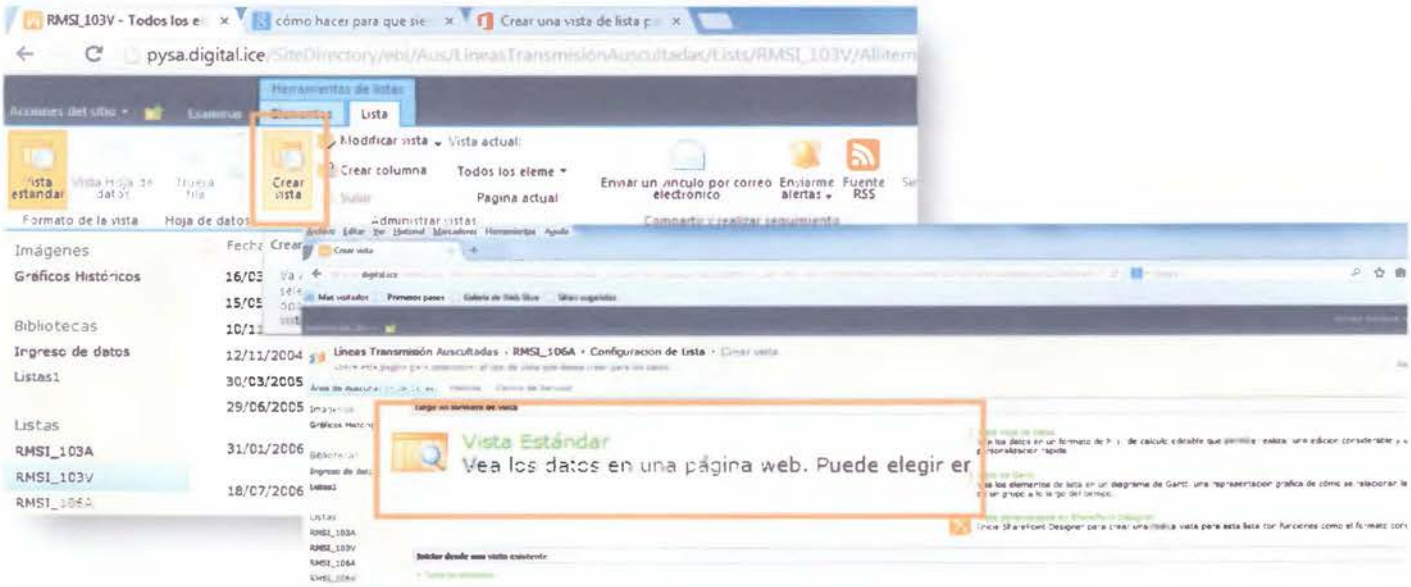
Para el control de asentamiento se deben agregar las siguientes columnas de cálculos con las respectivas fórmulas.

Control de asentamiento		
Nombre	**Nomenclatura**	**Fórmula**
Primer cálculo de elevación en A	A_elev1	([Elev_base]+[MC1])-[A1]
Primer cálculo de elevación en B	B_elev1	([Elev_base]+[MC1])-[B1]
Primer cálculo de elevación en C	C_elev1	([Elev_base]+[MC1])-[C1]
Primer cálculo de elevación en D	D_elev1	([Elev_base]+[MC1])-[D1]
Segundo cálculo de elevación en A	A_elev2	([Elev_base]+[MC2])-[A2]
Segundo cálculo de elevación en B	B_elev2	([Elev_base]+[MC2])-[B2]
Segundo cálculo de elevación en C	C_elev2	([Elev_base]+[MC2])-[C2]
Segundo cálculo de elevación en D	D_elev2	([Elev_base]+[MC2])-[D2]
Calculo de elevación promedio en A	A_prom	([A_elev1]+[A_elev2])/2
Calculo de elevación promedio en B	B_prom	([B_elev1]+[B_elev2])/2
Calculo de elevación promedio en C	C_prom	([C_elev1]+[C_elev2])/2
Calculo de elevación promedio en D	D_prom	([D_elev1]+[D_elev2])/2
Diferencia de elevación en A	A_dif	[A_prom]-[A_base]
Diferencia de elevación en B	B_dif	[B_prom]-[B_base]
Diferencia de elevación en C	C_dif	[C_prom]-[C_base]
Diferencia de elevación en D	D_dif	[D_prom]-[D_base]
Diferencia de elevación en mm en A	A_dif_mm	[A_dif]*1000
Diferencia de elevación en mm en B	B_dif_mm	[B_dif]*1000
Diferencia de elevación en mm en C	C_dif_mm	[C_dif]*1000
Diferencia de elevación en mm en D	D_dif_mm	[D_dif]*1000

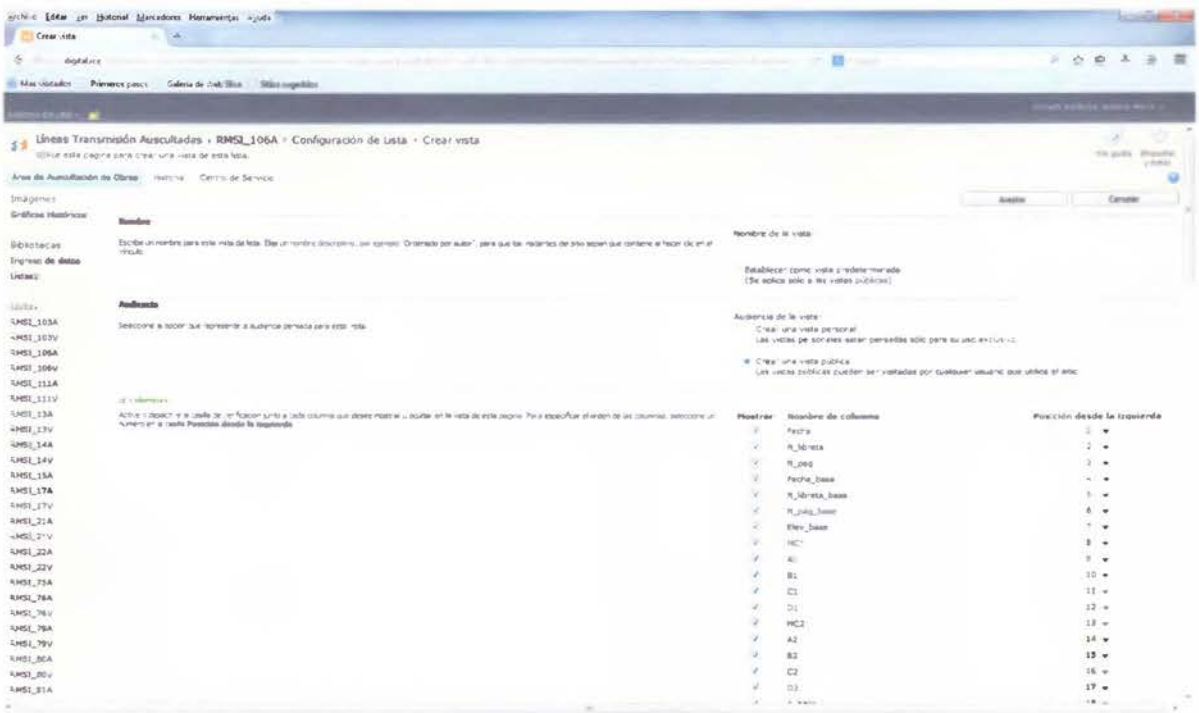
*(A, B, C y D son los vértices del primer cuerpo de la torre)

Creación de vistas

Una vez realizado todo este proceso es importante crear una vista a cada una de las listas del SharePoint para que sea más fácil de visualizar, para ello, seleccionando la lista a la que se le va crear la vista, en el menú Lista y seleccionar Crear vista.

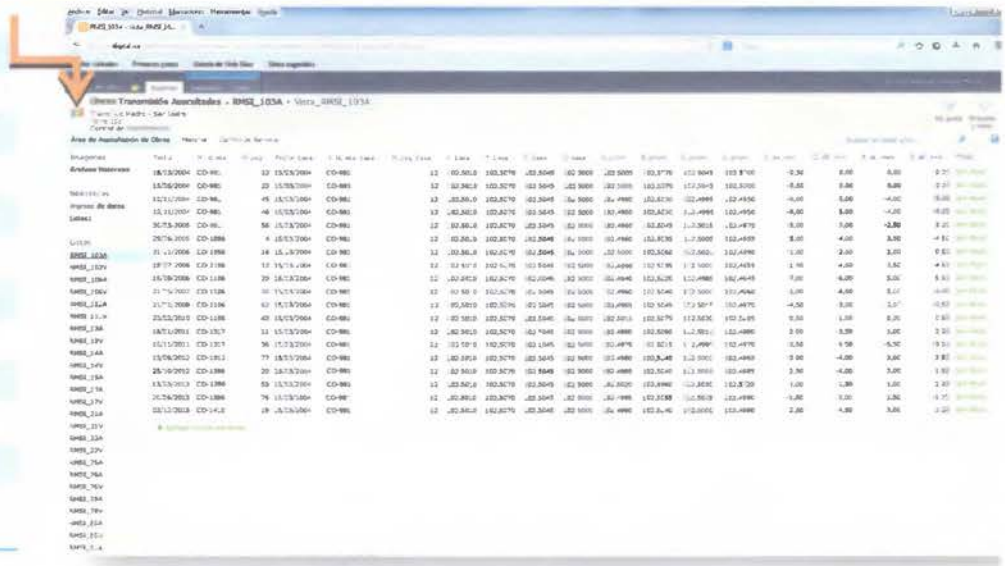


En este panel se le da un nombre a la nueva vista, debe nombrarse como Vista_[SiglasTramo]_[NúmeroTorre][A o V según el tipo de control al que pertenece], además, se escogen las columnas que se desean mostrar en la nueva vista y se establece como vista predeterminada.

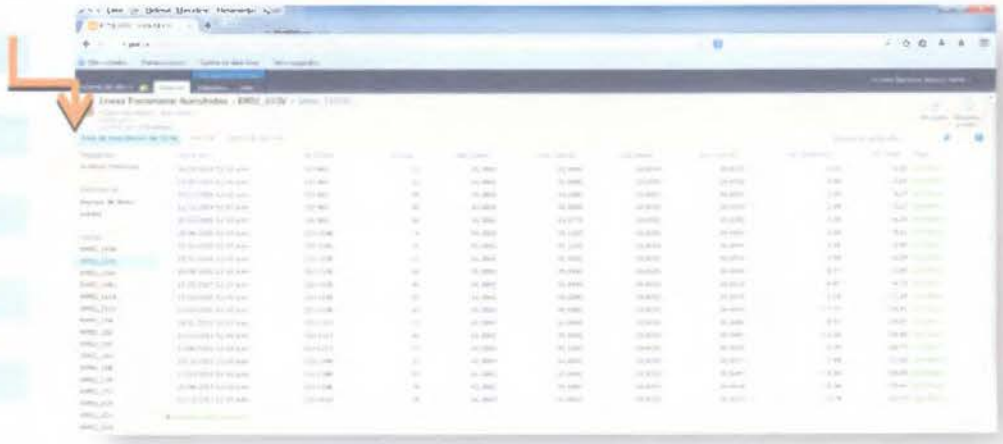


Para las vistas se dejan las siguientes columnas, según el tipo de control.

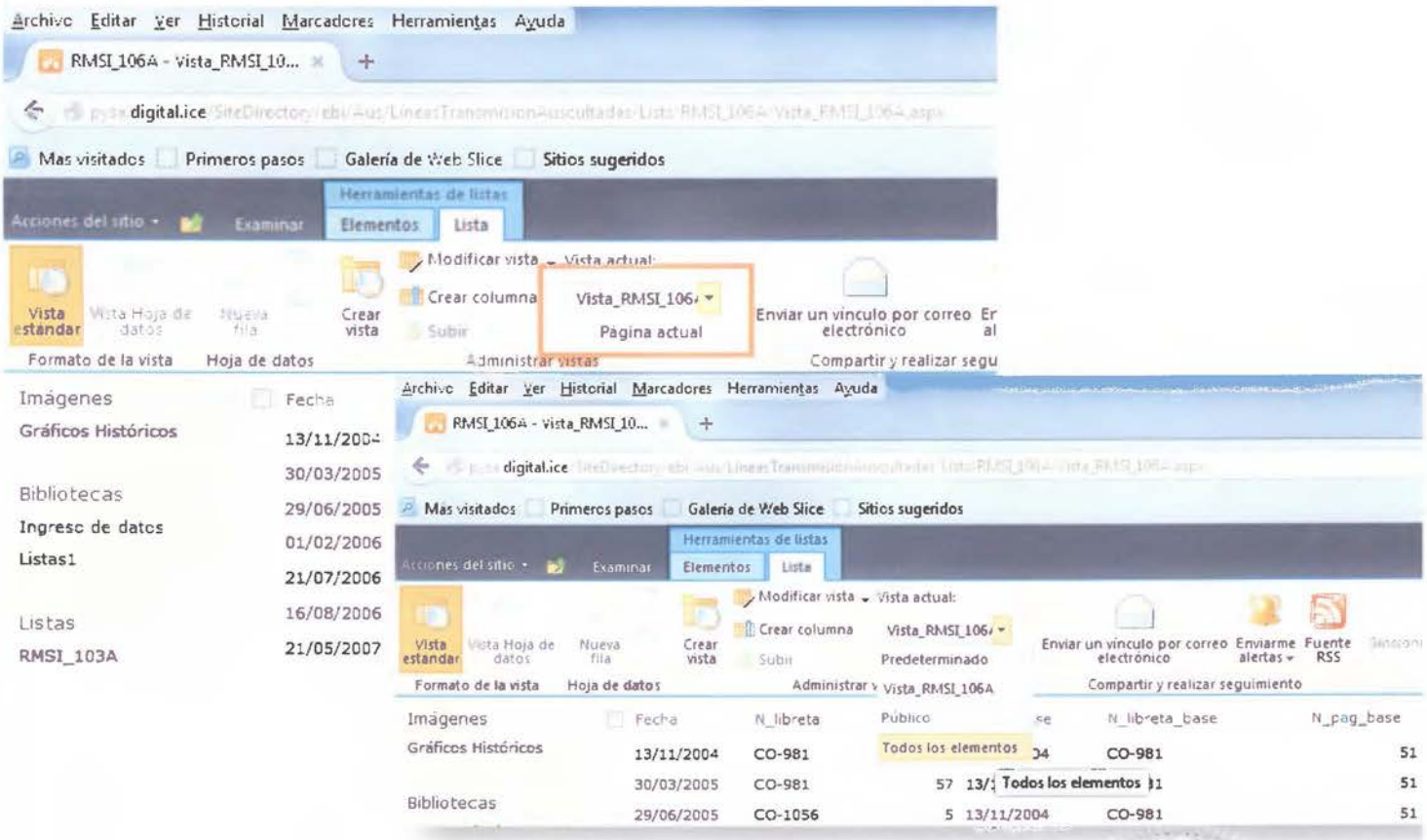
Control de Asentamiento
Fecha
N_libreta
N_pag
Fecha_base
N_libreta_base
A_base
B_base
C_base
D_base
A_prom
B_prom
C_prom
D_prom
A_dif_mm
B_dif_mm
C_dif_mm
D_dif_mm
Título (vinculado al elemento con el elemento de edición)



Control de Verticalidad
Fecha_lect
N_libreta
N_pag
Fecha_lect_base
N_libreta_base
N_pag_base
Dist_baseA
Dist_nuevaA
Fecha_lect_baseB
N_libreta_baseB
N_pag_baseB
Dist_baseB
Dist_nuevaB
Dif_distA
Dif_distB
Título (vinculado al elemento con el elemento de edición)

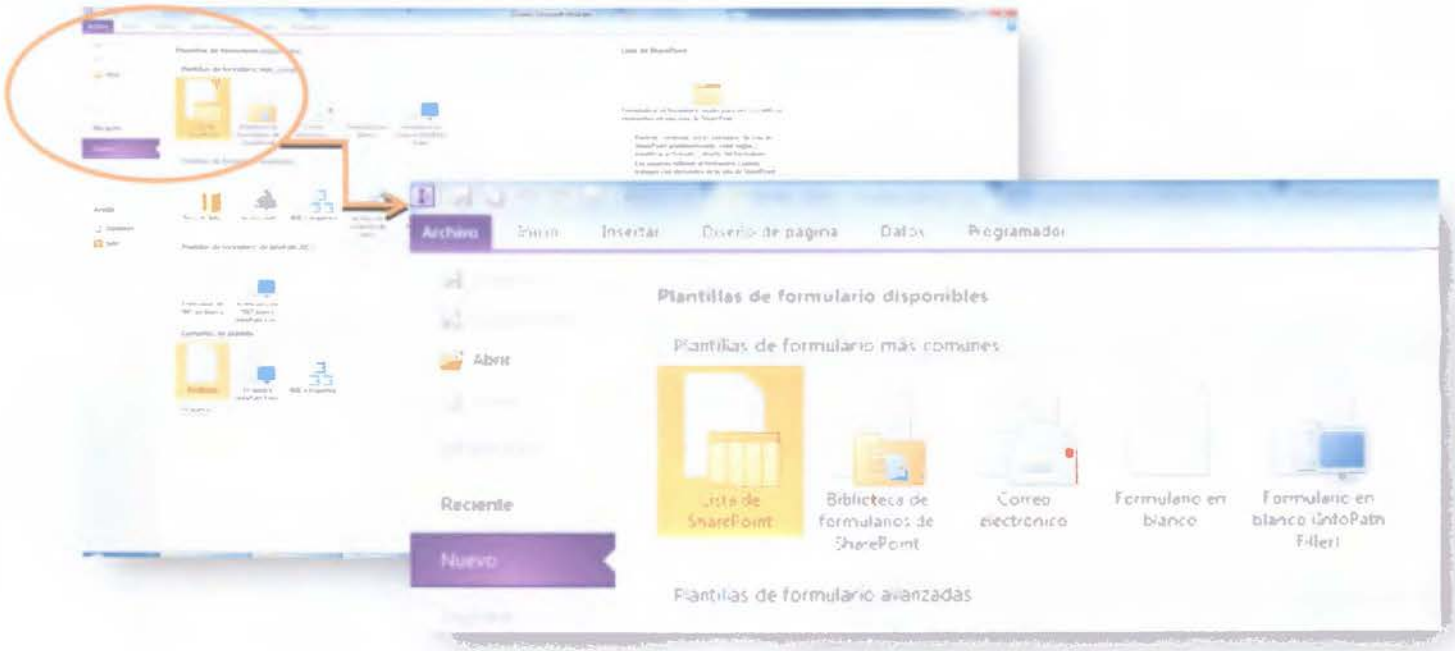


En caso de que se desea observar no la vista creada sino todos los elementos entonces se cambia la página actual, en el menú de Lista.

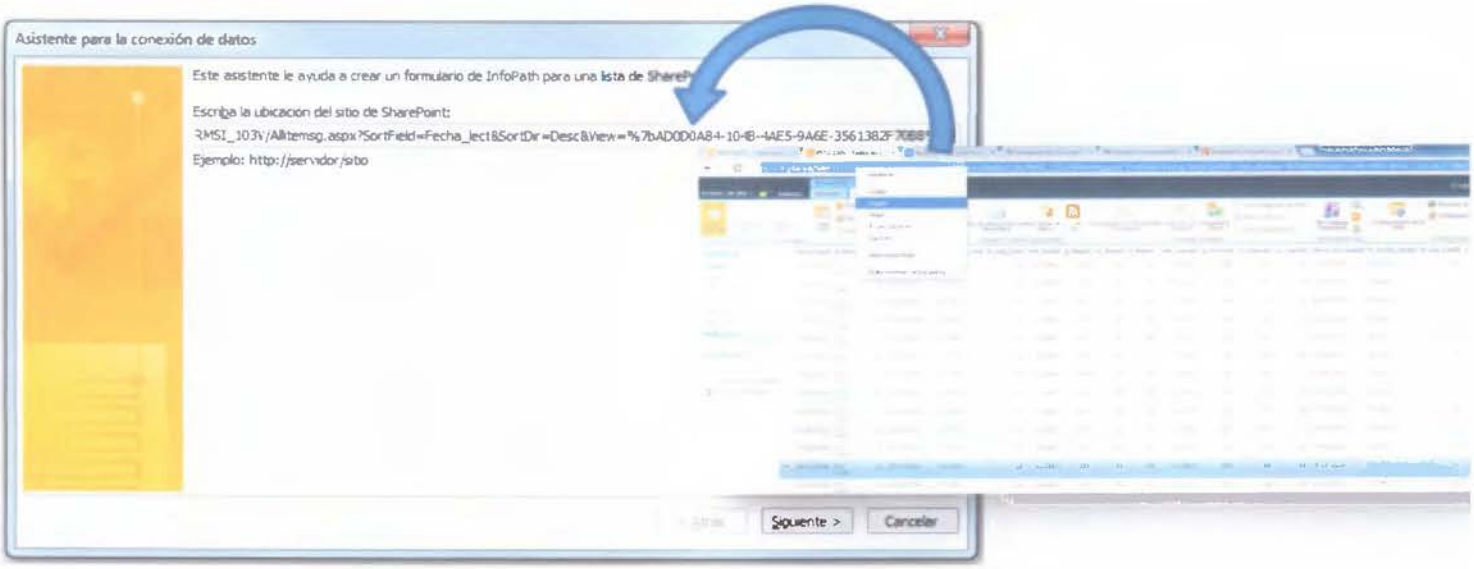


Creación de formularios para ingreso de datos.

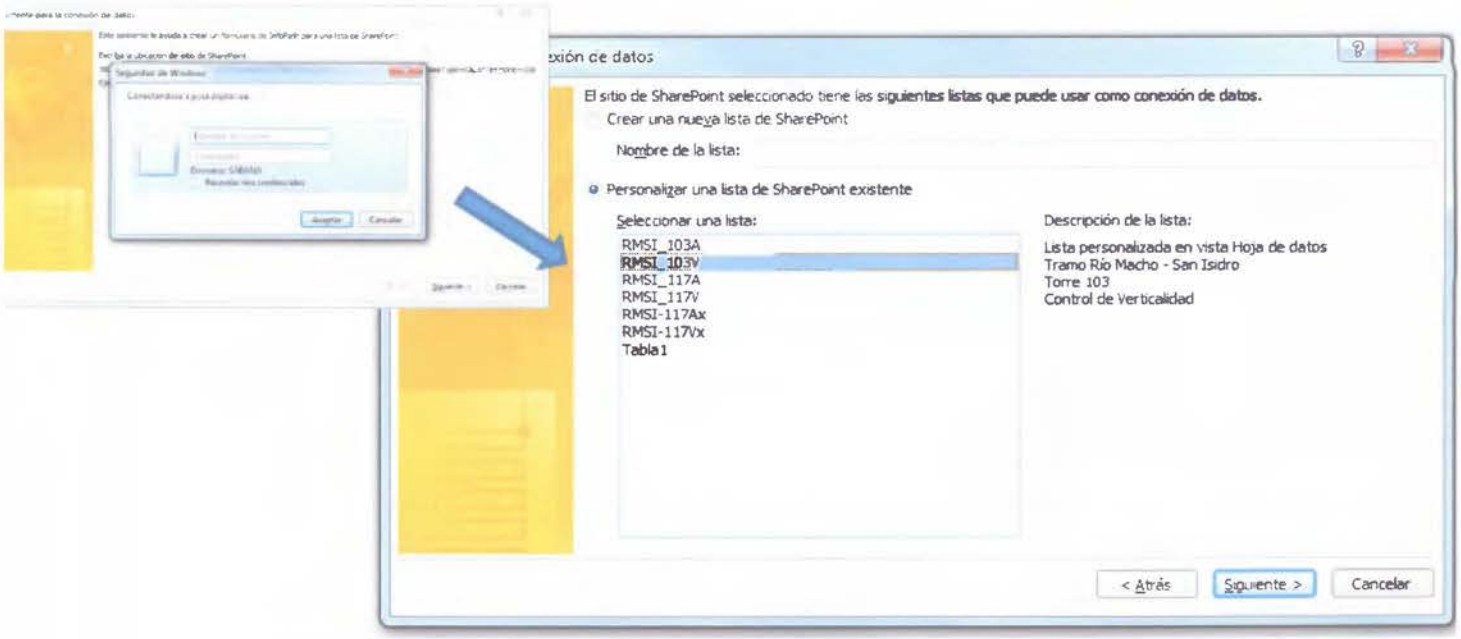
Para el ingreso de los datos es necesario crear los formularios, lo cual se realiza en el Microsoft InfoPath Designer, en este en la pestaña Archivo > Nuevo > Lista de Sharepoint.



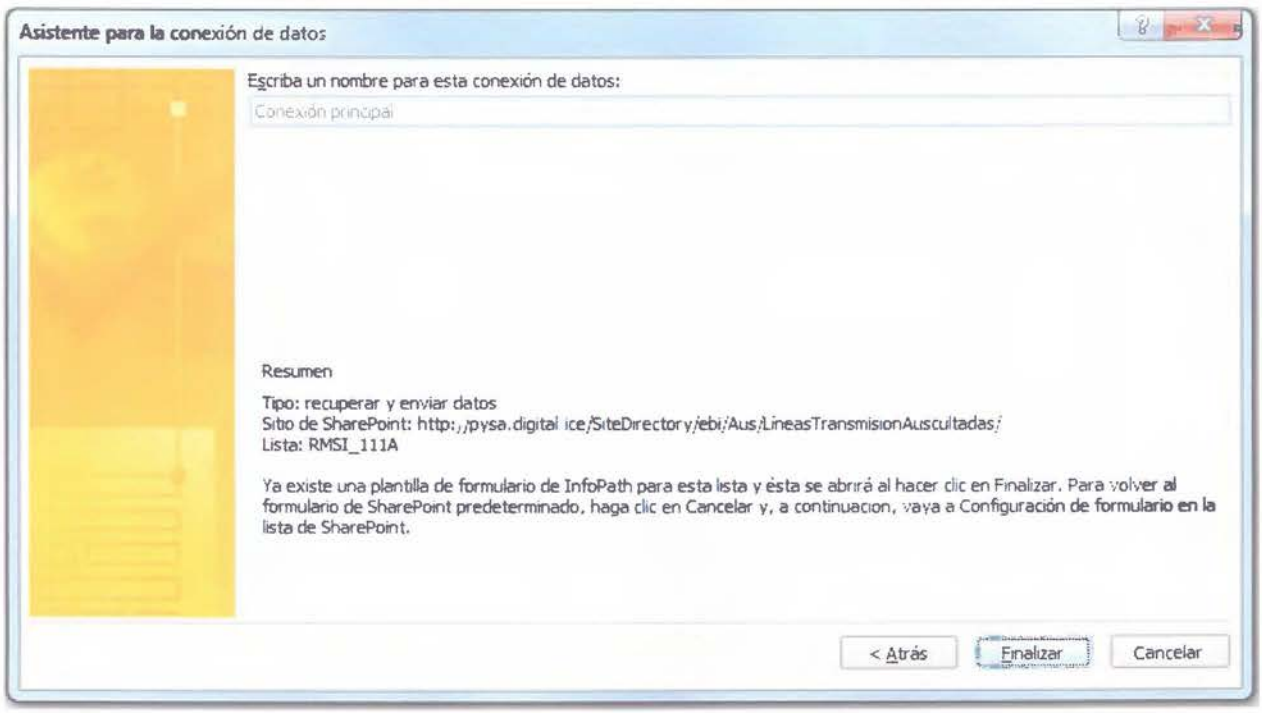
Se debe copiar la dirección del sitio SharePoint, se pega (Ctrl+V) en el Asistente para la conexión de datos > Siguiente.



En el siguiente panel se pedirá la contraseña de ingreso y se comunicará con el sitio. Una vez conectado, se selecciona "Personalizar una lista existente", se elige la lista a la que se le creará el formulario > Siguiente.

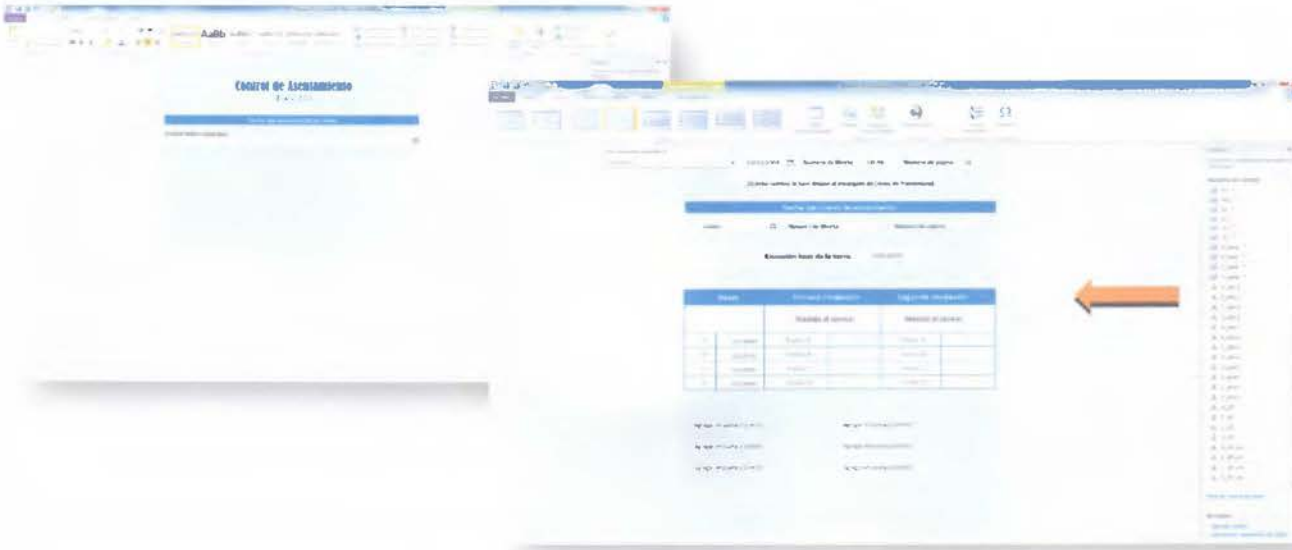


Se dejan los valores por defecto y se finaliza el asistente.

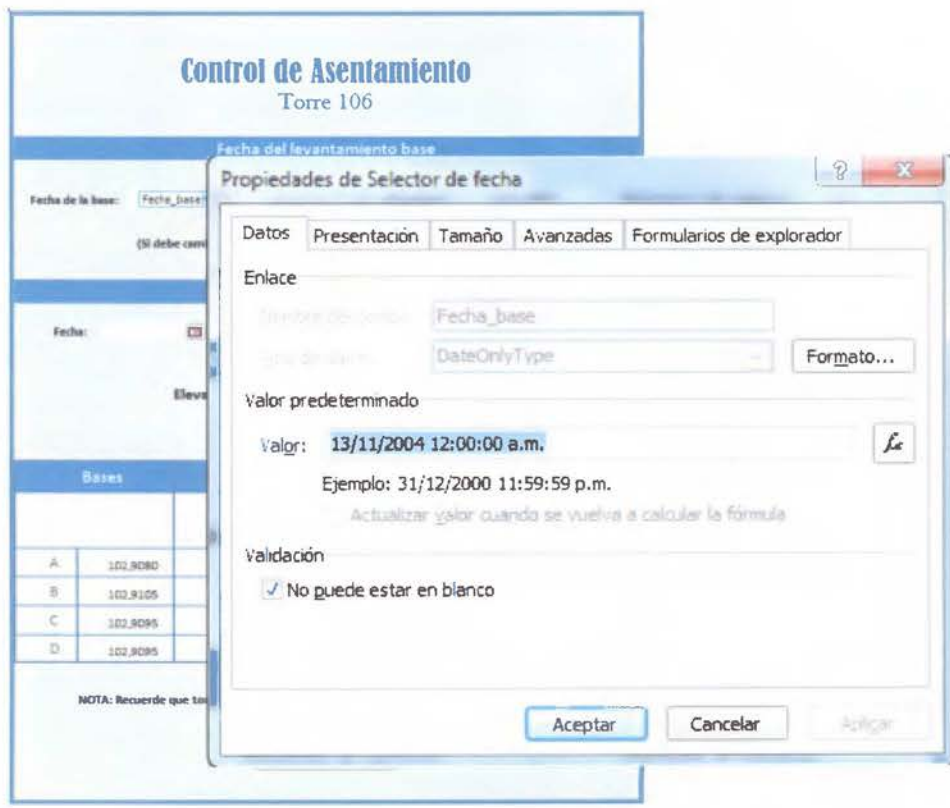


Se abrirá el siguiente cuadro, donde la mejor opción es borrar todo e ir acomodando el formulario como se prefiera, darle un título y el formato que se desee y se debe dar "Guardar como" con un nombre fácil de identificar y de comparar con el archivo SharePoint.

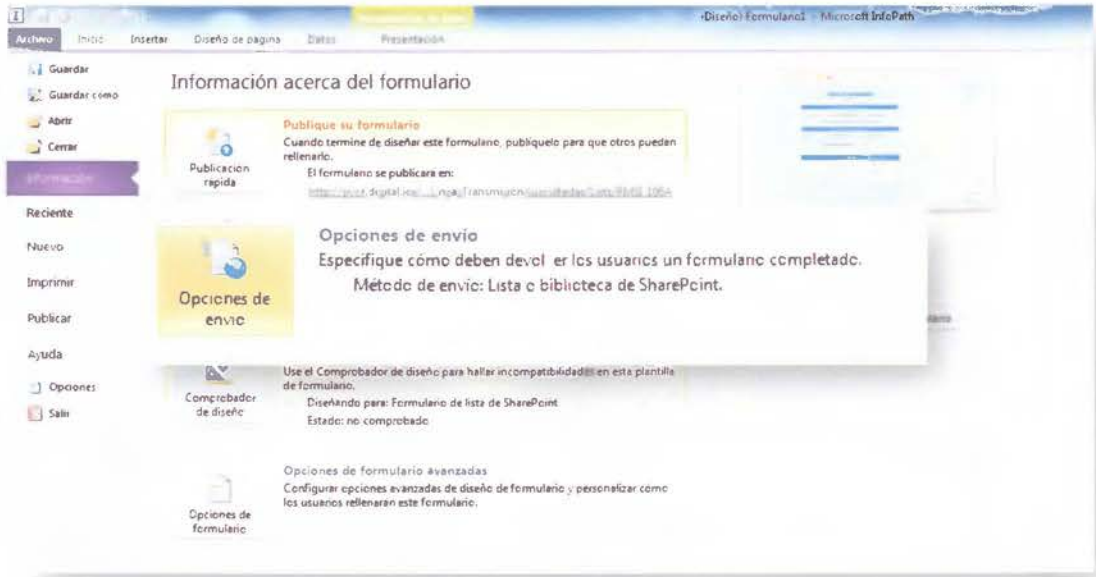
Arrastrar del lado derecho los campos a insertar en el formulario y acomodarlos según se desee.



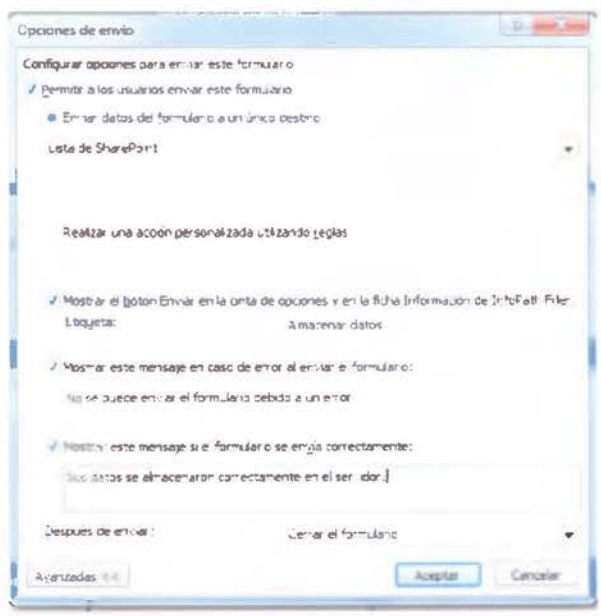
Si se desea se configura cada celda dando clic derecho > propiedades de cuadro de texto, en el cual se puede dar un valor predeterminado, paso que se siguió con la información base de cada torre.



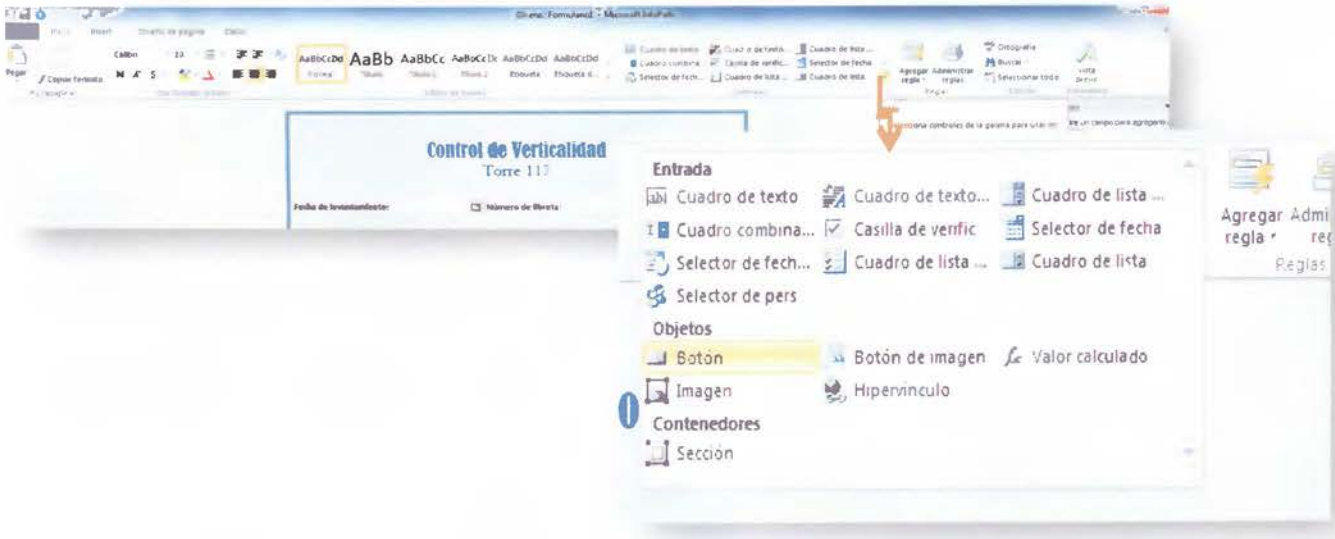
Una vez completado el formulario, se debe ir a la pestaña Archivo > Información > Opciones de envío.



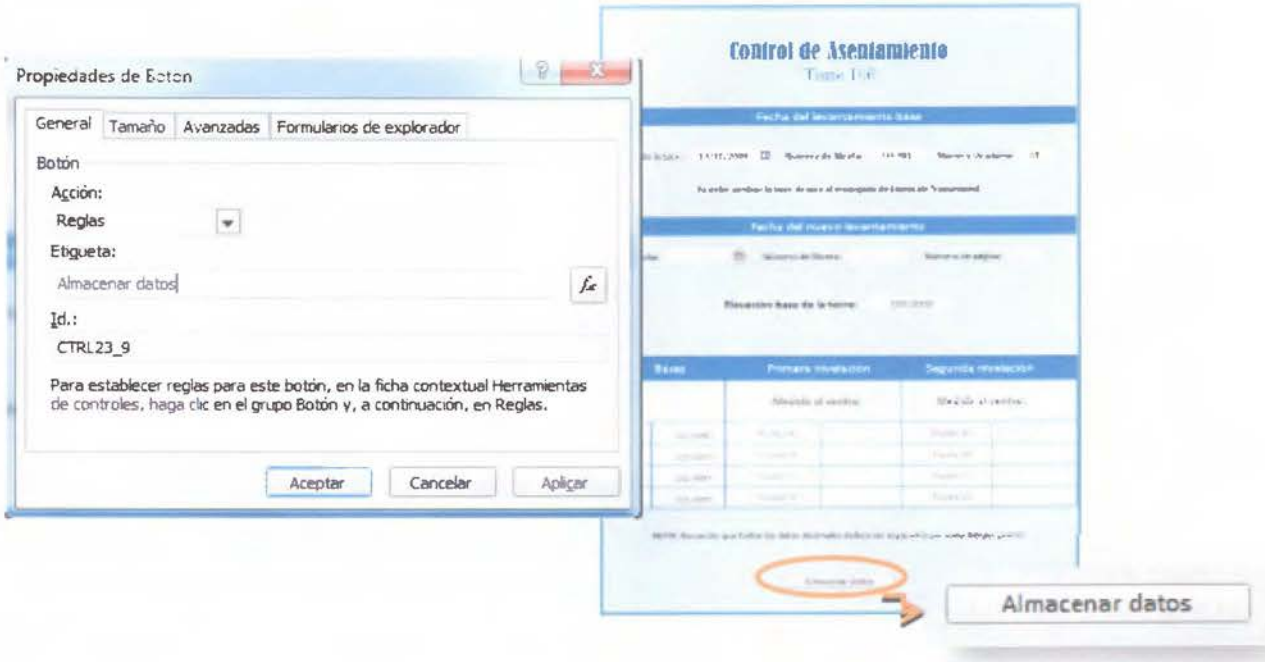
En el cuadro de diálogo emergente en la Etiqueta se utiliza la leyenda "Almacenar datos" y como mensaje del envío correcto, en las opciones Avanzadas, se utiliza "Sus datos se almacenaron correctamente en el servidor".



En el menú Controles de Inicio, dando clic en la flecha para obtener más opciones, se observa la opción de Botón, para ser colocado en el formulario y poder con este almacenar nuevos datos.

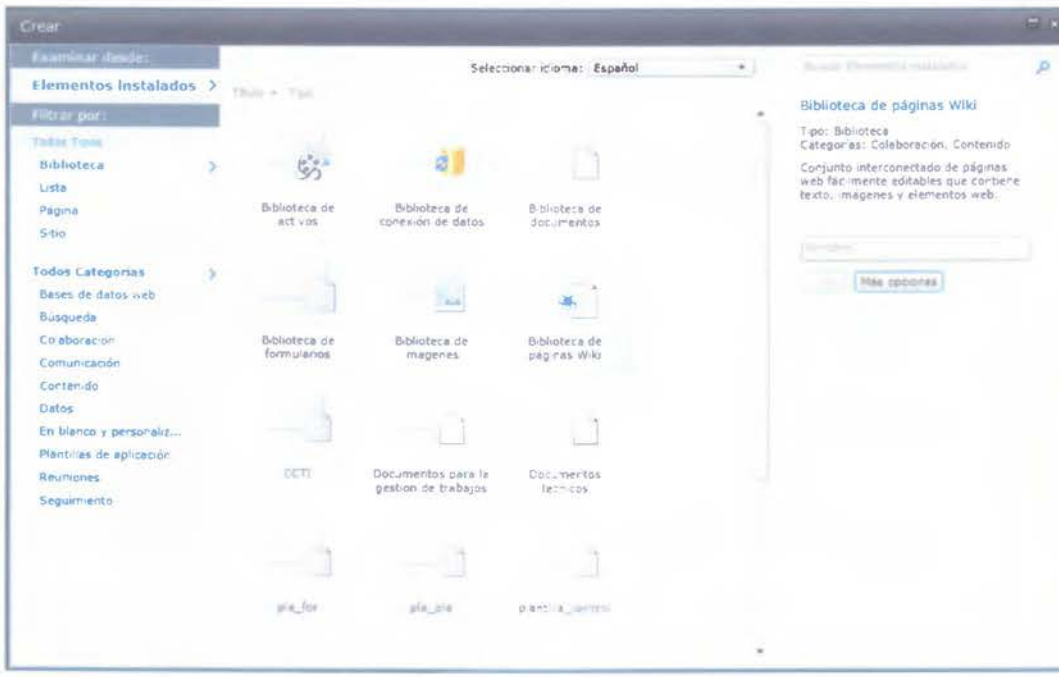


Con clic derecho sobre el botón se pueden modificar sus propiedades, donde la Etiqueta se cambia por "Almacenar datos", también se tiene la opción de darle el formato deseado al botón.



Creación de una página Wiki para ingreso de datos en los formularios.

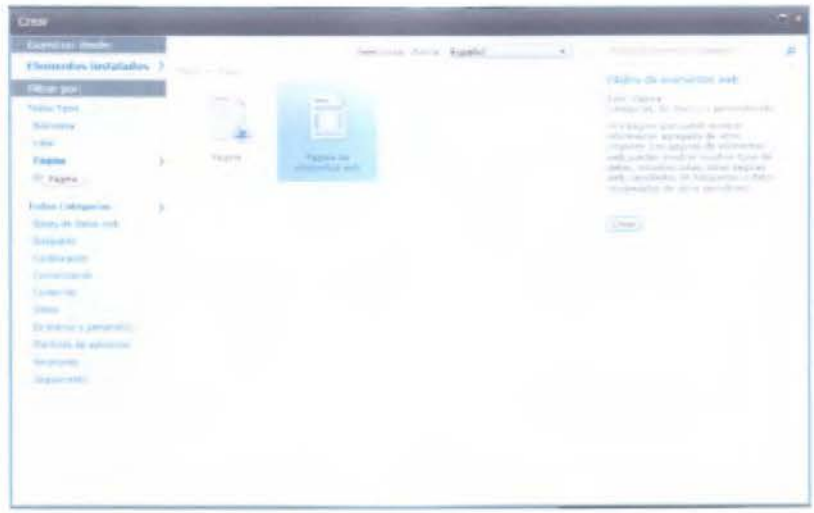
Para la cuadrilla de campo o bien para la persona que se encarga de ingresar los datos recaudados en la medición, se crea una página wiki en SharePoint donde se tenga acceso rápido a todos los formularios. Para ello se ingresa a la plataforma de colaboración y en el menú Acciones del sitio > Más opciones. En el cuadro de diálogo emergente se filtra por Bibliotecas y se selecciona la opción de Bibliotecas de páginas Wiki, se le asigna un nombre.



Una vez creada esta Biblioteca, aparece la siguiente página, la cual puede modificarse y darle la apariencia deseada según el caso. Esto se realiza iniciando la Edición en el menú Página >Editar.

Para el caso específico de los formularios, se modifica la página de la siguiente manera, ingresando imágenes y alguna información, esta es la página que servirá como portada y para guardar la información ingresada, en las herramientas de Edición > Guardar y Cerrar.

Una vez que se tiene la portada de esta biblioteca lista, se crean las páginas web donde se tendrán los formularios para el ingreso de datos. Para ello se ingresa nuevamente a Acciones del sitio > Más opciones, se filtra por Página > Página de elementos web > Crear.



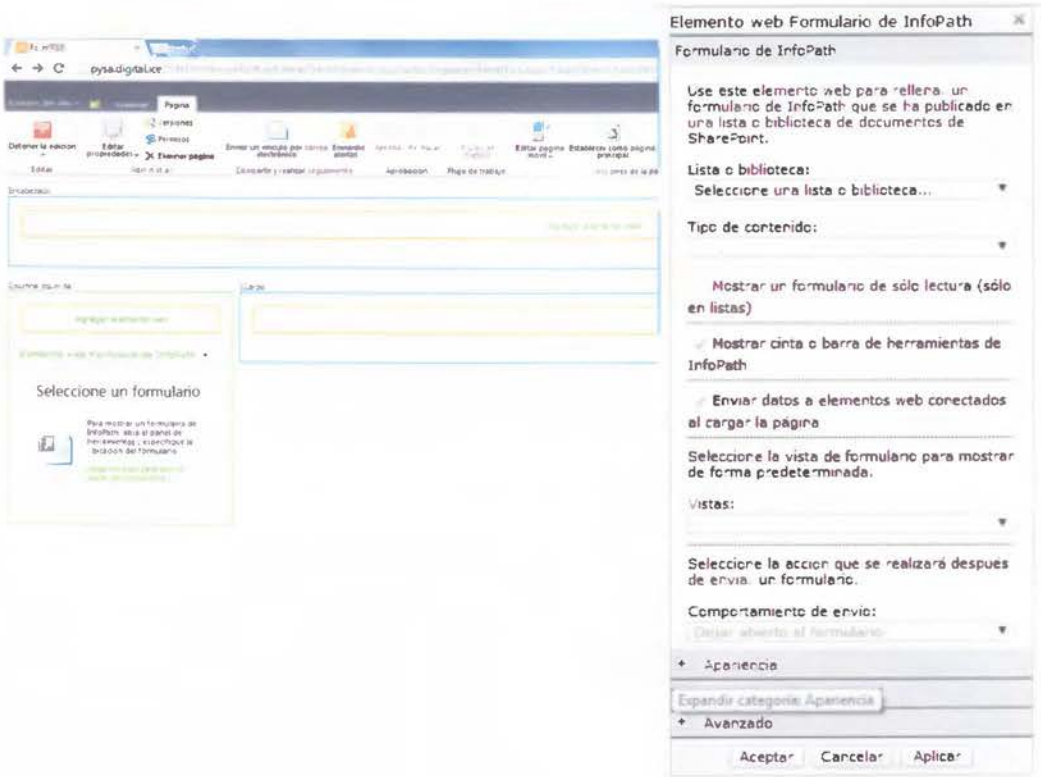
Se ingresa un nombre para la página con el formato: FormT(número de torre), seleccionar la plantilla: encabezado, columna izquierda y cuerpo y se selecciona la biblioteca a la que pertenecerá esta página → Crear.

Aparece la siguiente pantalla, en la cual se agregará primero un elemento en la columna izquierda, en la parte superior aparece una serie de opciones, donde se selecciona Formularios en Categorías y en el elemento web se selecciona el que es proveniente de InfoPath y se da Agregar.

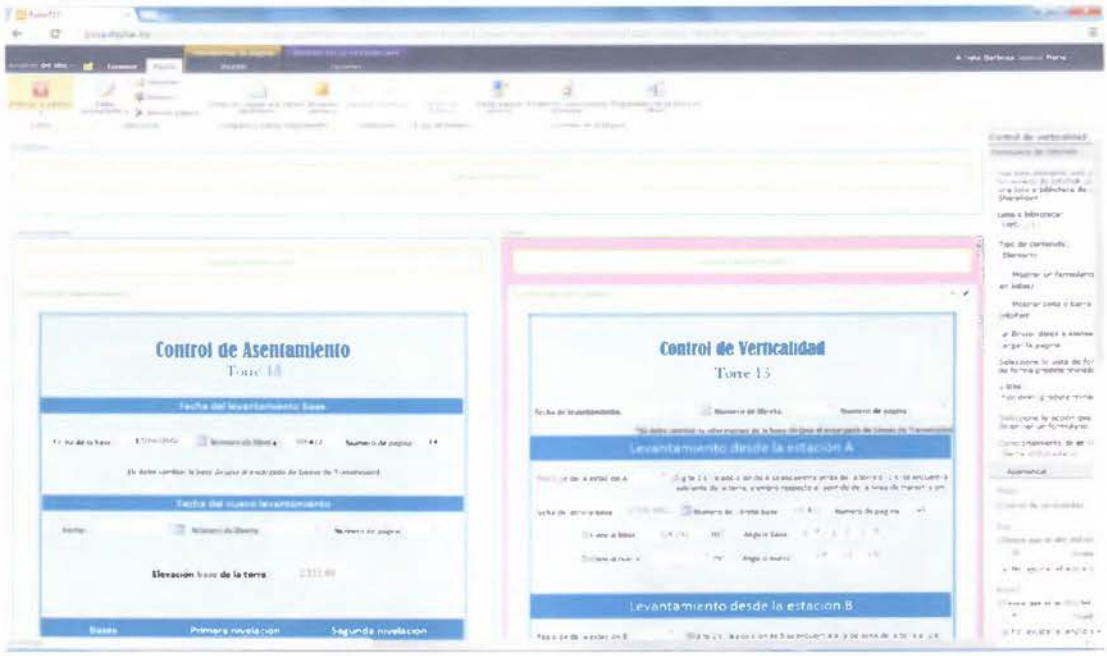
Ahora bien, en la columna izquierda aparece la opción: Haga clic aquí para abrir el panel de herramientas, con la cual aparece a la derecha, el panel de herramientas, donde

se elige el nombre del formulario en la celda de Lista o biblioteca. En el espacio de Comportamiento de envío se escoge la opción: Cierre el formulario.

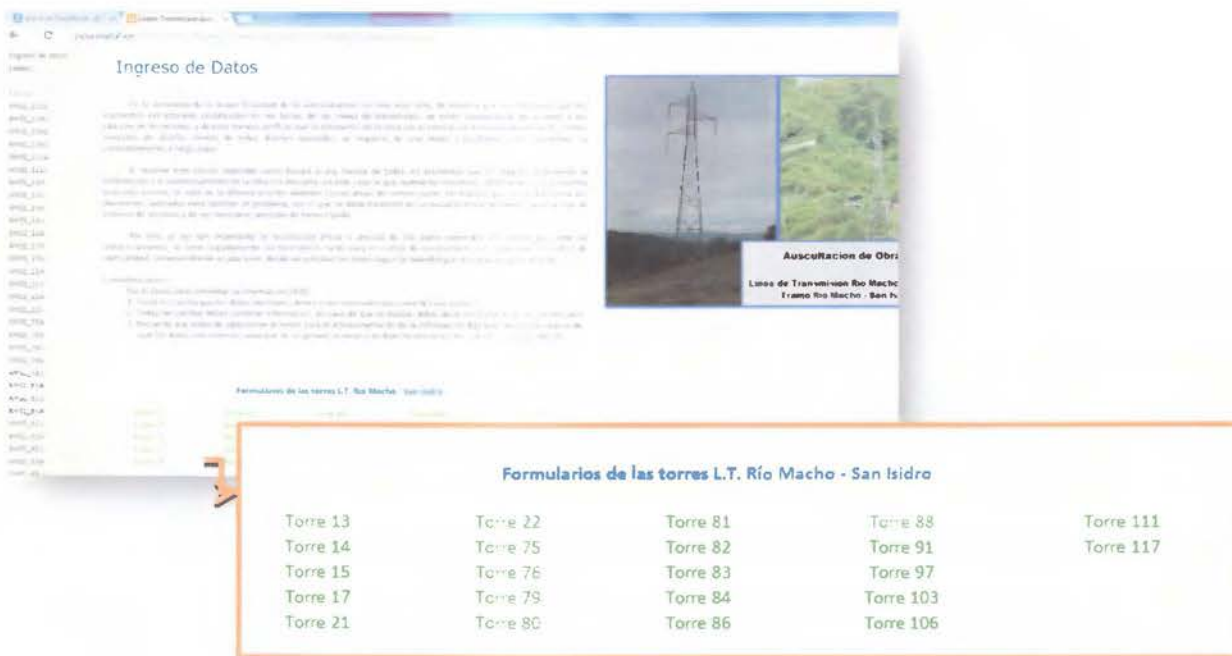
En el menú de Apariencia se escribe el nombre del tipo de control al que pertenece el formulario, Control de Asentamiento. En el apartado de Distribución no se cambia ningún valor y en el de Avanzado, se eligen únicamente las opciones: Permitir cerrar y permitir conexiones > Aplicar >Cerrar.



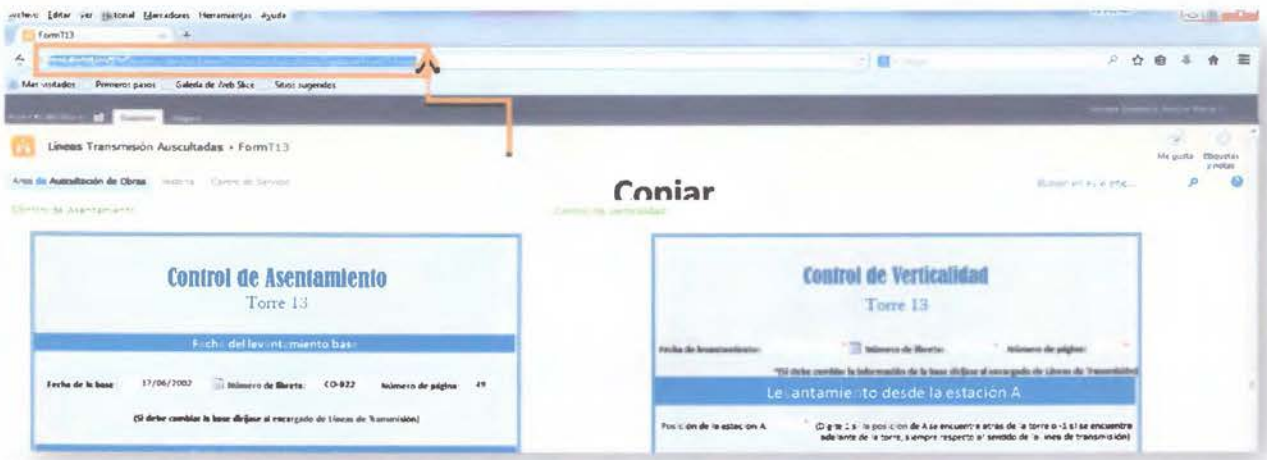
El mismo procedimiento se realiza con la columna derecha, en este caso se utiliza la parte "el cuerpo" para ingresar el formulario de control de verticalidad, en este caso en el menú de Apariencia, se pone el nombre Control de verticalidad. Con ello se tienen los dos formularios en la página. Para concluir se detiene la edición en la parte superior.

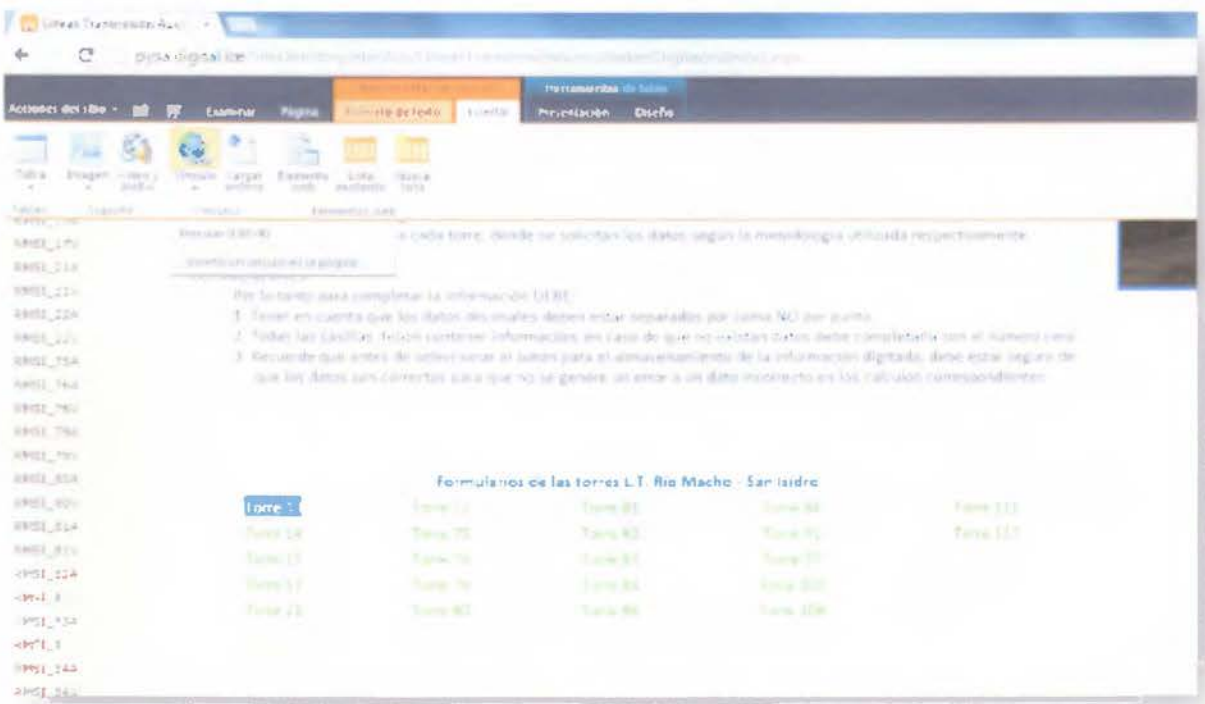


Una vez que se han creado las páginas para los elementos web se vuelve a la portada de la biblioteca wiki, Ingreso de datos, donde se inserta una tabla con el nombre de las torres auscultadas del tramo correspondiente y sobre el nombre de la torre se crea a cada una el vínculo al formulario.

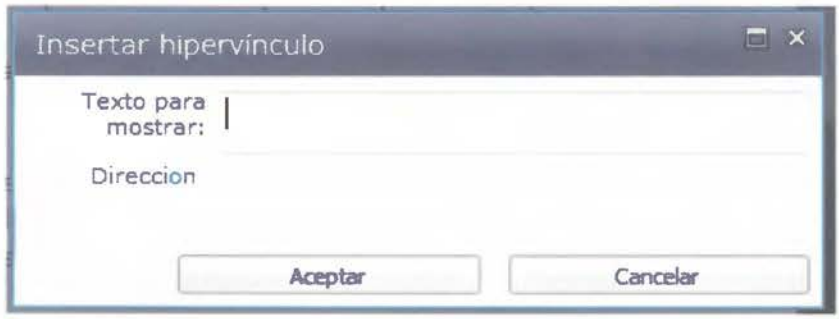


Aparte se copia el link de cada página que contiene los formularios de cada torre y volviendo a la portada de la biblioteca, con la sesión de edición iniciada, se selecciona el nombre de la torre correspondiente y en el menú de insertar se pica sobre Vínculo.



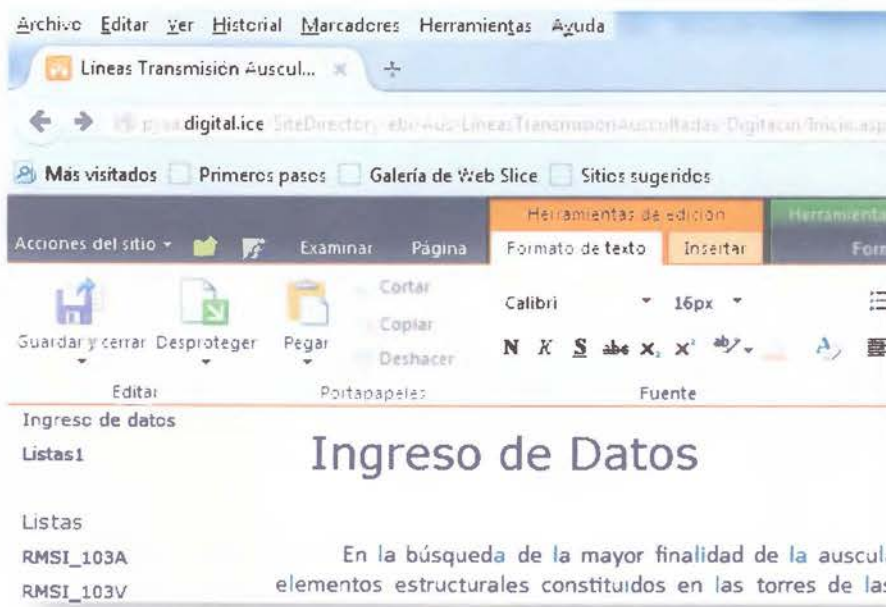


Y aparece el siguiente cuadro donde aparece automáticamente el texto que se había seleccionado, es decir el nombre de la torre y en Dirección se copia el link de los formularios correspondientes.



Al crear el vínculo aparecen las herramientas de este en la parte superior, donde se selecciona la opción de Abrir en una nueva pestaña.

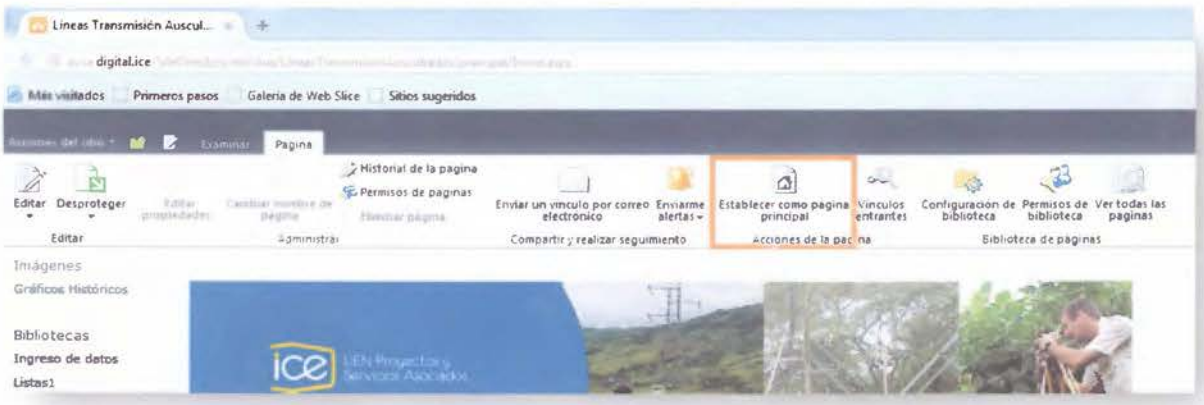
Para guardar todos los cambios, finalmente en las Herramientas de Edición > Formato de texto > Guardar y cerrar.



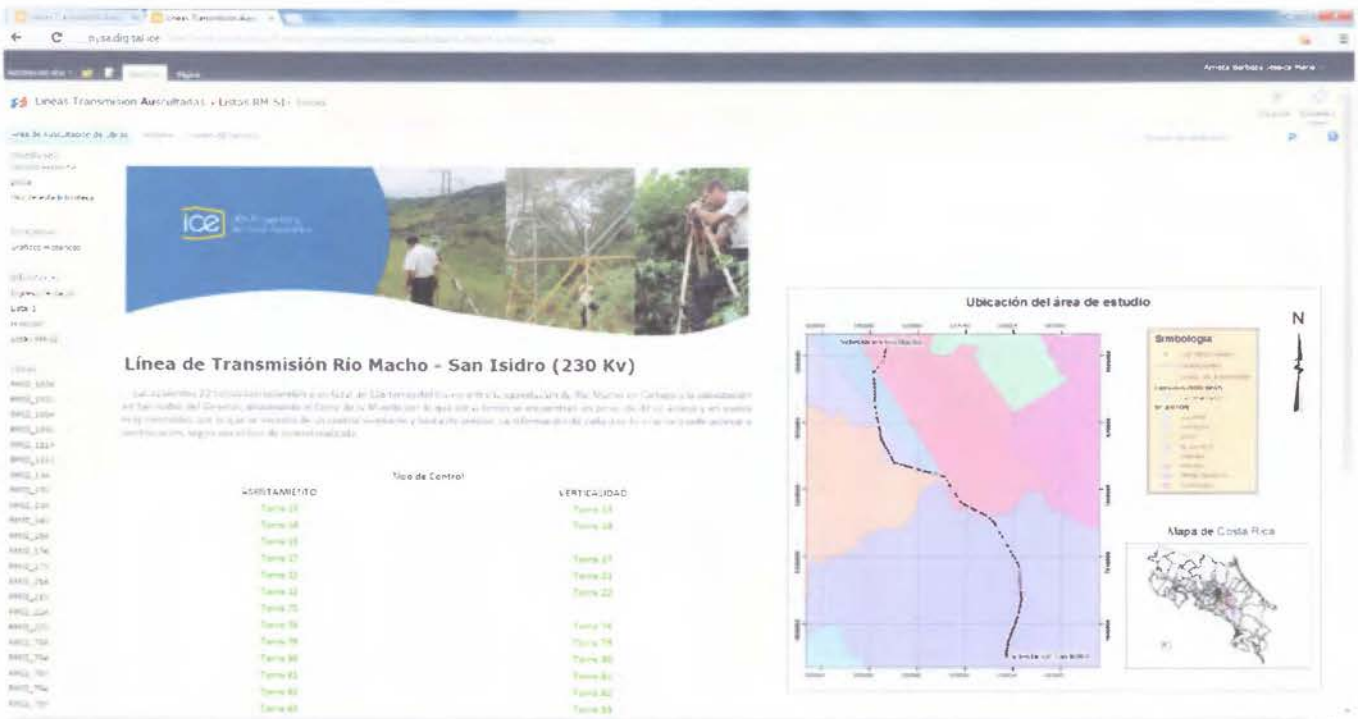
Creación de wikis como página principal y para el acceso a las listas

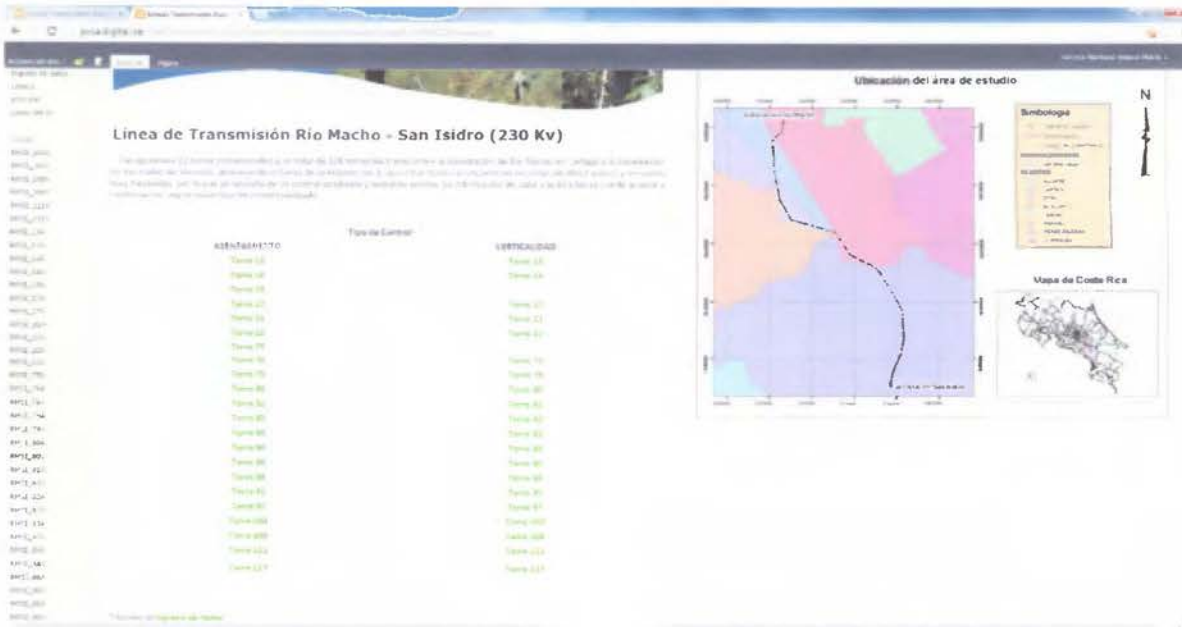
Con el mismo procedimiento que se realizó en el ítem anterior, se crea otra wiki para la página principal, llamada Principal en el que se da una portada y donde se da acceso a cada línea de transmisión, a cada tramo.

Esta wiki creada para la portada se designa como página principal, en el menú de página en la opción "Establecer como página principal".



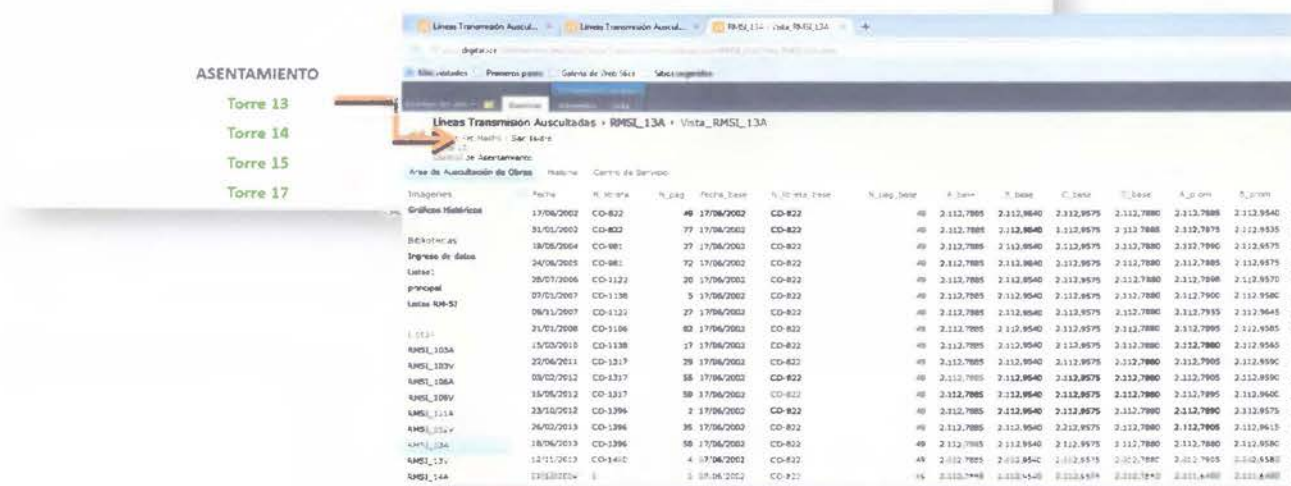
De esta página principal se crea un vínculo a cada tramo de línea de transmisión, la cual será también una página wiki que se creará con el acceso a todas las listas correspondientes a cada torre y a cada tipo de control. En este caso se coloca la ubicación del tramo Río Macho – San Isidro y se crea una tabla con todas las torres auscultadas, que tienen un hipervínculo a cada lista.





Línea de Transmisión Río Macho - San Isidro (230 Kv)

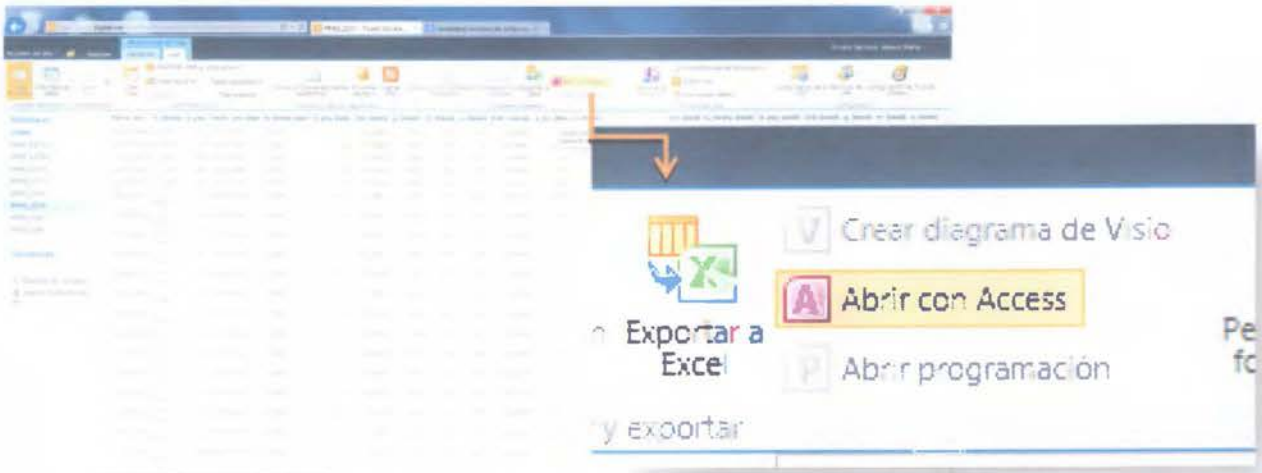
Las siguientes 22 torres corresponden a un total de 128 torres del tramo entre la subestación de Río Macho en Cartago y la subestación en San Isidro del General, atravesando el Cerro de la Muerte por lo que estas torres se encuentran en zonas de difícil acceso y en suelos muy inestables, por lo que se necesita de un control constante y bastante preciso. La información de cada una de ellas se puede accesar a continuación, según sea el tipo de control realizado.



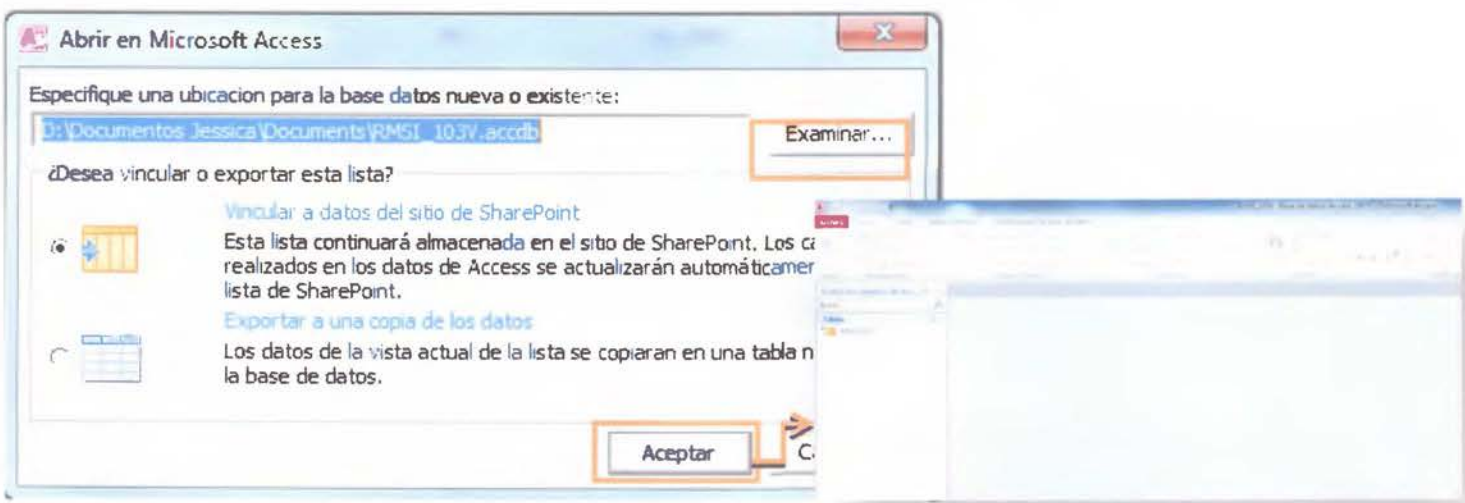
Cada uno de los vínculos creados deben abrirse en una nueva pestaña, en la página Wiki de cada tramo también se le da acceso a la wiki de Ingreso de datos.

Creación de una base de datos con Microsoft Access

Una vez creados todos los formularios, se abre el sitio SharePoint en el cual se encuentran las listas, donde en el menú Lista, se selecciona la opción Abrir con Access, para crear una base de datos en este sitio para que se vincule con el Excel y esté en constante actualización para la creación de los gráficos.

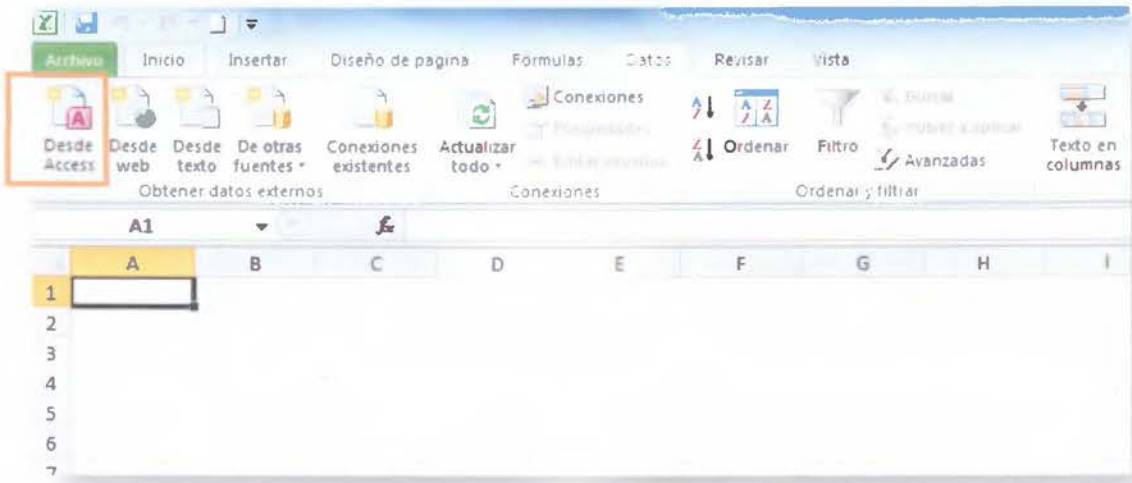


Con la opción se abre el siguiente panel, donde determina la dirección en que se guardará la base de datos y se selecciona "Vincular datos del sitio de SharePoint", para que automáticamente exista una actualización entre las tablas → Aceptar. Al dar Aceptar, mecánicamente se abre la tabla en Microsoft Access. Se realiza con todas las tablas.

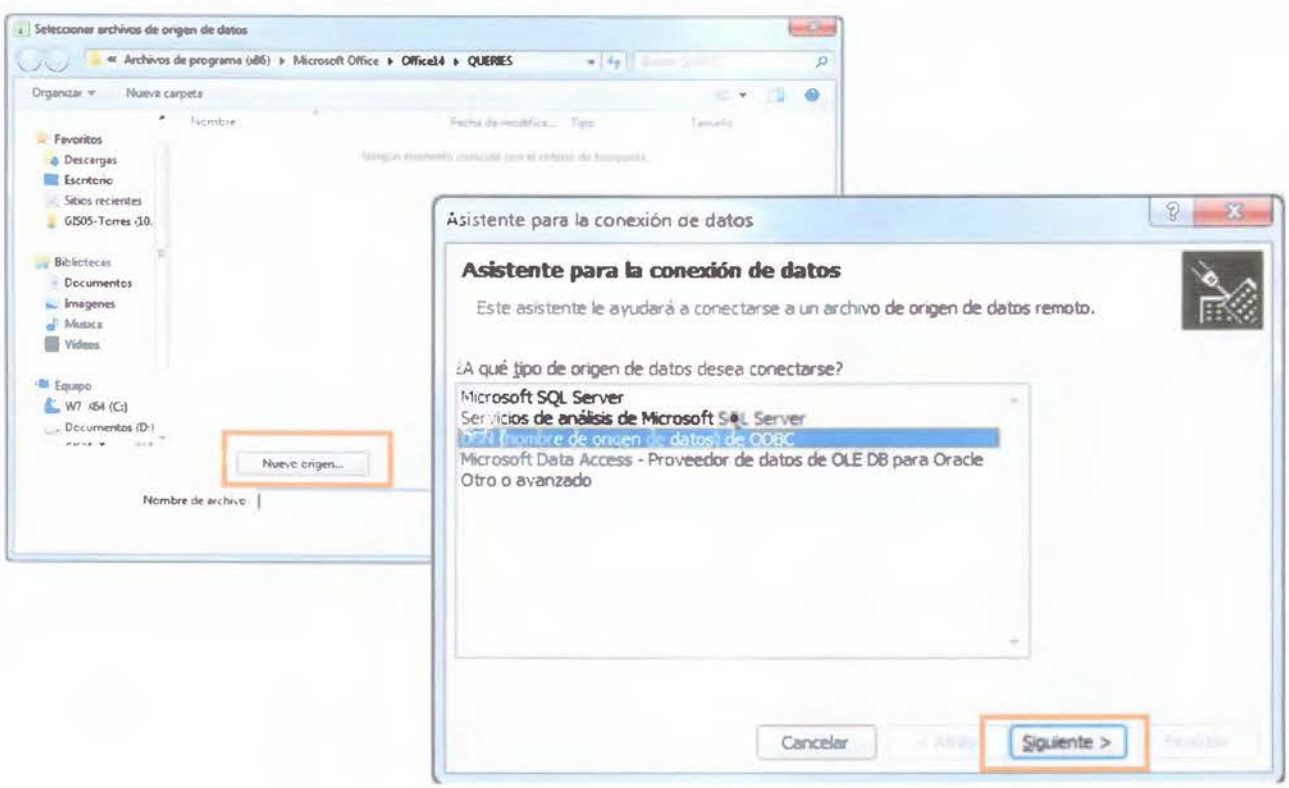


Importar las listas en Microsoft Excel para generar los gráficos.

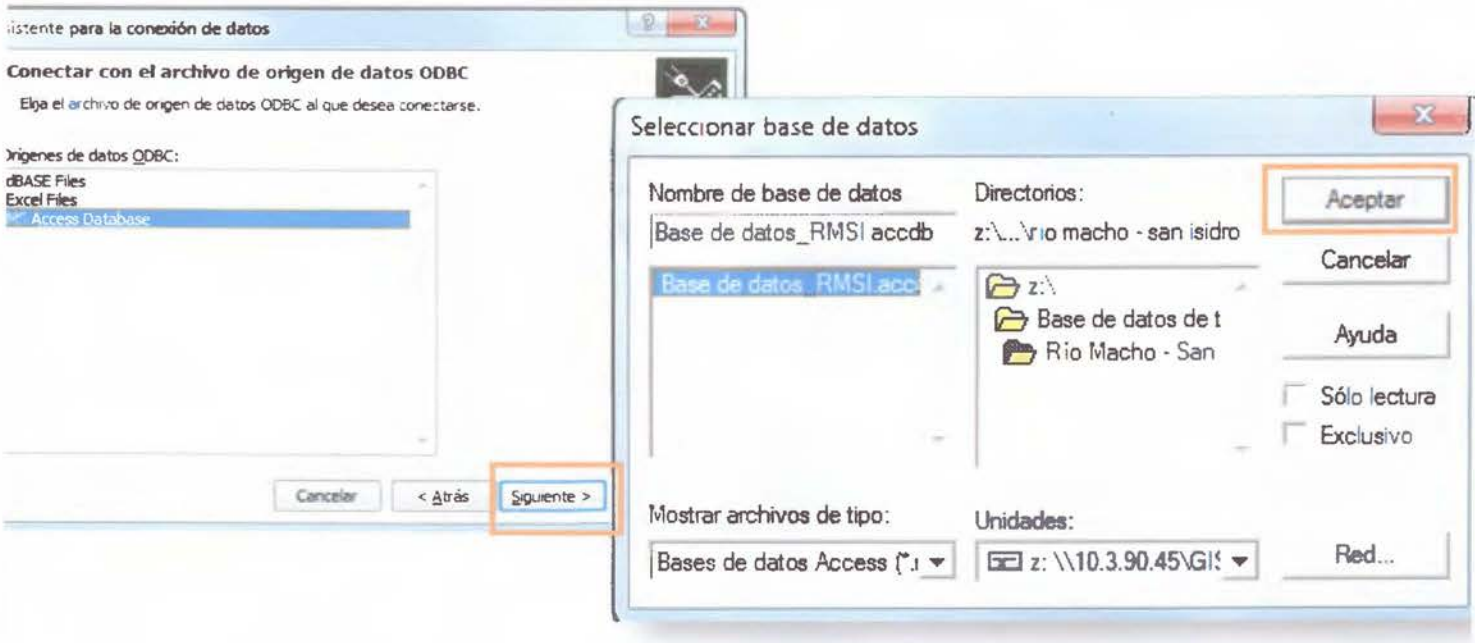
Para tener esta misma tabla en Excel, se abre el programa y en el menú Datos, seleccionar la opción "Desde Access".



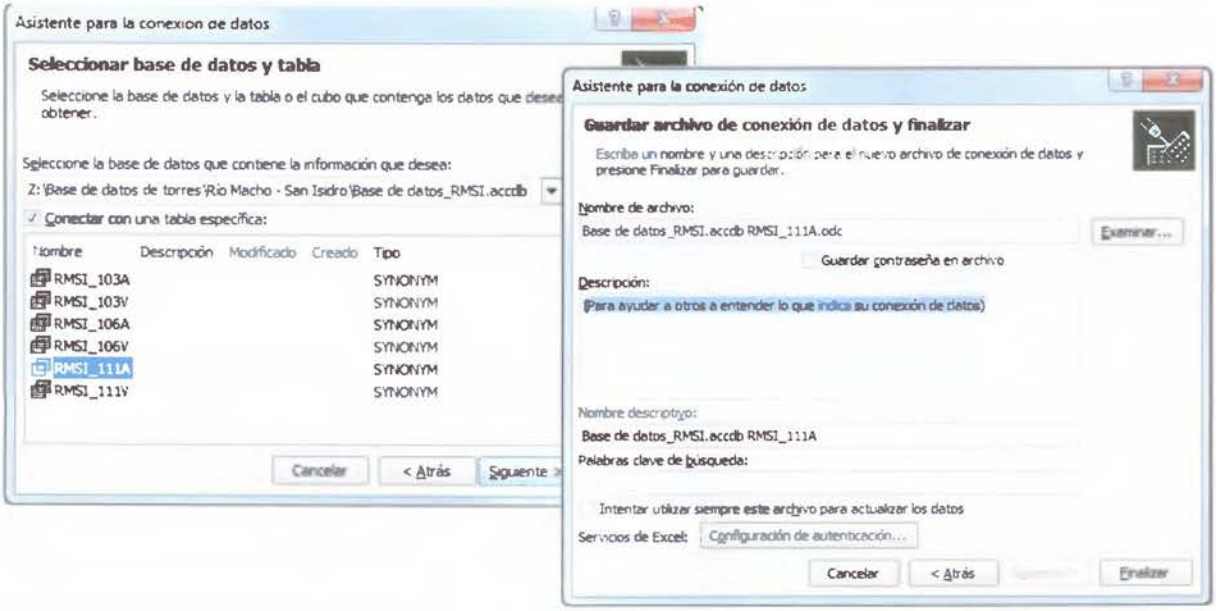
En el cuadro de diálogo se selecciona "Nuevo origen", con el que se abre el Asistente para la conexión de datos, seleccionar DNS de ODBS > Siguiente.



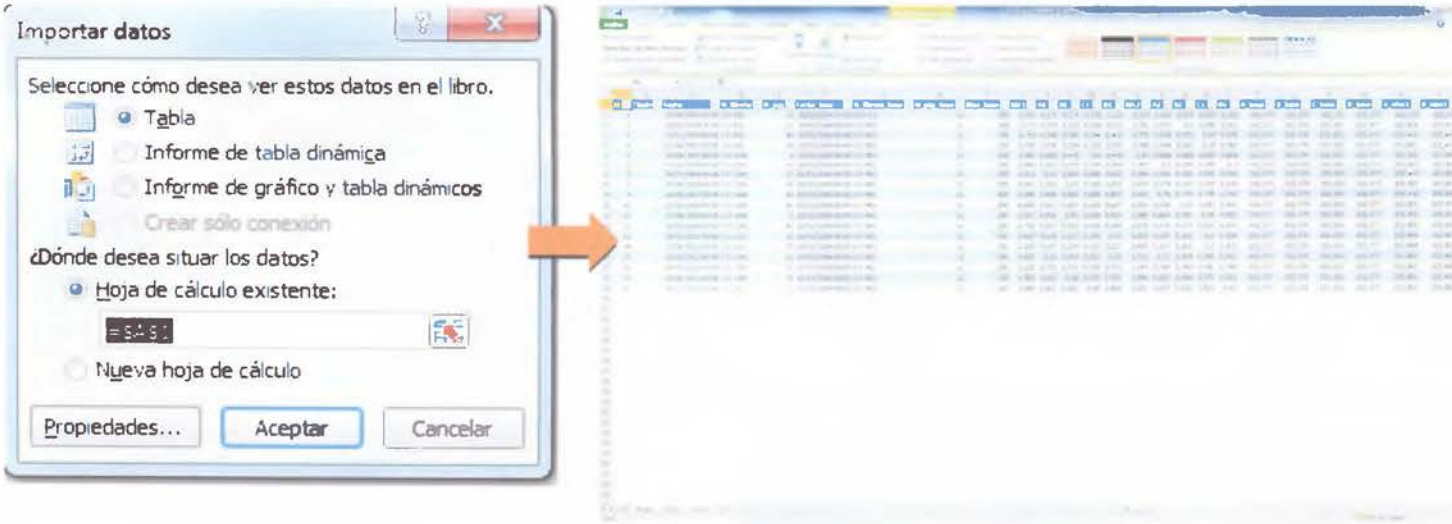
En la sección siguiente seleccionar "MS Access Database" > Siguiente y se selecciona a la izquierda el directorio donde se encuentra la base y a la derecha selecciona la base de datos que en este caso había sido guardada como Base de datos_RMSI (base de datos de torres de la línea de transmisión del tramo Río Macho – San Isidro) > Aceptar.



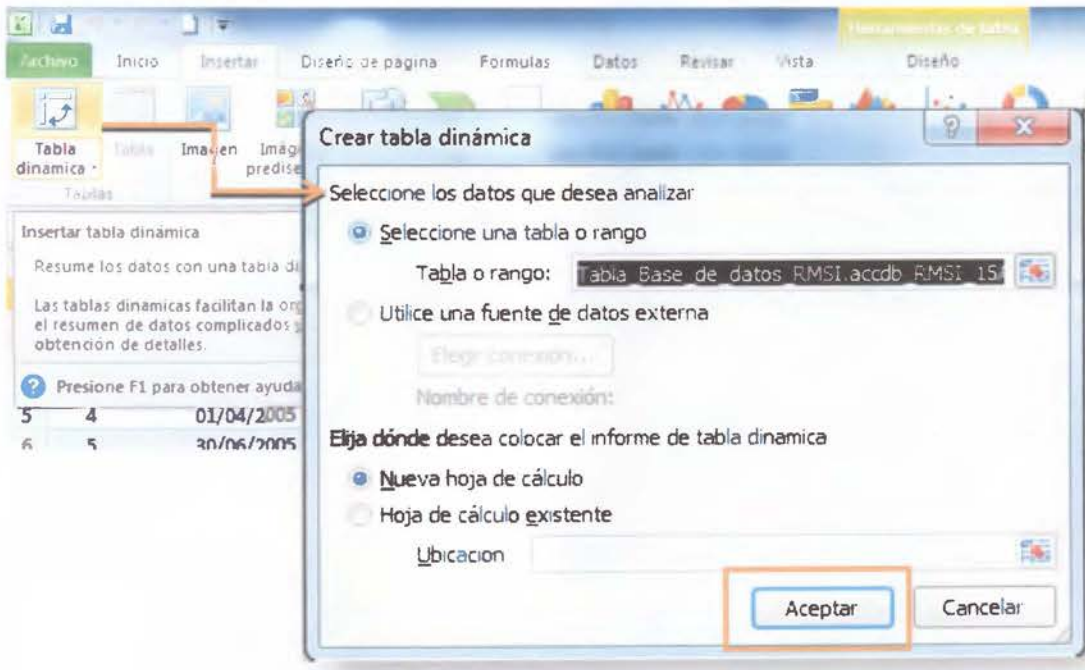
En este siguiente panel, se escoge la tabla con la cual se va a conectar y se finaliza el enlace.



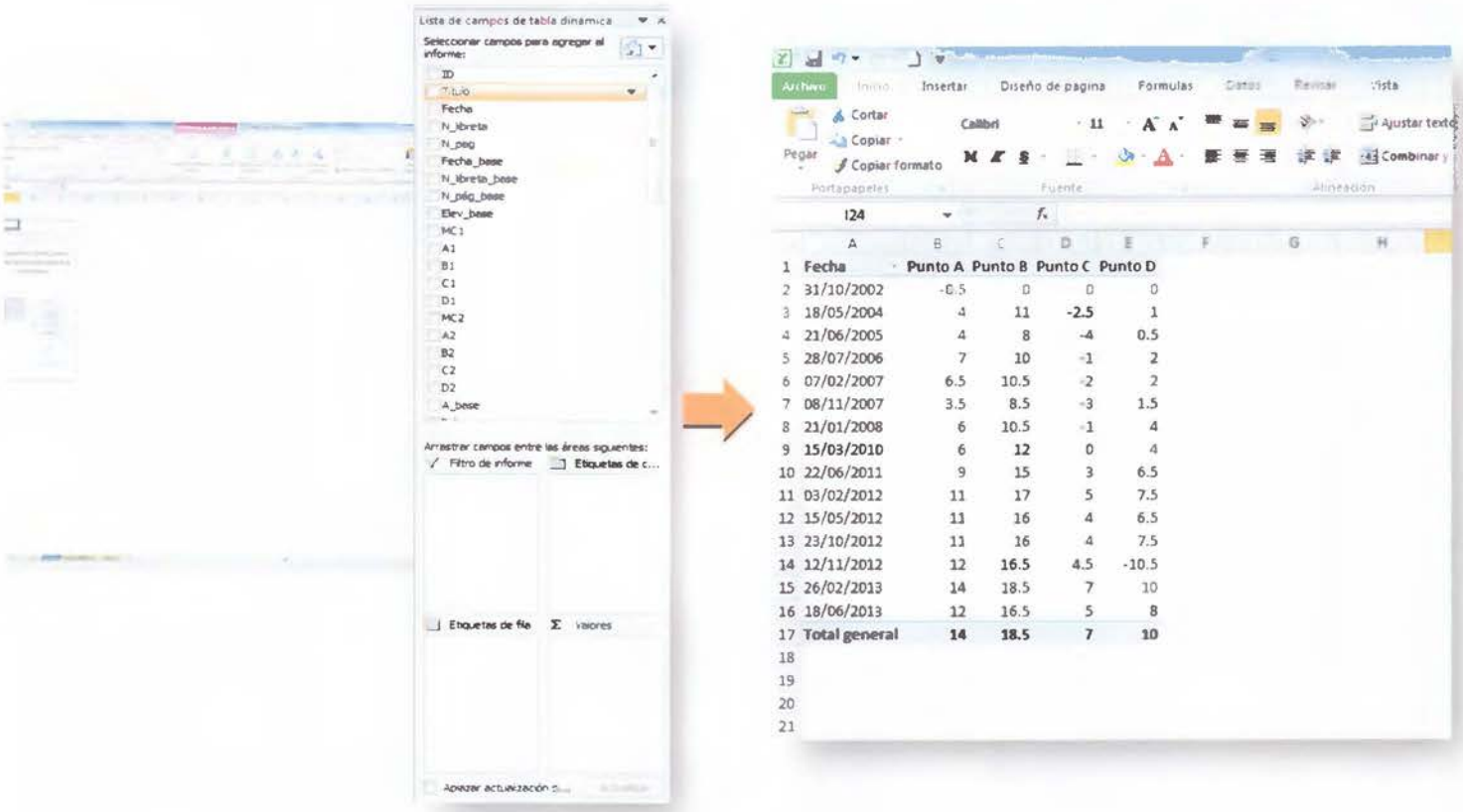
Al finalizar el Asistente de conexión aparece el siguiente cuadro en el que se debe indicar en cual página del Libro de Excel se abrirá la lista, generalmente se selecciona la hoja existente.



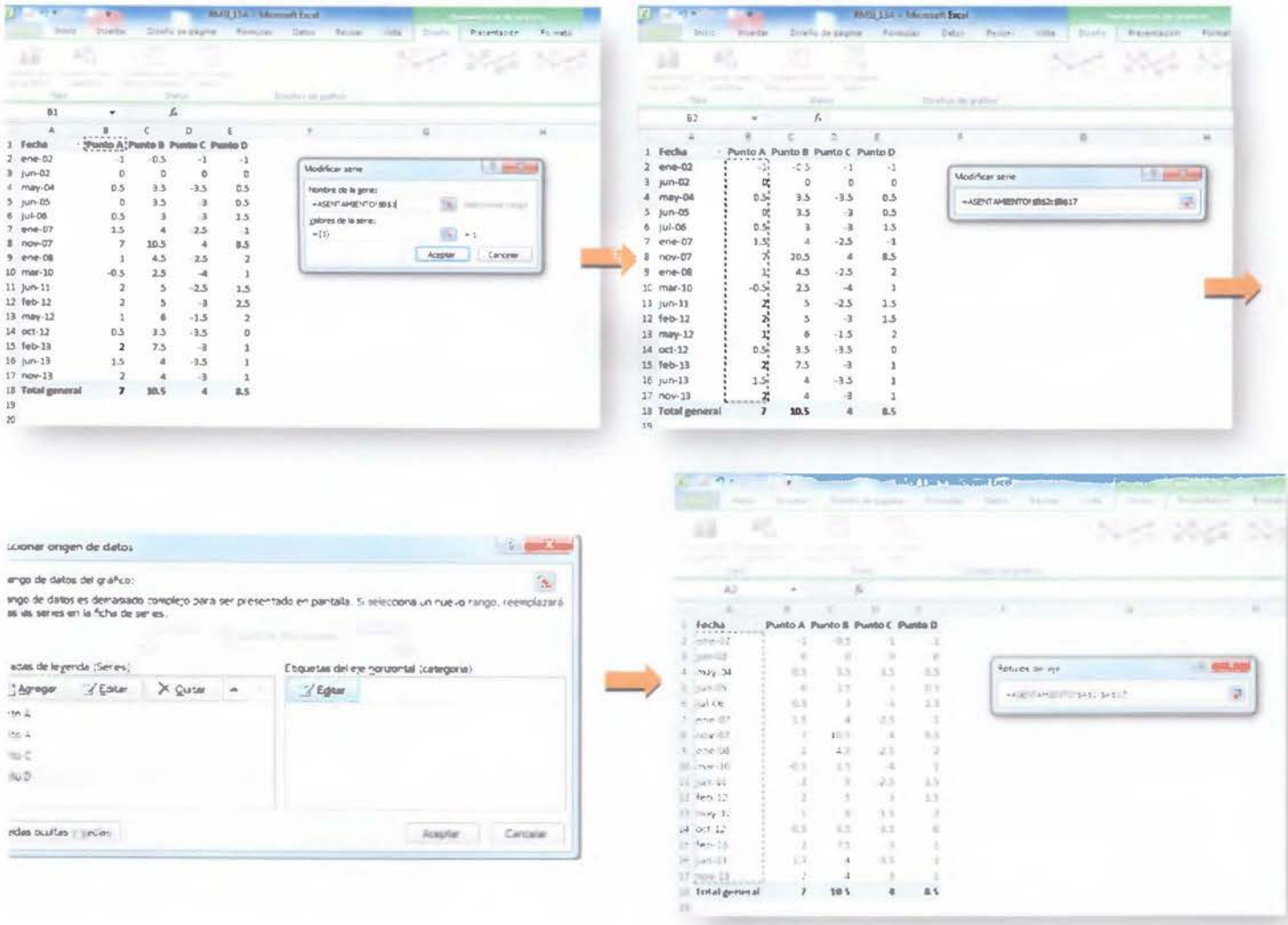
Al abrirse la tabla en el Excel, se encuentran todos los datos seleccionados, donde con el menú Insertar, se selecciona Tabla Dinámica y se abre el cuadro de diálogo respectivo, se elige una Hoja de cálculo existente y se selecciona la segunda hoja del archivo.



Como se observa la tabla dinámica se puede configurar con los campos que se deseen, marcando cada uno de ellos en la columna que aparece a la derecha de la hoja de Excel, que para el caso específico del que se está tratando, las tablas dinámicas llevarán las fechas de la lectura nueva y los desplazamientos resultantes para observar ese comportamiento en gráficos.



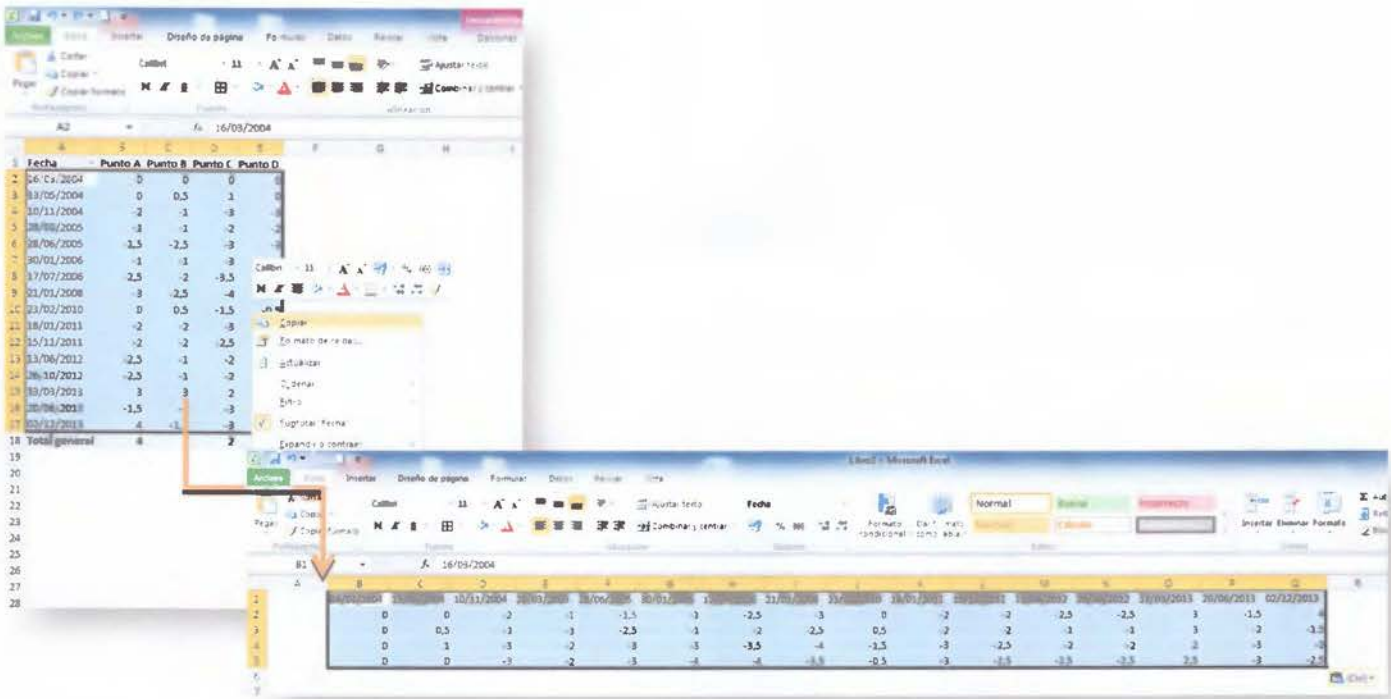
Ahora, con la tabla dinámica hecha se deben realizar los gráficos en una hoja aparte, el detalle a tomar en cuenta aquí, es que en ocasiones al hacer directamente el gráfico desde la tabla dinámica, se presenta un error, por lo tanto la mejor opción es dar Insertar un Gráfico de tipo Línea con marcadores, pero dando seleccionar datos e ingresando los datos uno a uno de la serie primero y luego de las etiquetas seleccionando las fechas.



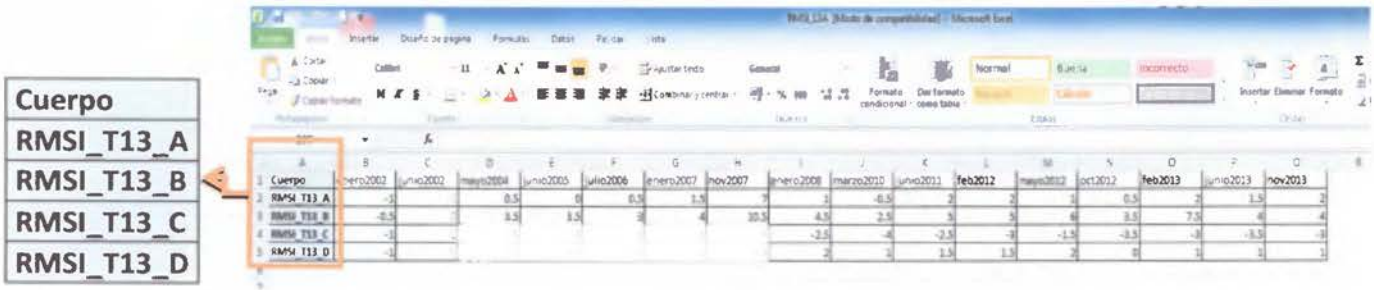
El mismo proceso se realiza con el control de verticalidad. Es importante tener en cuenta que el estándar de los Libros de Excel para este caso es, tener la primer hoja con los datos importados desde el SharePoint, la segunda con la tabla dinámica y la tercera con el gráfico, para el caso del control de verticalidad se deben identificar con L y F de lateral y frontal respectivamente.

Transponer tablas como insumo para la herramienta GIS.

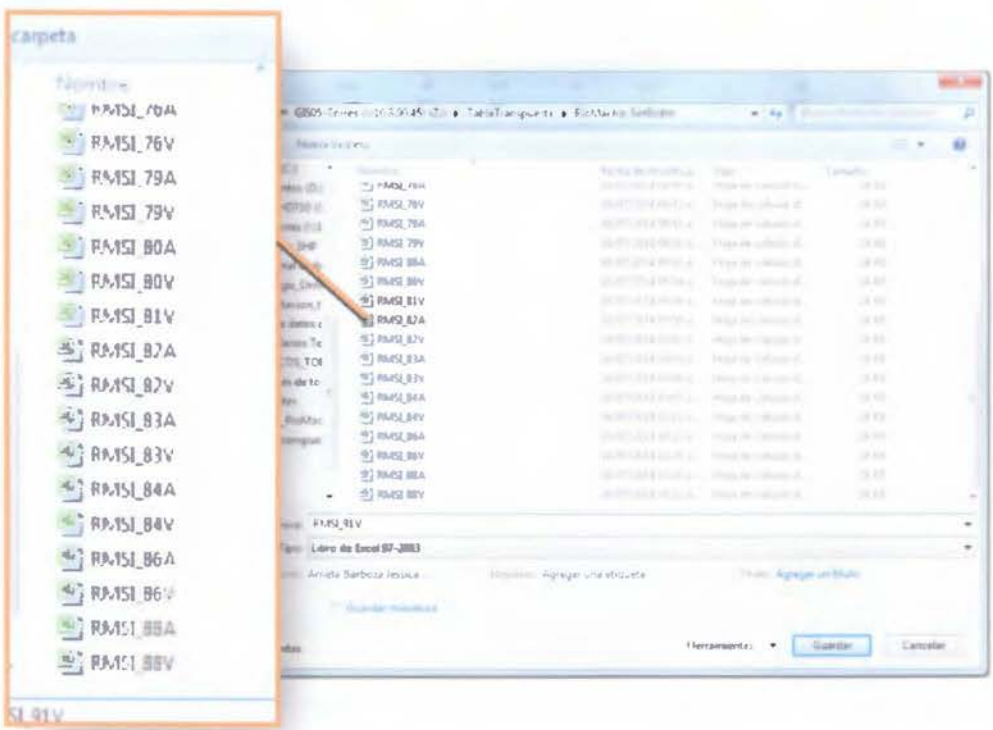
Los datos de la tabla dinámica (excepto los nombres de las columnas y los totales) que fue creada en una de las hojas del libro de cálculo, deben copiarse y pegarse en un nuevo archivo como tabla transpuesta.



Los datos de la tabla deben pegarse a partir de la segunda columna y en la primera colocar un nuevo nombre para cada fila de manera que sea el mismo en los archivos shape del ArcGIS.



Es importante tener muy claro que este archivo de Excel **debe guardarse en la versión 97-2003**, en la carpeta Z:GIS05-Torres, TablaTranspuesta, RíoMacho-SanIsidro, con el mismo nombre del archivo original (RMSI_13A) y la hoja lleva el nombre de TRANSPUESTA.



El mismo procedimiento se realiza para el archivo de verticalidad tanto para el control frontal como para el lateral, pero dejando las dos primeras columnas a la hora de transponer los datos.

En las dos columnas en blanco del inicio, se coloca la siguiente información, según sea el número de torre y el desplazamiento.

Torre	Desplazamiento
T17	LATERAL

En cada archivo se agrega una hoja más, para tener los datos promedio por semestre, en este caso se empezó a calcular el promedio desde el año del 2007 para todas las torres, el nombre que se observa a continuación no debe llevar espacios y se utiliza el mismo nombre de las torres.

ISem2007	IISem2007	ISem2008	IISem2008	ISem2009	IISem2009	ISem2010	IISem2010	ISem2011	IISem2011	ISem2012	IISem2012	ISem2013	IIS em2013

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Fecha	ISem2007	IISem2007	ISem2008	IISem2008	ISem2009	IISem2009	ISem2010	IISem2010	ISem2011	IISem2011	ISem2012	IISem2012	ISem2013	IIS em2013
2	RMSI_T17_A	6	4	4				5		6		6	3.5	4	4
3	RMSI_T17_B	-1	-0.5	-2				-0.5		0.5		0.75	-1.5	-0.25	-0.5
4	RMSI_T17_C	0	0	-1.5				-0.5		1		1.25	-1	-0.5	0
5	RMSI_T17_D	5.5	4	4				5.5		6.5		6.5	4	4.75	5.5

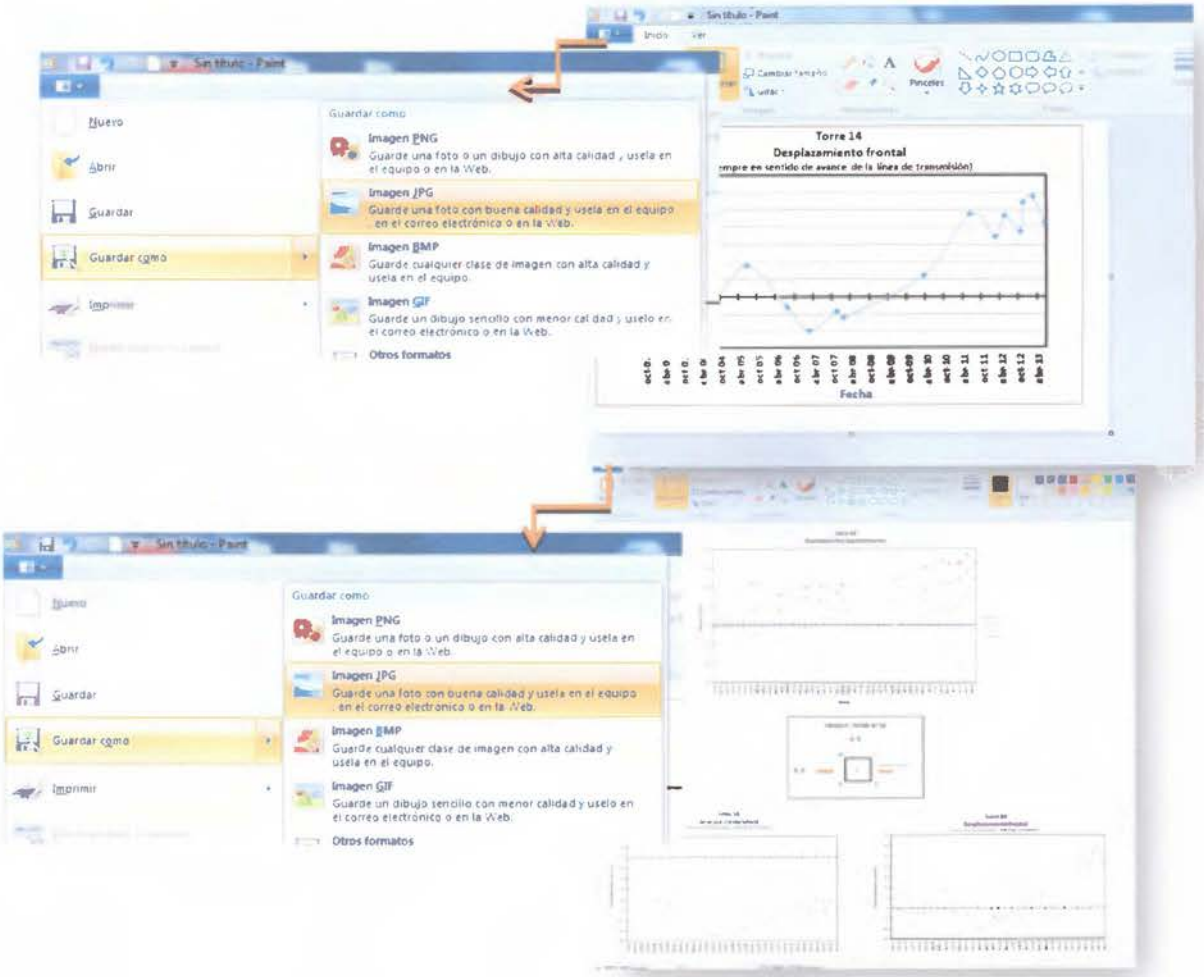
Cada hoja debe llevar la misma forma de nombre, ejemplo, PromSeme17A (Promedio Semestral #Torre TipoAsentamiento). Como se observa:

Estas tablas deben ser copiadas de nuevo cada vez que se ingresen datos de una nueva campaña a las hojas de cálculo, los cuales están vinculados al SharePoint.

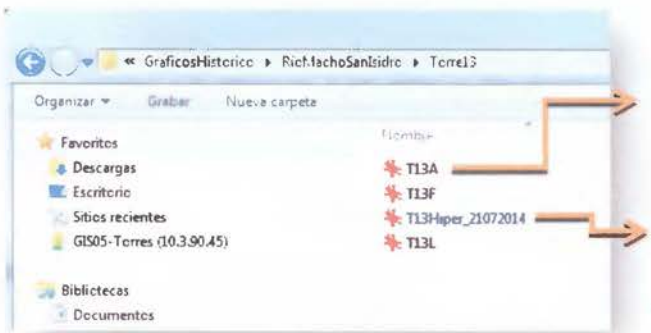
Copiar gráficos como imágenes para insumo de la herramienta GIS.

Cada gráfico realizado como resultado de los datos debe guardarse como una imagen aparte .jpg (para el tramo ya terminado se utilizó Paint, por ejemplo), además se debe guardar una imagen con los tres gráficos y el croquis de la ubicación de las estaciones que tiene cada archivo de Excel. Esto con el fin de insertar esas imágenes a los mapas y para subirlos al SharePoint para utilizar un hipervínculo en el mapa.

Cuando se va a guardar cada gráfico, se le disminuye el tamaño en el Excel se copia y se pega en Paint, por ejemplo. Se guarda en la carpeta GraficosHistoricos del servidor.



Deben tener el mismo formato de nombre, ejemplo:

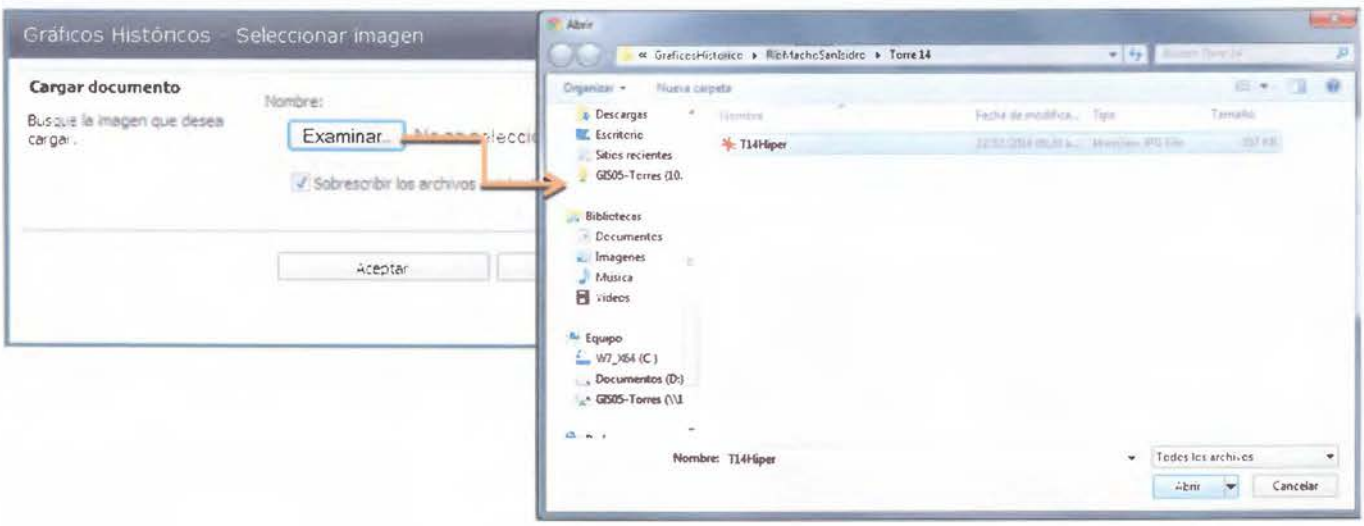


Las imágenes individuales:

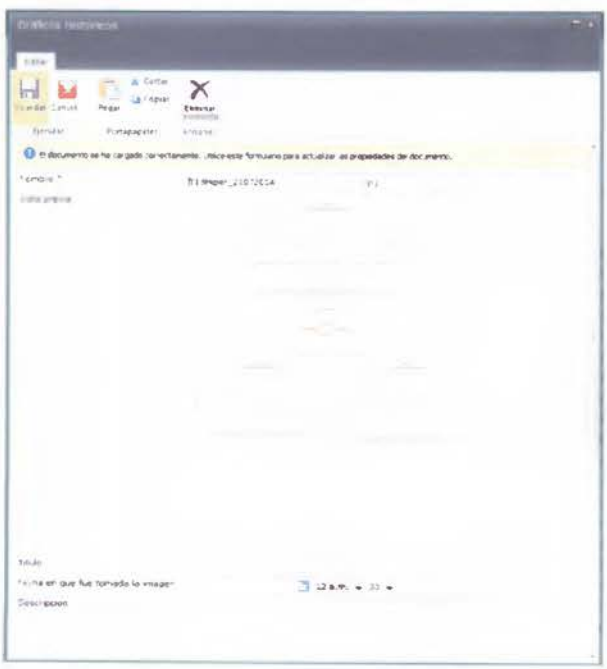
T + Número de torre + Primer letra del tipo de control

La imagen de los tres gráficos:

Las imágenes donde se guardaron los tres gráficos, deben subirse a la plataforma de SharePoint, donde se crea una biblioteca de imágenes, llamada Gráficos Históricos y dentro de esta se crea una carpeta para cada tramo y se guardan las imágenes con el mismo nombre que el anterior para que la reemplace. Con la opción Cargar, aparece el siguiente cuadro y se examina hasta la ubicación del servidor donde se encuentran las imágenes.

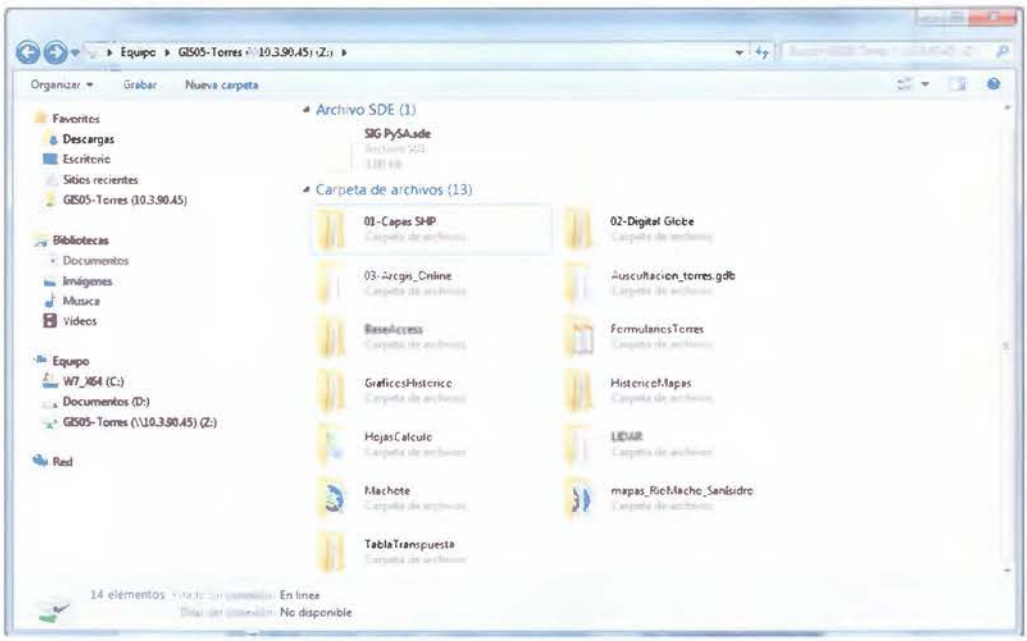


En el siguiente cuadro emergente se muestra un mensaje si la imagen fue correctamente cargada y algunas opciones como para darle una descripción, un título, entre otros.



Herramienta en un Sistema de información geográfica.

Para la creación de la herramienta en ArcGIS, se tiene como insumo los archivos shapes que se encuentran en la base de datos geográfica (Auscultación_Torres) como entidades, como los cantones, poblados, fallas y carreteras de Costa Rica. Además, para el caso específico de la parte ya realizada en el tramo Río Macho – San Isidro, se utilizó información dada por UEN Transporte, como imágenes LIDAR y el archivo Shape de las torres de esa línea de transmisión.



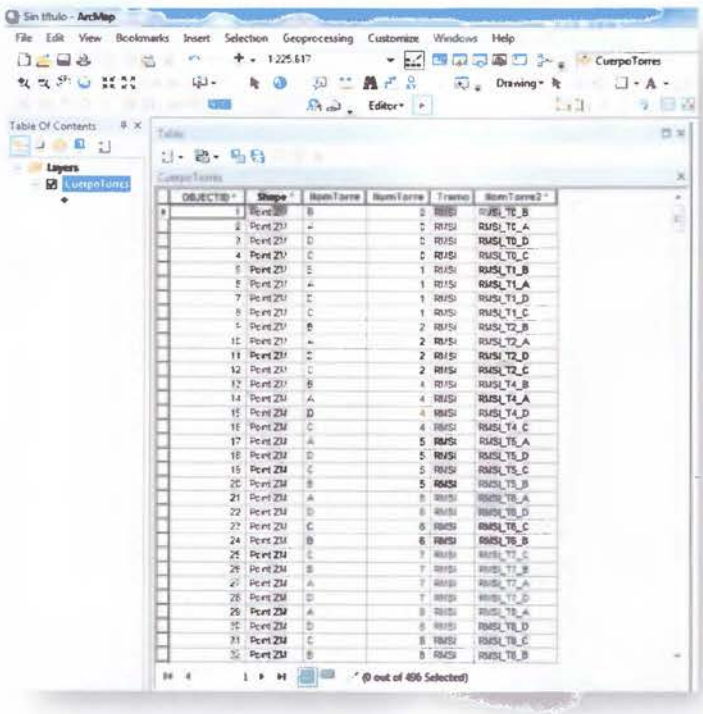
Creación de archivos .shp

Una vez que se tiene la información LIDAR y el shape de las torres, se crea otro shape para simbolizar el cuerpo de las torres, por lo tanto se crea uno de línea, el cual en un archivo de AutoCAD, se dibuja un cuadro alrededor de cada punto de torre y se exporta al GIS, además, se crea un shape por aparte de los cuatro puntos del cuerpo para todas las torres.

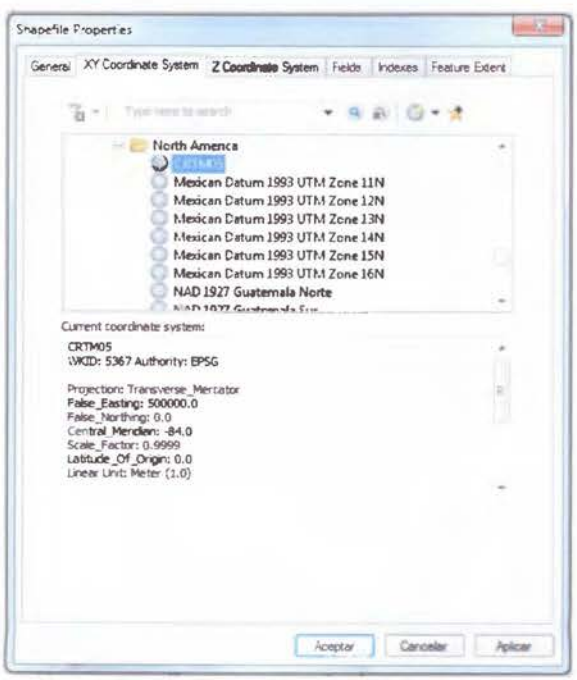
Al shape que se crea con los puntos del primer cuerpo de la torre (las patas), se le agregan tres columnas más: NomTorre (Nombre de la pata A, B, C o D), NumTorre

(Número de torre) y NomTorre2 (Fórmula: [Tramo] & "_T" & [NumTorre] &"_" & [NomTorre]), se debe recordar que la información de las columnas se debe incluir iniciando la sesión de Edición.

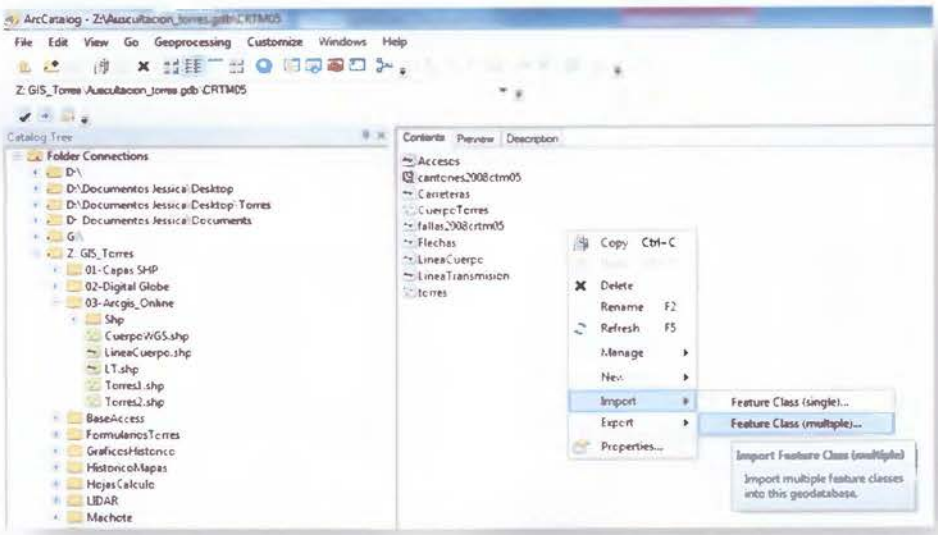
Además se crea un shape de Accesos a las torres, con ayuda de ortofotos.



A esos shapes se les debe determinar el sistema de coordenadas CRTM05.



Además estos mismos archivos deben ser importados a la base de datos Auscultacion_torres.gdb

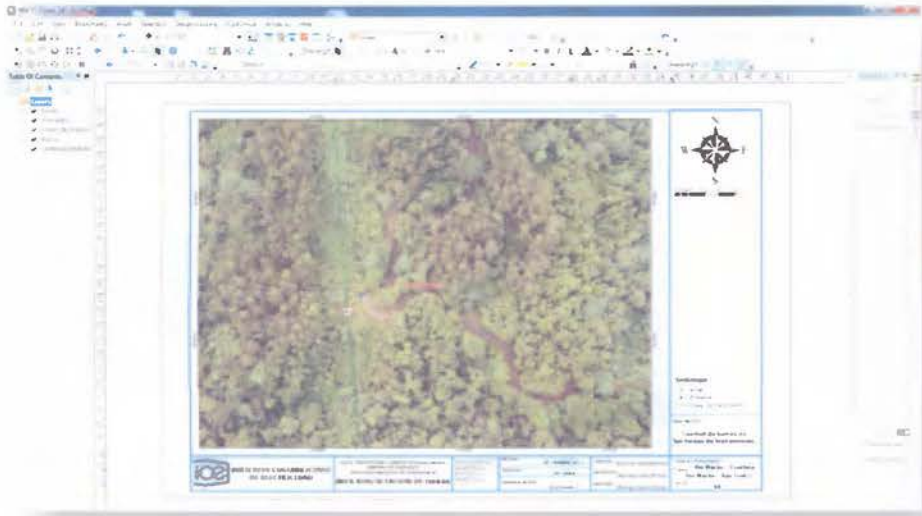


A la capa de torres se le agrega una columna que se llama Auscultada y con la sesión de Editor iniciada se les pone un SI a las torres que son controladas y No a las torres que no se controlan, esto para futuras consultas.

Creación de mapas

Insertar entidades.

En la vista Layout y con el modelo de impresión determinado, guardado en el servidor GIS05-Torres (\\10.3.90.45) se inicia el proceso de creación de los mapas, donde se creará uno por cada torre y uno para todas las torres del tramo en general. A esos mapas se les adjuntan las entidades como CuerpoTorres, Poblados, Flechas, Accesos, LineaTransmisión, LineaCuerpo, Cantones y la imagen LIDAR correspondiente a la zona de la torre.

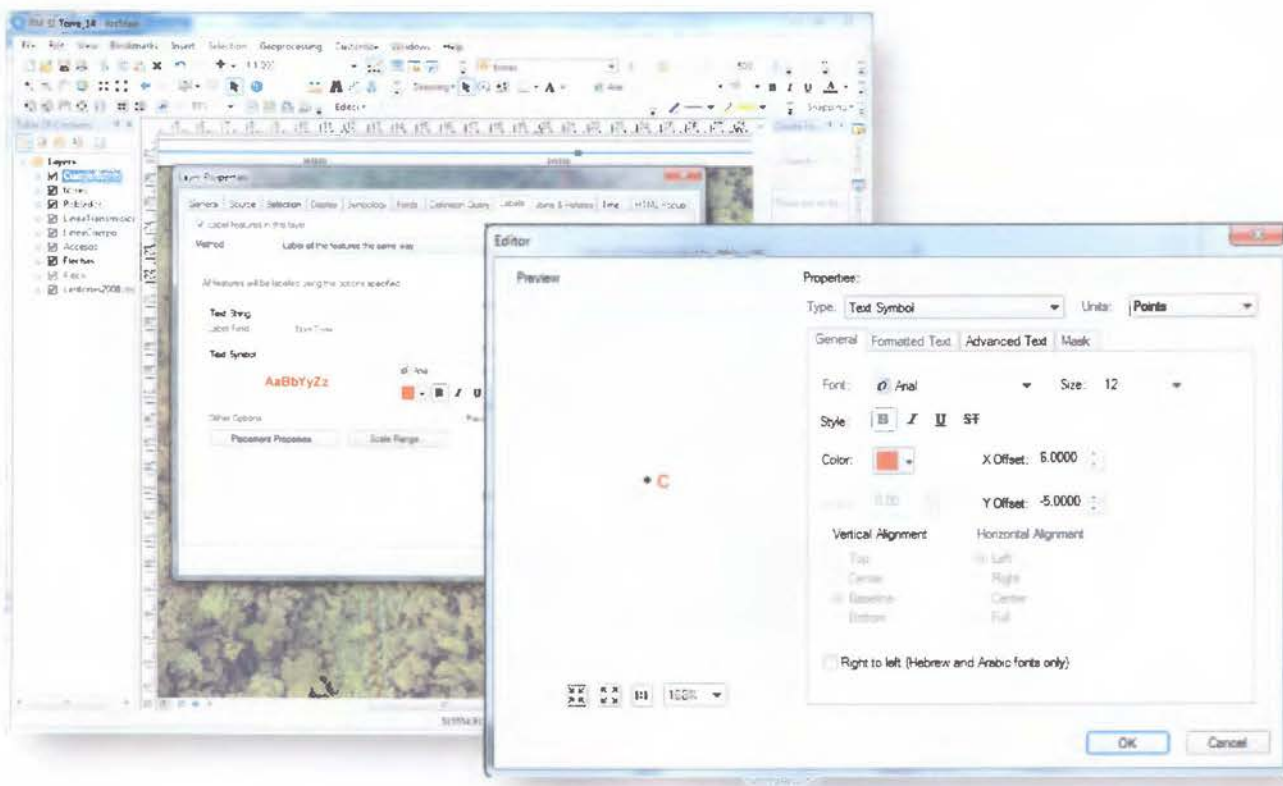


Cada mapa debe ser guardado con el mismo formato, ejemplo:

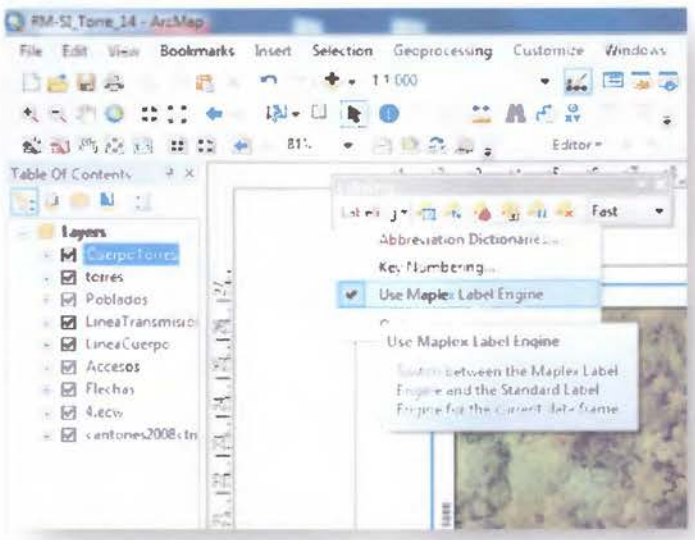
RM-SI_Torre_13.

Tramo Número de Torre

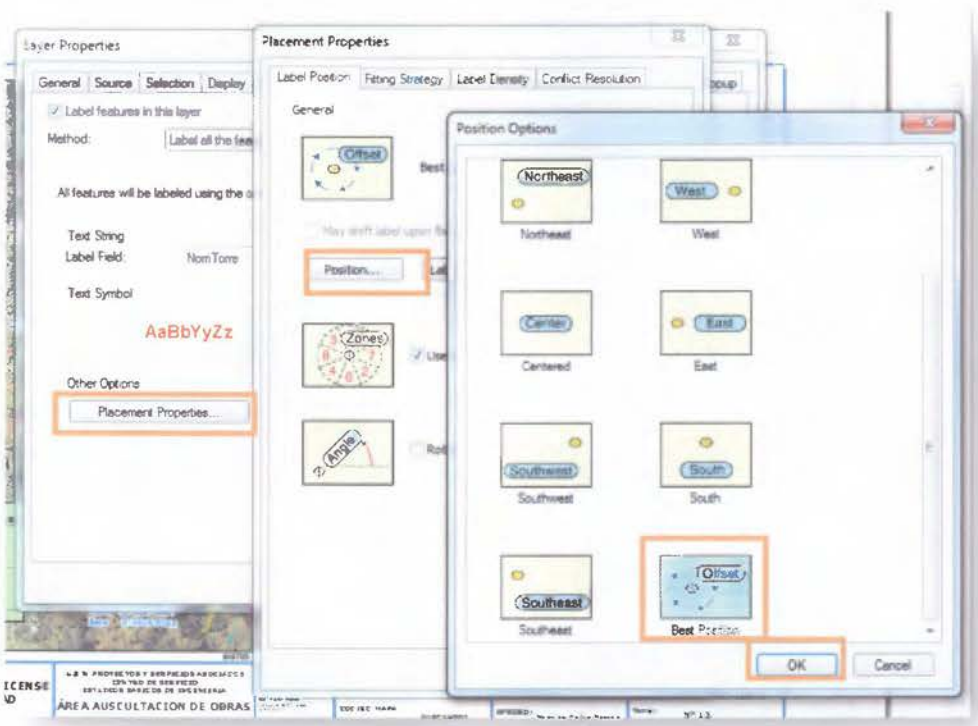
A cada una de esas entidades, integradas al mapa, se les da un formato específico:

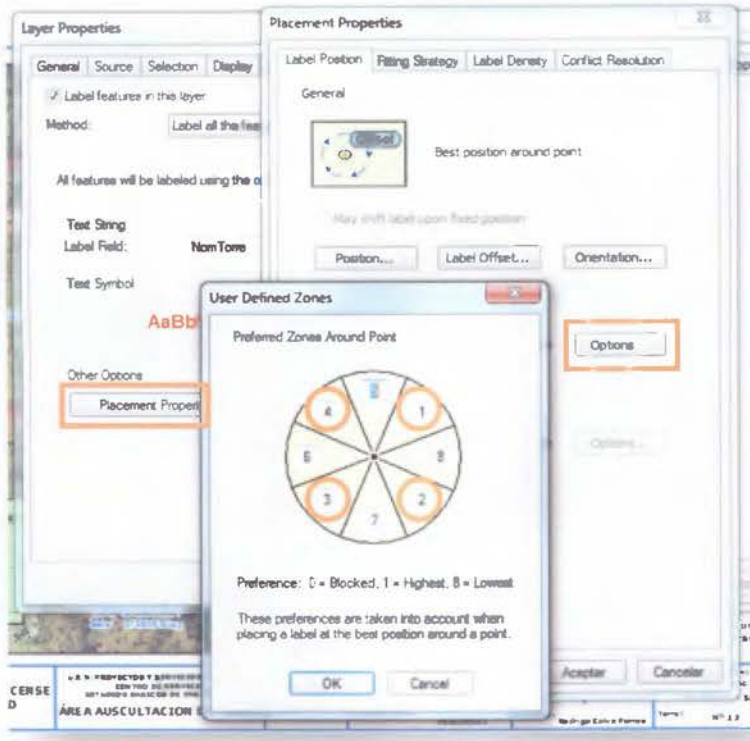


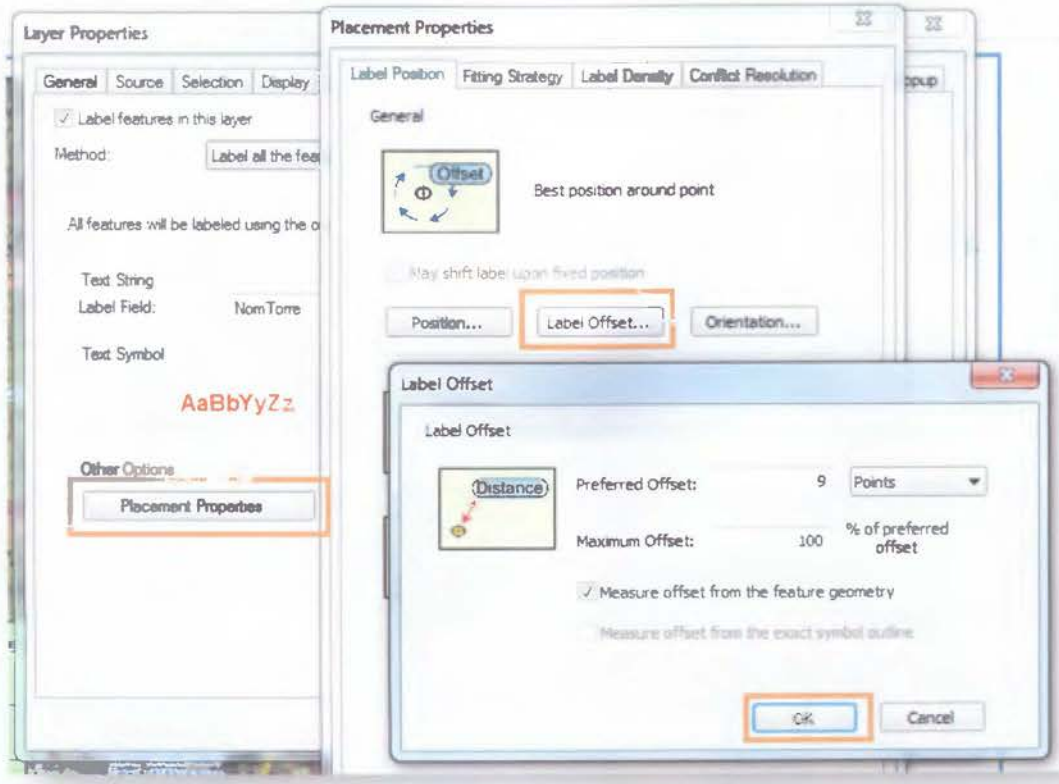
Para acomodar las letras A, B, C y D de las patas de manera que queden alrededor del mismo cuadro de la torre, se activan las herramientas Labeling con clic derecho en cualquier zona del ArcMap y se activa dentro de estas herramientas "Use Maplex Label Engine".



Nuevamente se ingresa a las propiedades de la capa, en este caso "CuerpoTorres", donde en el menú Labels, en la opción Placement Properties se realizan varios cambios como se observa:



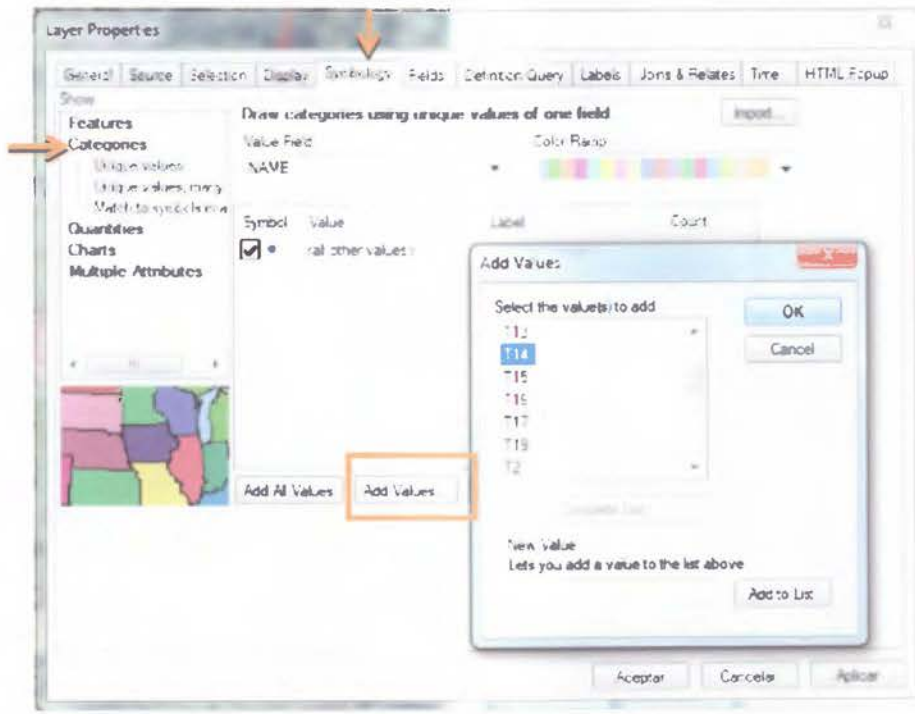

Layer Properties
General
Source
Selection
Display
Label features in this layer
Method:
All features will be labeled using the
Text String
Label Field:
NomTorre
Text Symbol
AaBb
Other Options
Placement Propert
Placement Properties
Label Position
Fitting Strategy
Label Density
Conflict Resolution
General
Best position around point
Position...
Label Offset...
Orientation...
Options
Aceptar
Cancelar
User Defined Zones
Preferred Zones Around Point
Preference: 0 = Blocked, 1 = Highest, 8 = Lowest
These preferences are taken into account when placing a label at the best position around a point.
OK
Cancel

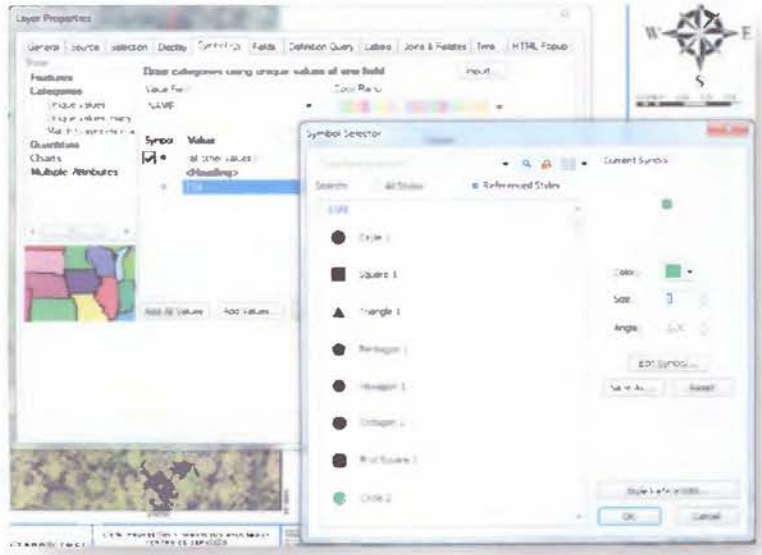

Layer Properties
General
Source
Selection
Display
Label features in this layer
Method:
Label all the fea
All features will be labeled using the
Text String
Label Field:
NomTorre
Text Symbol
AaBbYyZz
Other Options
Placement Properties
Placement Properties
Label Position
Fitting Strategy
Label Density
Conflict Resolution
General
Offset
Best position around point
May shift label upon fixed position
Position...
Label Offset...
Orientation...
Label Offset
Label Offset
Distance
Preferred Offset:
9
Points
Maximum Offset:
100
% of preferred offset
Measure offset from the feature geometry
Measure offset from the exact symbol outline
OK
Cancel

Resultado:

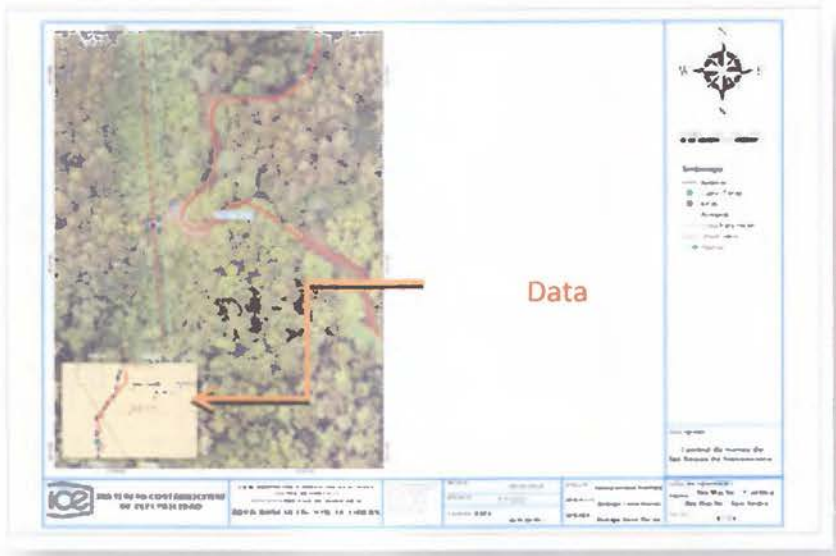
Insertar más cuadros de datos.

Una vez que se le ha dado formato a las capas, se inserta otro "Data Frame" para la localización, a la cual se le adjuntan las capas: Torres, Poblados, LineaTransmision, Accesos y cantones. Se simboliza la torre correspondiente por categorías: todas las torres y la torre específica de la que se trata; para ello en las propiedades se selecciona el menú de Simbología → Categorías → Agregar valores y seleccionar la torre, se especifica un símbolo diferente para la torre.



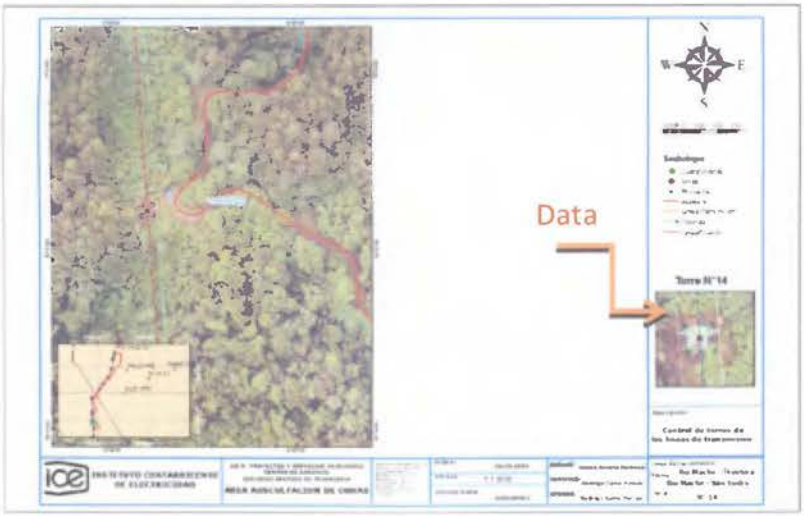


Además al "Data Frame" se le agregan las capas torres, poblados, LineaTransmision, Accesos, cantones y la imagen raster coorespondiente. En las propiedades del "Data Frame" se inserta una grilla, que en este caso se utiliza "Measured Grid" dejando un espacio considerable entre los ejes por ser este espacio de trabajo más pequeño.



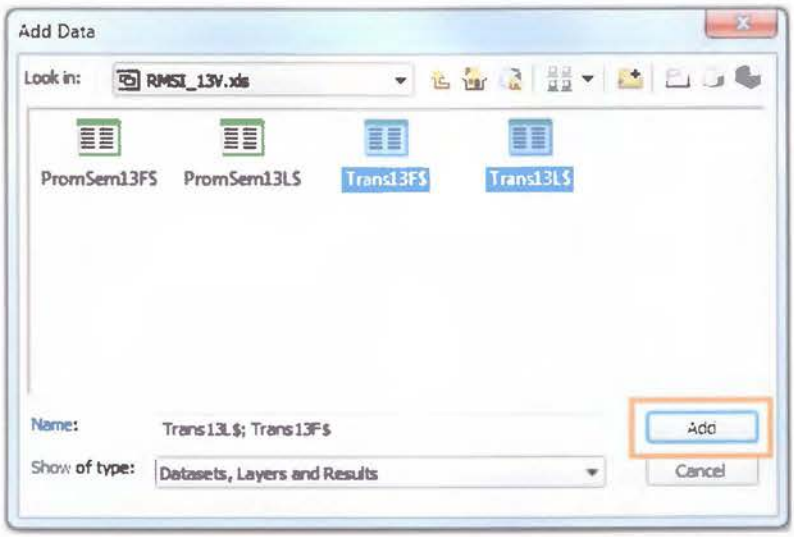
Se agrega nuevamente un "Data Frame" el que se utilizará para realizarle un zoom a la torre, a la cual se le adjunta las entidades de CuerpoTorres, torres, LineaCuerpo,

LineaTransmision y la imagen raster correspondiente al sitio. Este cuadro de datos se deja a una escala de 1:400, como se observa:

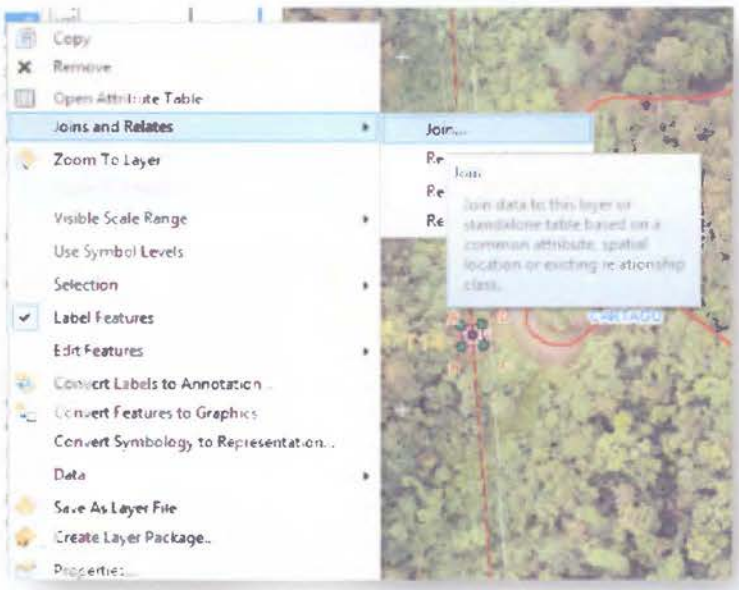


Insertar tablas de atributos.

Con el fin de enlazar los datos procedentes de las mediciones de control que se realizan con las correspondientes torres, se adjuntan las tablas de Excel que habían sido previamente guardadas para este fin (Tablas transpuestas). Para ello con Add Data se selecciona para cada mapa específico las tablas del control vertical y la tabla de asentamiento correspondientes al número de la torre.



Una vez que se han añadido las tres tablas, se unen las tablas a una entidad en específico, la tabla de asentamiento se une a la entidad de CuerpoTorres y las tablas de verticalidad se unen a la capa de torres. Para ello con clic derecho sobre cada una de esas capas > Join and Relates > Join...

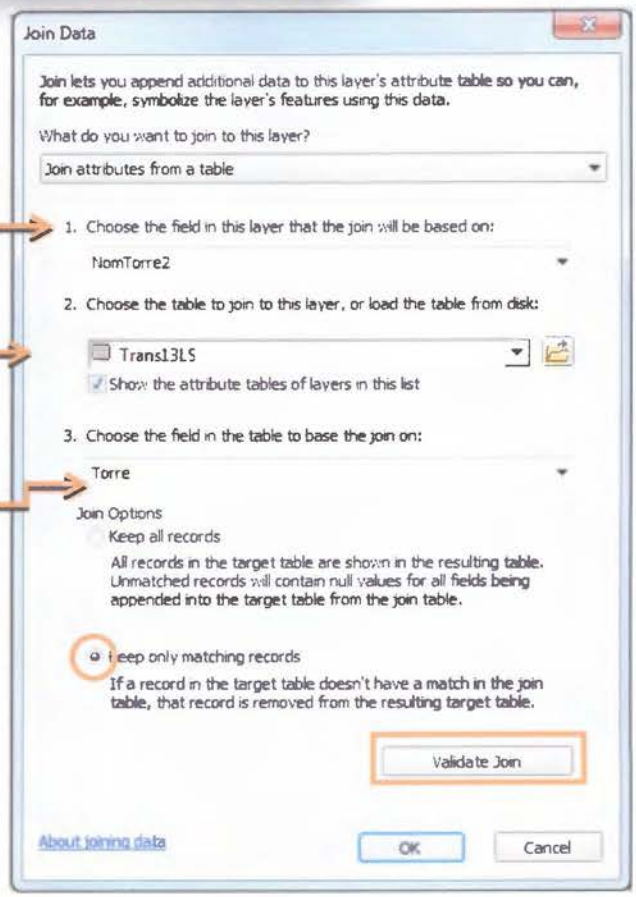


En el cuadro emergente se selecciona el nombre de la columna de la tabla de atributos propia de la capa que se relacionará con la tabla a anexar.

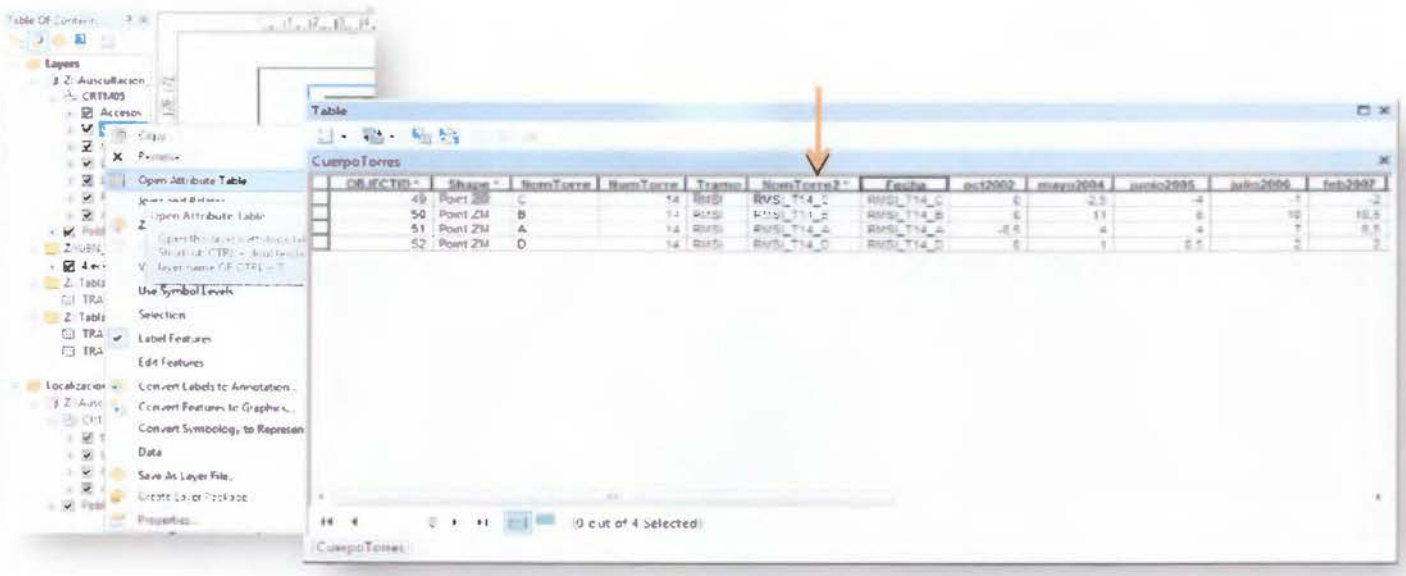
Se selecciona la tabla, previamente añadida al mapa, la cual será unida a tabla de atributos de la capa.

Escoger el nombre de la columna de la tabla nueva, la cual se comparará con la tabla de atributos de la capa.

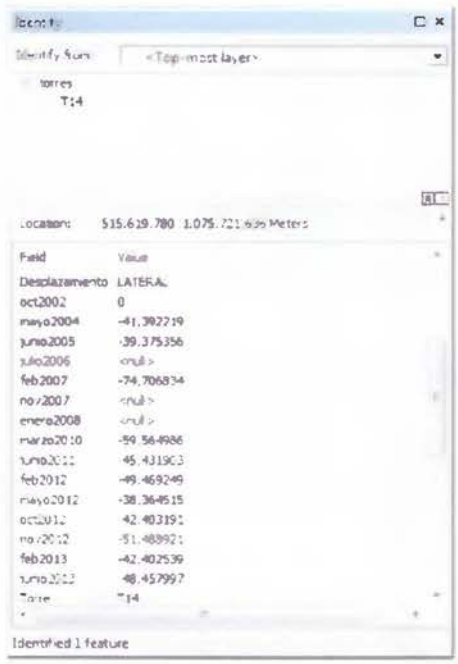
Designar, mantener solo los records coincidentes, seguidamente validar la unión, donde se presentará un cuadro que revisará el proceso el cual mostrará un mensaje si este es correcto o si se presenta algún error > Ok.



Para confirmar la unión de estas dos tablas, simplemente se realiza el paso común para observar la tabla de atributos de una capa, donde se observará la unión de las dos tablas, si se desea se oculta una de las columnas con las que se hicieron coincidir para que no se vea el nombre repetido.



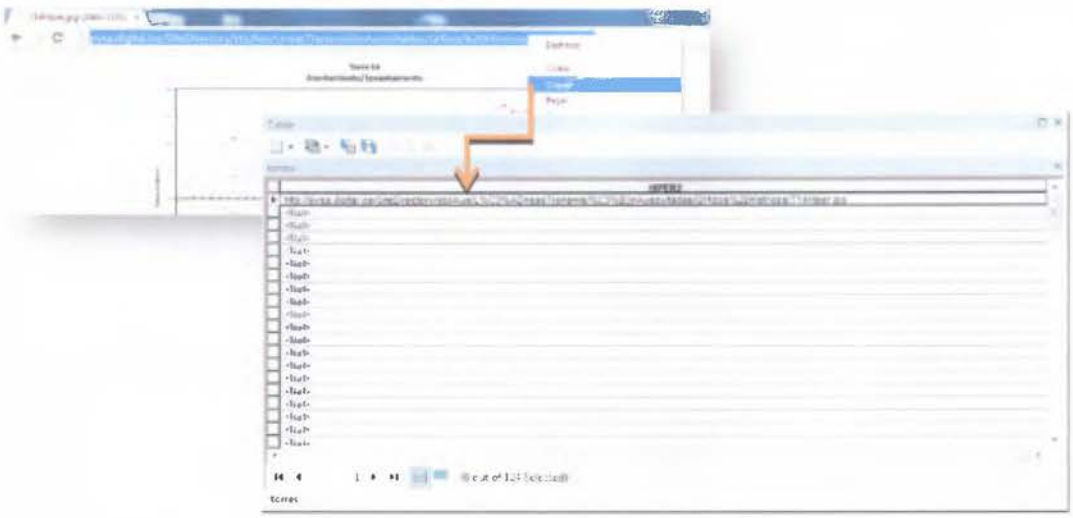
Con el ícono de identificador picando sobre la capa, por ejemplo, la de torres se observa el cuadro emergente, la cual muestra los desplazamientos de la torre tanto el desplazamiento lateral como frontal, dado en milímetros.



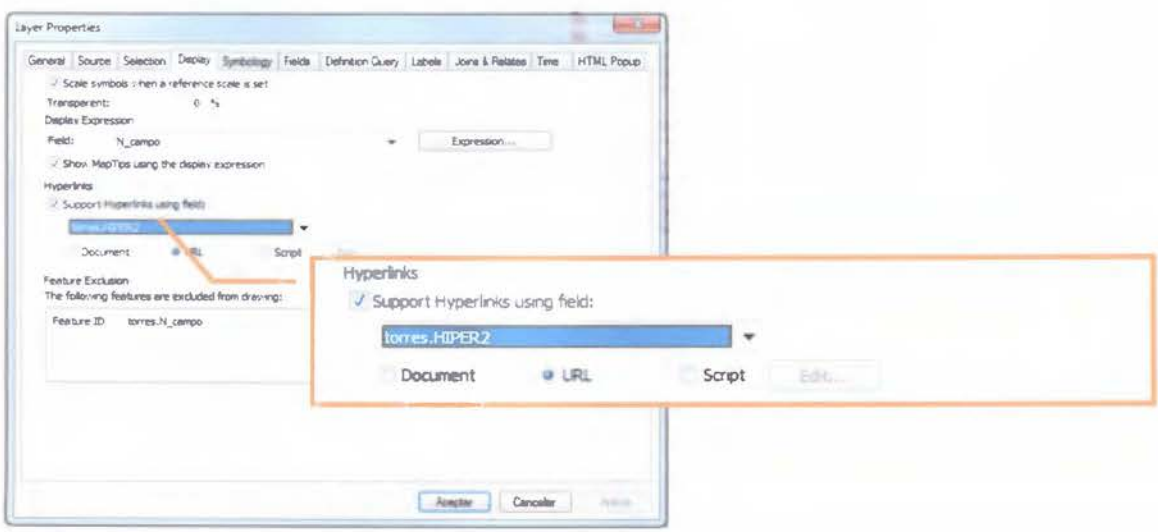
Cada vez que los datos de las tablas transpuestas se actualicen en el Excel, automáticamente se actualizarán las tablas anexadas al ArcMap.

Insertar hipervínculo.

Para agregar un hipervínculo es necesario primero adicionar una columna en la tabla de atributos de la capa de Torres y con la sesión del Editor iniciada, se copia el link de la ubicación de la imagen de los gráficos en la plataforma y se pega en la columna creada, correspondiendo en cada fila con el mismo número de torre.



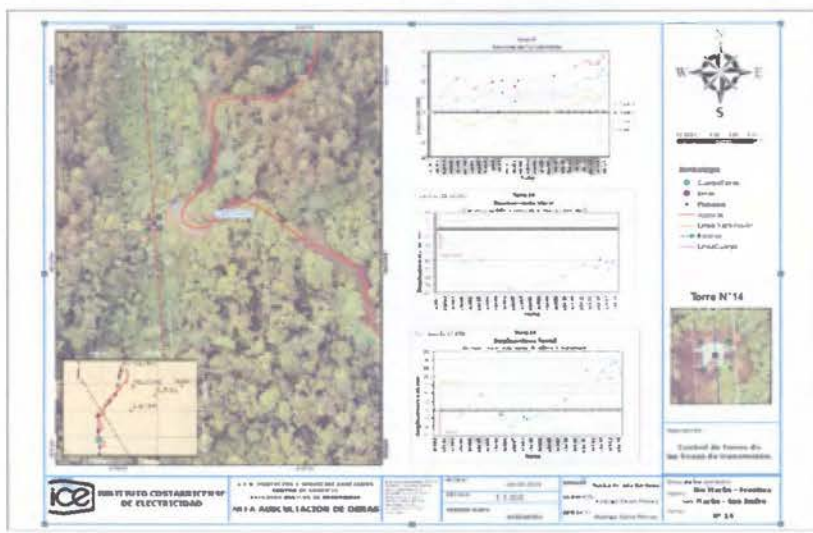
Para activar la opción del hipervínculo, se abre las propiedades de la capa Torres y en el menú Display, se activa la opción del hipervínculo y se selecciona la columna de la tabla que contiene el link y elegir la opción URL.



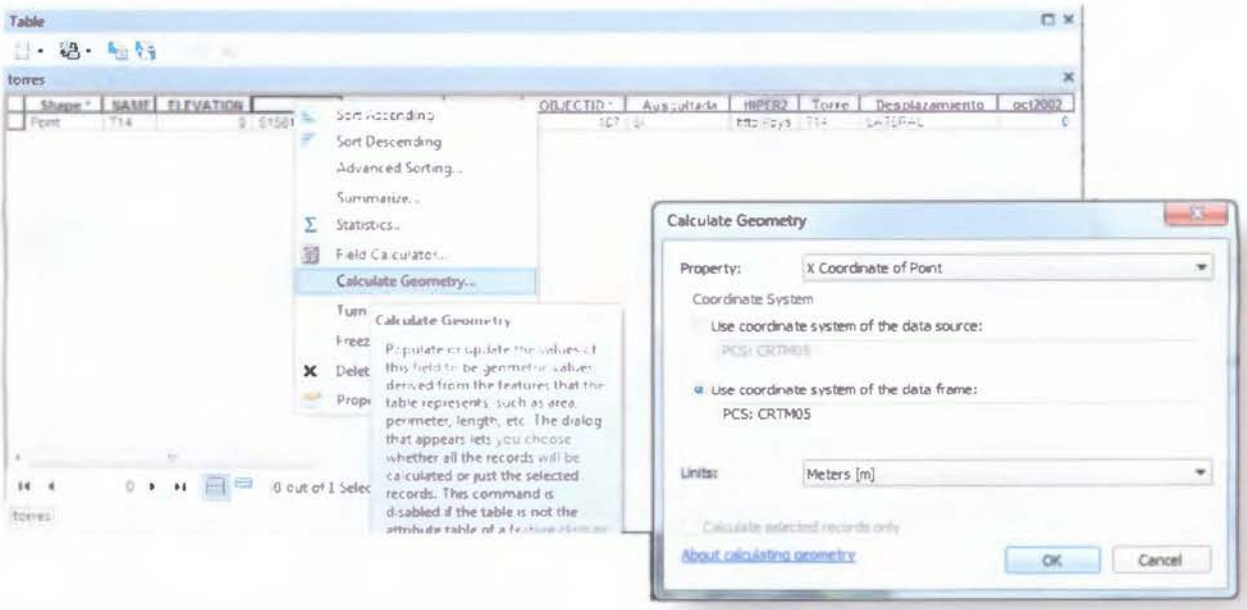
Al hacer esto se observa que el símbolo del hipervínculo cambia de color gris a amarillo, es decir, que se activó correctamente esta opción.

Insertar las imágenes de los gráficos al mapa.

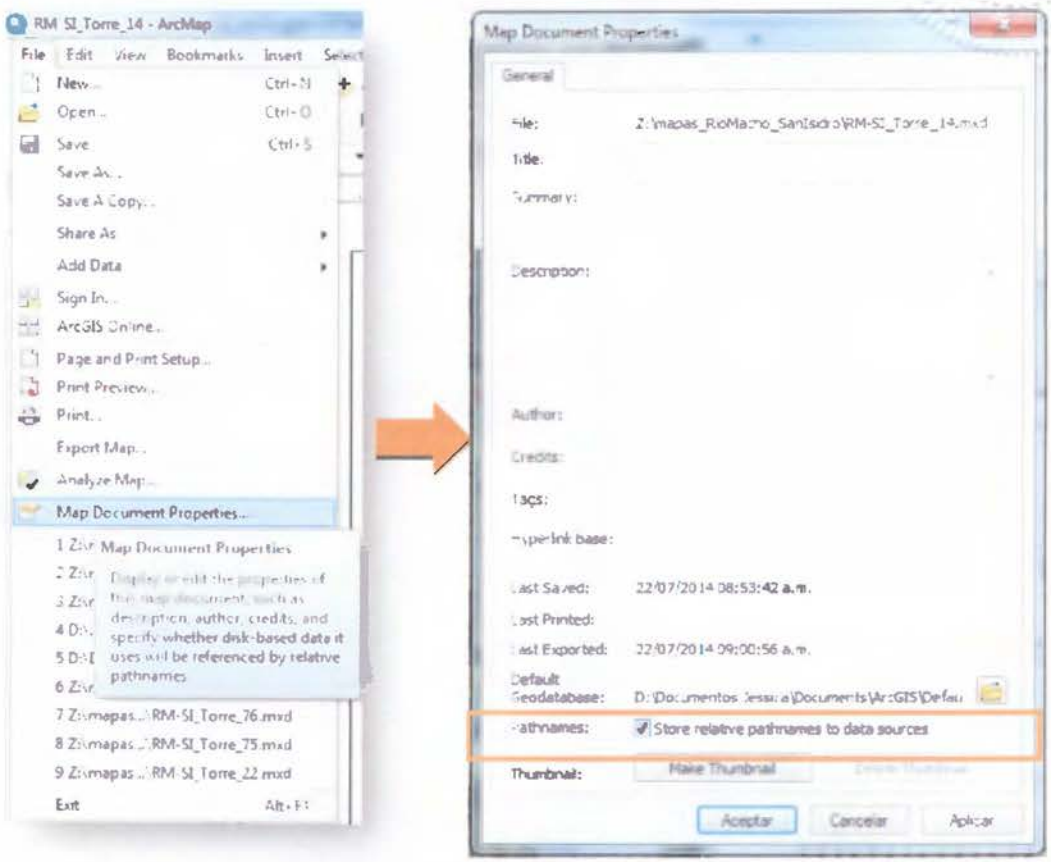
Con la opción de Insertar se adjuntan una a una las tres imágenes de los gráficos, como se observa en el siguiente ejemplo:



Para finalizar con el mapa, se deben dar los últimos detalles como la dirección de los caminos, las coordenadas, el sentido de avance de la línea de transmisión y demás, para estas últimas se debe iniciar la sesión de edición y abrir la tabla de atributos de la capa torre y en la columna x y y, calcular la geometría de cada eje y agregar texto y flechas para orientar cada camino y el avance de la electricidad.



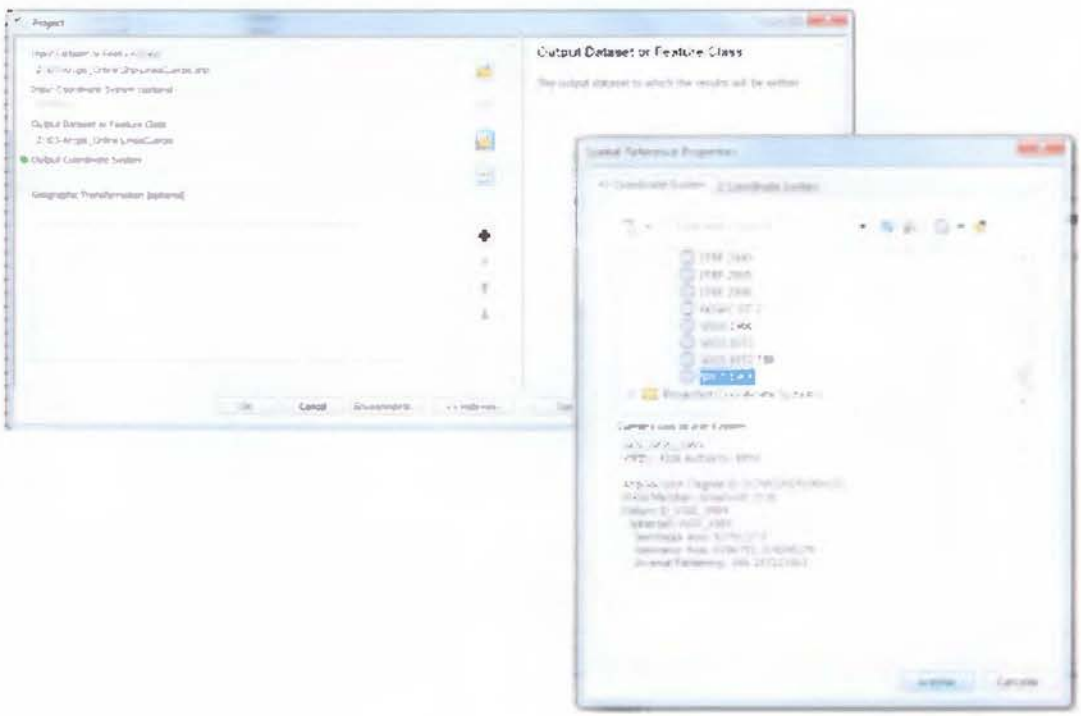
Por último se debe tener en cuenta que en File > Map document properties > marcar en Pathnames > Store relatives pathnames to data sources, esto para que se almacenen las rutas de los archivos utilizados para la confección del mapa y de esta manera no hayan problemas a la hora de abrirlo en cualquier otro sitio.



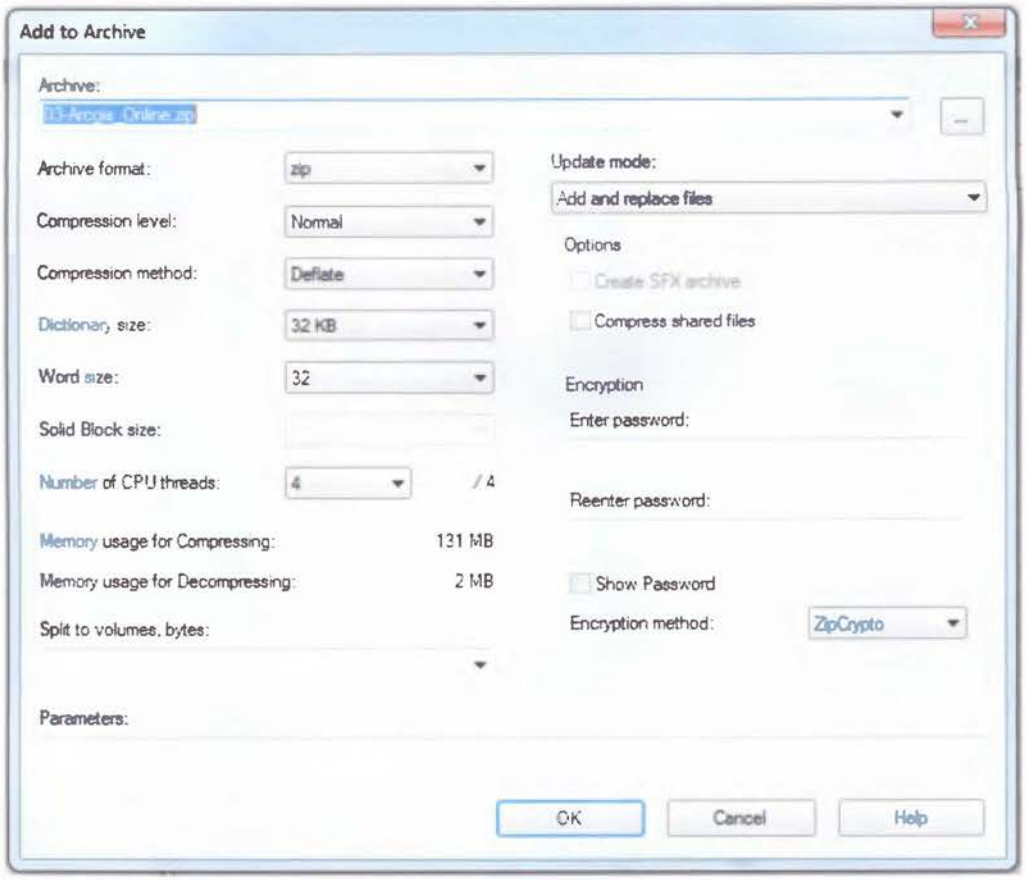
Cada vez que se modifiquen los gráficos y las tablas anexas del mapa se debe exportar a PDF para llevar un histórico de los mapas que se han entregado, con el siguiente formato de nombre: T(N°Torre)_(fecha sin divisiones) ejemplo T14_22072014, en la carpeta HistoricoMapas, en la carpeta correspondiente al tramo y número de torre.

ArcGIS online

Para incorporar los datos con los que se han trabajado al ArcGIS Online, es necesario realizar una transformación de coordenadas de CRTM05 a WGS84, estos archivos shapes resultantes se guardan en la carpeta Arcgis_online.

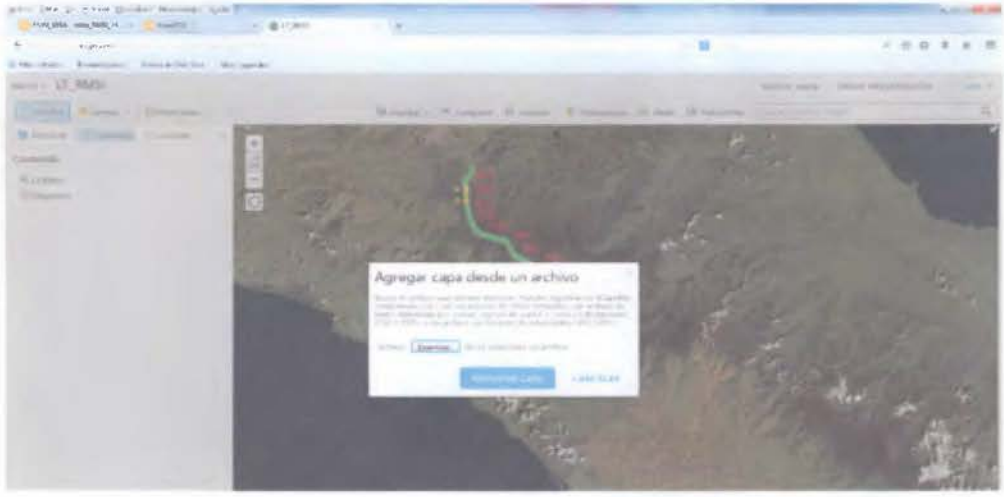
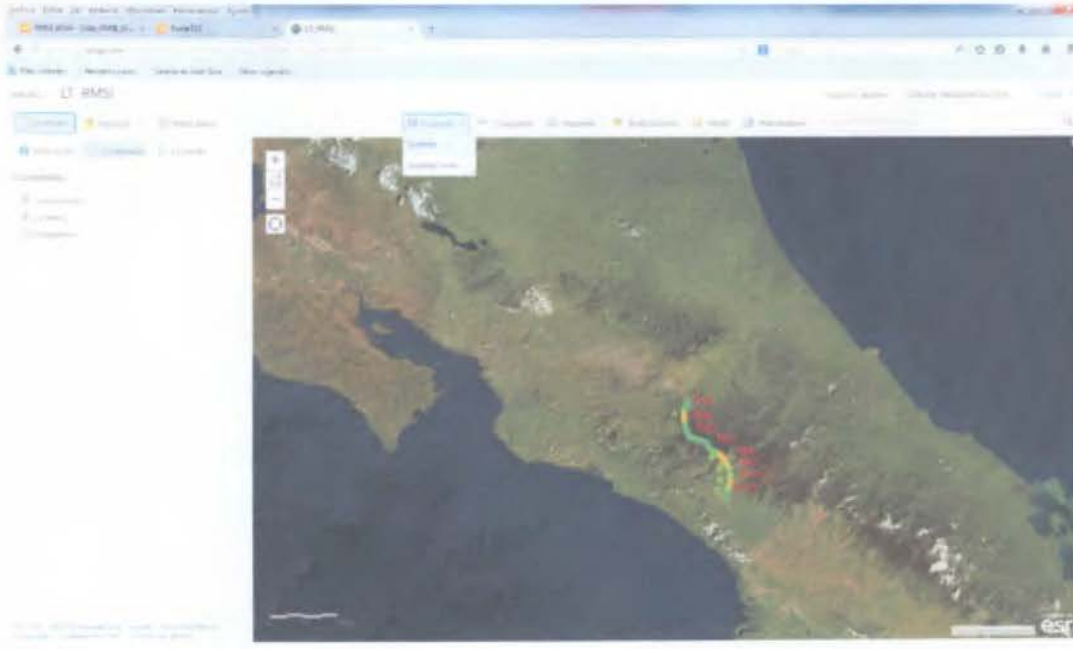


Dentro de la carpeta donde se guardaron los shapes se seleccionan y se comprimen en un archivo comprimido (.zip), asignando un nombre sencillo, en la misma carpeta que se encuentran estos archivos.



Posteriormente, se ingresa al ArcGIS Online, se elige crear mapa y agregar un elemento.

En esta última opción se selecciona, agregar capa desde un archivo, donde aparece el cuadro en el que se examina hasta la carpeta en la que se tiene el archivo comprimido y se importa la capa.



Como se observa aparecen las capas en lugar correspondiente del Tramo, es este caso, Río Macho – San Isidro. A estas capas, desde el contenido se les puede dar diferentes propiedades, como las leyendas, los colores y tamaños, diferenciar según algunas características, entre otros, según se desee. Finalmente se guarda toda esta información.