



UNEXPO

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL  
POLITÉCNICA  
"ANTONIO JOSÉ DE SUCRE"  
VICERRECTORADO BARQUISIMETO

## LA CORROSIÓN EN LAS LÍNEAS AÉREAS



CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE PROCESOS  
LABORATORIO DE ALTA TENSIÓN  
Ing. María Carolina Blanco, Dr.

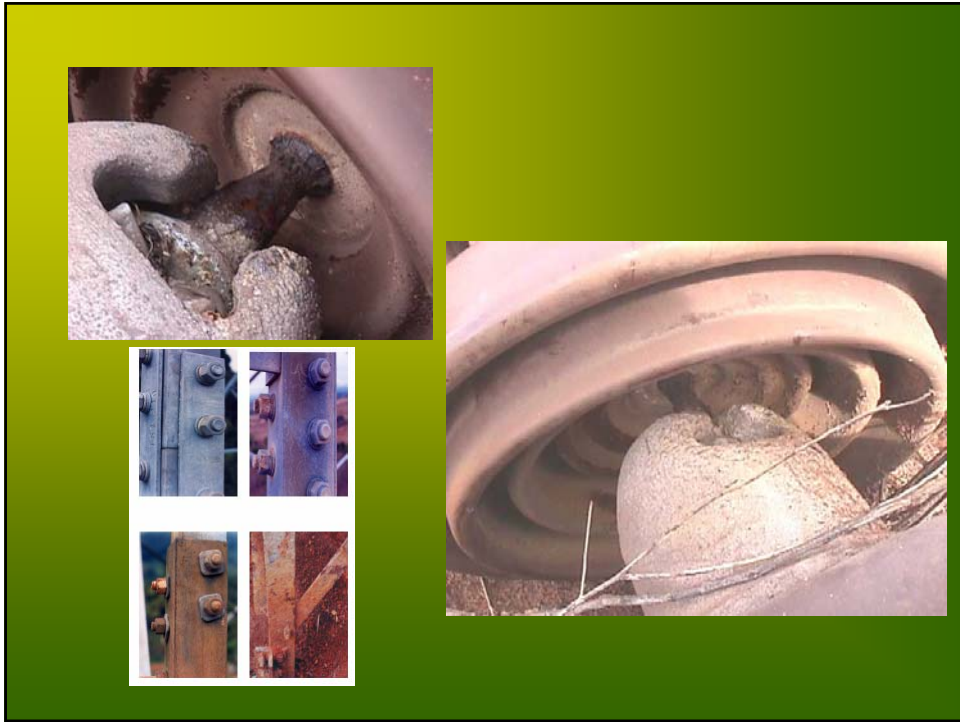
## CORROSIÓN

- Acción química, electromecánica, o biológica, lenta o acelerada de la naturaleza o el medio ambiente, que degrada y destruye los materiales. Se manifiesta mas evidentemente en los cuerpos sólidos como son los metales, las cerámicas, los polímeros artificiales, los agregados y los minerales fibrosos de origen natural.
- El fenómeno de la corrosión de la materia sólida consiste básicamente en la perdida del equilibrio en las fuerzas cohesivas. Las fuerzas que mantienen la cohesión de la materia sólida son de naturaleza eléctrica.
- Esta cohesión es el resultado del equilibrio de las fuerzas de atracción entre los núcleos atómicos positivos y los electrones con carga negativas, con las fuerzas de repulsión de los electrones entre si y de los núcleos atómicos entre si.



## **IMPORTANCIA**

La corrosión, no es un hecho trivial, sino que, a nivel mundial, viene a ser uno de los fenómenos más trascendentales en la economía de toda sociedad humana. En términos generales de acuerdo con la Secretaria General De La Organización De Los Estados Americanos (Programa Regional Desarrollo Científico y Tecnológico) los perjuicios causados por la corrosión equivalen del 1.5 al 3.5% del Producto Nacional Bruto en numerosos países.





## FORMAS DE CORROSIÓN

- Corrosión general: La corrosión general es la forma más común que se puede encontrar y la más importante en términos de pérdidas económicas. Se caracteriza por un ataque mas o menos uniforme en toda la superficie expuesta con solamente variaciones mínimas en la profundidad del daño. En las estructuras se pueden usar recubrimientos especiales para minimizar el ataque de la corrosión.

## FORMAS DE CORROSIÓN

- Corrosión Galvánica: Se puede producir un daño severo por corrosión cuando dos o más metales distintos se acoplan eléctricamente. Esto se conoce como corrosión galvánica y resulta por la existencia de una diferencia de potencial entre los metales acoplados que causa un flujo de corriente entre ellos. El metal más activo padece una corrosión mas acelerada, mientras que la corrosión en los miembros menos activos se retarda o se elimina.

## FORMAS DE CORROSIÓN

- Corrosión por hendiduras: La corrosión por hendiduras es un tipo que se presenta en espacios confinados o hendiduras que se forman cuando los componentes están en contacto estrecho. Para que se presente la corrosión por hendidura, la hendidura debe ser muy cerrada, con dimensiones menores a un milímetro.

## FORMAS DE CORROSIÓN

Para que se presente la corrosión por hendiduras no es necesario que las dos superficies de aproximación sean metálicas. También se ha reportado corrosión por hendiduras formadas por varios materiales no metálicos (polímeros, asfaltos, vidrio, neopreno) en contacto con superficies metálicas. El hecho de que esto pueda ocurrir es de una importancia especial en la aplicación y selección de materiales de juntas de dilatación, apoyos, etc.

## FORMAS DE CORROSIÓN

Picaduras: Las picaduras son una parte localizada de corrosión en la que el ataque está confinado a muchas cavidades pequeñas en la superficie del metal. Las cavidades que se forman pueden variar en cantidad, tamaño y forma. Las picaduras pueden contribuir de manera importante a una falla general, en componentes sujetos a esfuerzos muy altos, dando como consecuencia la falla por corrosión bajo tensión.

El picado se puede presentar en varios metales y aleaciones, pero los aceros inoxidable y las aleaciones de aluminio son susceptibles en especial a este tipo de degradación.

## FORMAS DE CORROSIÓN

- Agrietamiento por corrosión y esfuerzos: El agrietamiento por corrosión y esfuerzos es una falla corrosiva en la que se forman las grietas de un componente bajo la acción combinada de esfuerzos mecánicos y un medio ambiente agresivo. Los esfuerzos y el medio ambiente agresivo se unen para ocasionar una falla súbita.

## REQUISITOS PARA QUE SE PRESENTE LA CORROSIÓN

- 1.- Un metal o aleación susceptibles. Aceros de alta resistencia, latones y aceros inoxidables, y aleaciones comunes de aluminio, acero, fierro, etc.
- 2.- Un medio ambiente específico. Por lo general un ambiente húmedo o salado, por lo general un ambiente lleno de iones específicos (iones de cloruro, iones de monio, etc.)

## PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

Dentro de las medidas utilizadas industrialmente para combatir la [corrosión](#) están las siguientes:

- Uso de [materiales](#) de gran pureza.
- Presencia de elementos de adición en [aleaciones](#), ejemplo aceros inoxidables.
- Tratamientos térmicos especiales para homogeneizar [soluciones](#) sólidas, como el alivio de tensiones.
- Inhibidores que se adicionan a [soluciones](#) corrosivas para disminuir sus efectos, ejemplo los anticongelantes usados en radiadores de los automóviles.
- Recubrimiento superficial: pinturas, capas de oxido, recubrimientos metálicos
- Protección catódica.

## IMPEDIR LA REACCIÓN QUÍMICA

- De entrada, se puede aislar la pieza del ambiente, dándole una mano de pintura, cubriendo la pieza de plástico, haciendo un tratamiento de superficie (por ejemplo, nitruración, cromatación o proyección plasma).
- También se puede introducir otra pieza para perturbar la reacción; es el principio del "ánodo de sacrificio". Se coloca una pieza (a menudo de zinc) que se va a corroer en lugar de la pieza que se quiere proteger; la reacción química entre el ambiente y la pieza sacrificada impide la reacción entre el ambiente y la pieza útil.

## PROTECCIÓN CATÓDICA

- La protección catódica para controlar el proceso de corrosión de estructuras metálicas subterráneas o sumergidas se lleva a cabo de dos maneras:
  - 1) Uniendo un material que sea más electronegativo que el que se desea proteger, conocido como protección catódica con ánodos de sacrificio.
  - 2) Inyectando corriente directa negativa a la estructura que se desea proteger, conocido como protección catódica con corriente impresa.

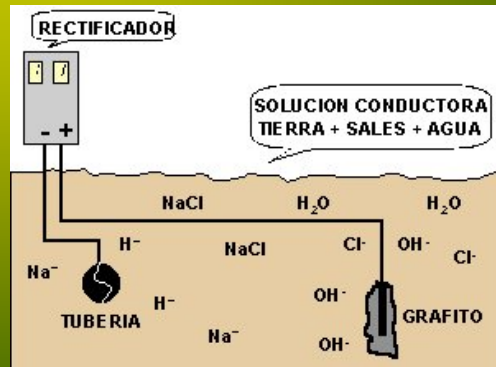
## PROTECCIÓN CATÓDICA

- La protección catódica es un método electroquímico cada vez más utilizado hoy en día, el cual aprovecha el mismo principio electroquímico de la corrosión, transportando un gran cátodo a una estructura metálica, ya sea que se encuentre enterrada o sumergida. Para este fin será necesario la utilización de fuentes de energía externa mediante el empleo de ánodos galvánicos, que difunden la corriente suministrada por un transformador-rectificador de corriente.
- El mecanismo, consecuentemente implicará una migración de electrones hacia el metal a proteger, los mismos que viajarán desde ánodos externos que estarán ubicados en sitios plenamente identificados, cumpliendo así su función

## PROTECCIÓN CATÓDICA

- En la práctica se puede aplicar protección catódica en metales como acero, cobre, plomo, latón, y aluminio, contra la corrosión en todos los suelos y, en casi todos los medios acuosos. De igual manera, se puede eliminar el agrietamiento por corrosión bajo tensiones por corrosión, corrosión intergranular, picaduras o tanques generalizados.
- Como condición fundamental las estructuras componentes del objeto a proteger y del elemento de sacrificio o ayuda, deben mantenerse en contacto eléctrico e inmerso en un electrolito.
- Requiere del cálculo de algunos parámetros, que son importantes para proteger estos materiales, como son: la corriente eléctrica de protección necesaria, la resistividad eléctrica del medio electrolito, la densidad de corriente, el número de ánodos y la resistencia eléctrica que finalmente ejercen influencia en los resultados.

## Componentes de un sistema de protección catódica del tipo de corriente impresa.



## EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS

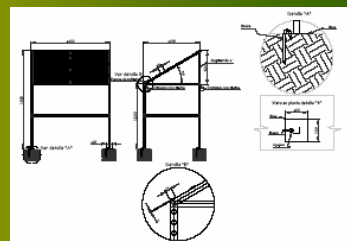
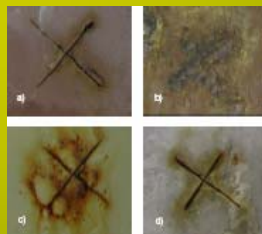
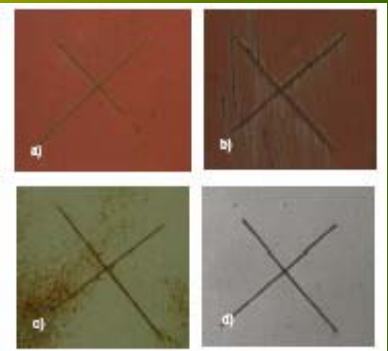
- La evaluación de recubrimientos orgánicos anticorrosivos, por lo general se realizan por ensayos atmosféricos y acelerados, así como por espectroscopia electroquímica de impedancia (EEI). Las probetas son preparadas con placas de acero tipo AISI-SAE 1020.
- Los ensayos atmosféricos se realizaron durante años en diferentes zonas.
- En los ensayos acelerados se aplican ciclos climáticos (alternando prohesion con luz U.V.). Por último, se realizan barridos de EEI en diferentes períodos de exposición a niebla salina (ASTM B117).

## **ENSAYOS ACELERADOS**

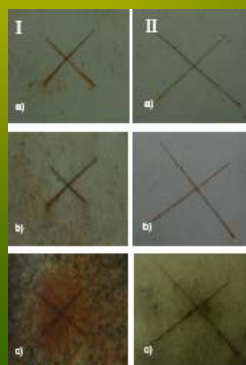
- Éstos se realizan en cámaras donde las condiciones de exposición se pueden controlar. El propósito es acelerar la degradación del material. Esto elimina los largos periodos de exposición en condiciones reales, permitiendo comparar el desempeño de recubrimientos y materiales rápidamente.
- Sin embargo, los resultados de laboratorio con métodos tan tradicionales como el de niebla salina, han demostrado no concordar, en un alto porcentaje, con el desempeño natural de los recubrimientos. A pesar de esto el método ASTM B117, estandarizado en 1939, sigue siendo el más aplicado.

## **ENSAYOS ATMOSFÉRICOS**

- El deterioro de materiales en la atmósfera es un fenómeno bien conocido, y los factores que contribuyen a su severidad han sido identificados. A pesar de que estos estudios son muy largos, arrojan resultados de gran interés porque se relacionan con el desempeño de los materiales y recubrimientos en las condiciones reales de servicio. Evidentemente, la gran desventaja de este método es el tiempo requerido para obtener resultados de aplicación práctica.



**Figura 2:** Esquema de estante empleado en la exposición atmosférica, las dimensiones aparecen en milímetros.





## MAPA DE RIESGO POTENCIAL DE CORROSIÓN

- Se debe conformar con la información de los bancos de datos meteorológicos, en los que afortunadamente sí se dispone de abundante información a lo largo y ancho de un país, basados en el tiempo de humectación (TDH), que es el tiempo a lo largo de un año en que la temperatura es superior a los 0°C y la HR es mayor al 80%.

- Lo anterior es muy importante ya que la corrosión atmosférica se da por la interacción entre el material y elementos como: humedad relativa por encima del 70 %, partículas en suspensión, radiación solar, viento, lluvia y contaminantes químicos como el SO<sub>2</sub>, el NO<sub>x</sub> y el Cl<sub>2</sub>, entre otros. La acción conjunta de los factores contaminantes y los meteorológicos determinarán entonces la intensidad y naturaleza de los procesos corrosivos, aunque se podrían agregar otros propios del material como lo son: la composición del metal y las propiedades del óxido formado.

## **PROTECCIÓN ANTICORROSIVA**

- La protección anticorrosiva de líneas de transmisión y distribución de energía figura como uno de puntos de mayor interés, dada la importancia que poseen para ofrecer el servicio eléctrico a los diferentes sectores productivos y a la población en general. La posibilidad de disminuir los efectos de la corrosión está muy unida al conocimiento que se tenga sobre el fenómeno .
- Se deben proponer planes de mantenimiento anticorrosivo en torres de transmisión priorizando las zonas de mayor agresividad y desgaste para aplicar las acciones correctivas. Los resultados que genera de un estudio son de enorme beneficio económico, al prolongar la vida útil de las estructuras metálicas expuestas, y de seguridad.



## LA INSPECCIÓN DE LINEAS FUNDAMENTOS

- Para garantizar la confiabilidad en la operación de las líneas de transporte de energía eléctrica es necesario someter a las mismas a **un sistema de inspección que permita evaluar su estado** a fin de prevenir posibles fallas a través de un mantenimiento adecuado.
- La información obtenida de las **inspecciones debe ser procesada adecuadamente** para que se pueda obtener de la misma el tipo de información que se requiera, ya sea para una evaluación integral de la línea en su conjunto o la eliminación puntual de cualquier defecto detectado.

## ¿QUIEN CAUSA LOS DAÑOS?

1. El ambiente
2. Los seres humanos (procesos productivos: fabricas, cosechas, etc.)
3. Los animales (pájaros, bachacos, etc.)
4. Los electrotraficantes



## ¿CUALES DAÑOS?





## CONSECUENCIA DE LOS DAÑOS

- Interrupciones con recierres exitosos
- Interrupciones totales
- Tiempos de reposición largos
- Suspensión de trabajos planificados
- Mayor gasto de recursos por situaciones de emergencia
- Servicio eléctrico de baja calidad



## BENEFICIOS DE UN MANTENIMIENTO OPORTUNO Y PRECISO

Está ampliamente comprobado a nivel mundial que la **máxima confiabilidad de un sistema eléctrico al mínimo costo** se logra mediante técnicas de mantenimiento predictivo. Lo anterior conlleva al uso del tipo y cantidad de recursos estrictamente indispensables y en el momento apropiado.



## ESTADO ACTUAL

La tendencia en nuestro país, en cambio, es hacia la inversión creciente en sistemas y equipos de mantenimiento correctivo y preventivo, con relativo despilfarro de recursos por el **uso de técnicas de diagnóstico obsoletas y falta de adiestramiento del personal.**

Adicionalmente se mantiene un **desfase entre la información recabada de los diagnósticos, su acceso a la misma** por parte de todos los actores involucrados y su uso oportuno, debido a que dicha información no es recabada y organizada para su manejo en grandes volúmenes y bases de datos interactivas y amigables, y a la vez georeferenciadas.



## PLAN PILOTO

- Entrenamiento del personal en inspección de líneas energizadas
- Diseño de planillas de inspección
- Entrenamiento del personal en uso de planillas
- Adquisición de equipos con tecnología de avanzada
- Entrenamiento del personal en uso de nuevas tecnologías
- Procesamiento adecuado de la información de la inspección
- Diseño de una base de datos georeferenciada y su actualización permanente.

[illegible][illegible]

**Forma 1**  
**1970**

**Plancha de Aisladores y Herrajes Llena No 1 San Geronimo-Santa Teresita**  
**No. de Tramo: \_\_\_\_\_ Tipo de Tramo: \_\_\_\_\_ Tipo de anclamiento: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_**

**Cantidad de Aisladores: Porcentaje \_\_\_\_\_ Vitróleo \_\_\_\_\_ Año de Fabricación: \_\_\_\_\_**

**Fierros: \_\_\_\_\_ Fierros: \_\_\_\_\_ Supervisores: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_**

Sección de los aisladores con una muestra de color  
 de cada tipo de aislador

|                                                                                                                 |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>El Aislador No. 1 (vitróleo)</b><br>es un aislador de tipo de vidrio que se utiliza para<br>cables de 30 kV. | <b>El Aislador No. 2 (vitróleo)</b><br>es un aislador de tipo de vidrio que se utiliza para<br>cables de 30 kV. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Cables, Anclajes**

**Cable de guarda**

**Separadores**

**No. \_\_\_\_\_**

Estimados (cantidades) \_\_\_\_\_

Diferencias (cantidades) \_\_\_\_\_

**Fierro \_\_\_\_\_**

Estimados (cantidades) \_\_\_\_\_

Diferencias (cantidades) \_\_\_\_\_

**Amortiguadores**

**No. \_\_\_\_\_**

Estimados (cantidades) \_\_\_\_\_

Diferencias (cantidades) \_\_\_\_\_

**Fierro \_\_\_\_\_**

Estimados (cantidades) \_\_\_\_\_

Diferencias (cantidades) \_\_\_\_\_

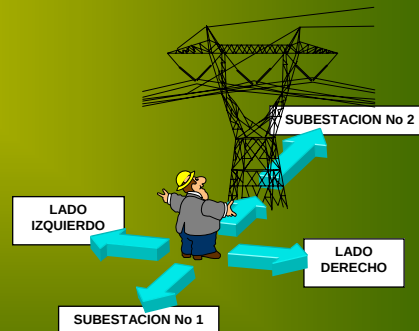
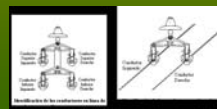
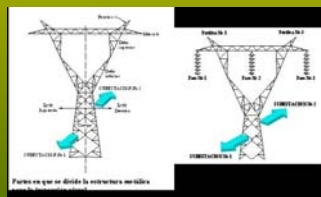
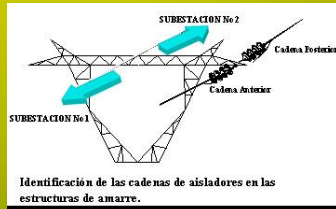
Escribir sus  
Observaciones al dorso



## ENTRENAMIENTO DE PERSONAL

-Teórico / Práctico

(cont...)



Identificación de la torre.

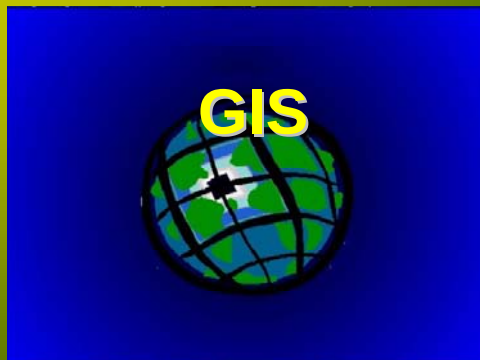
## Criterios para la evaluación de los diferentes elementos de la torre.

- **REGULAR.**- Cuando se observan manchas de oxidación con pérdida del galvanizado y la aparición de burbujas.
- **MALO.**- Cuando aparecen escamas y abultamientos los cuales al retirarse muestran la pérdida del material hasta en el 50% del espesor.
- **CRITICO.**- Cuando se observa abultamiento en gran parte del elemento y se puede observar pérdida del material en más de un 50% del espesor. En estos casos se deben tomar fotos del elemento y proceder a señalar su ubicación.



## NUEVAS TECNOLOGÍAS

### - Geografic Information System



### Geografic Information System

Sistema grafico-matemático que permite digitalizar y georeferenciar la información, detallar sus características y hacer análisis que permitan representar los escenarios de daños para diferentes eventos y realizar la actualización de los mapas.

## **EL PROGRAMA GIS REVELA RELACIONES, PATRONES Y TENDENCIAS.**

### **Existen varias formas de organizar la información-mapas confeccionados de acuerdo a la ubicación**



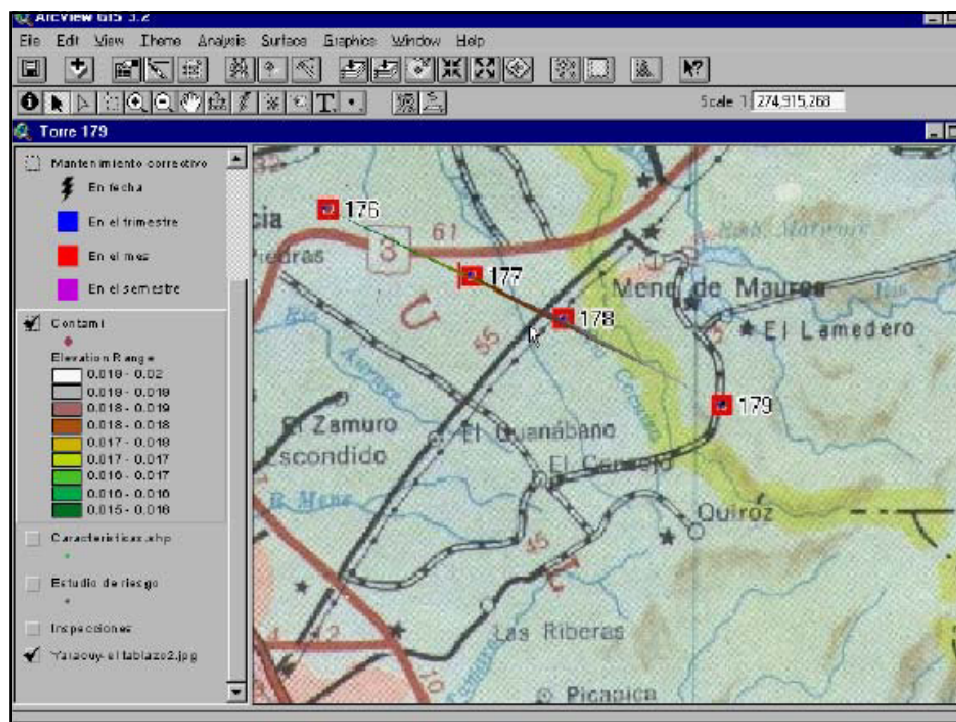
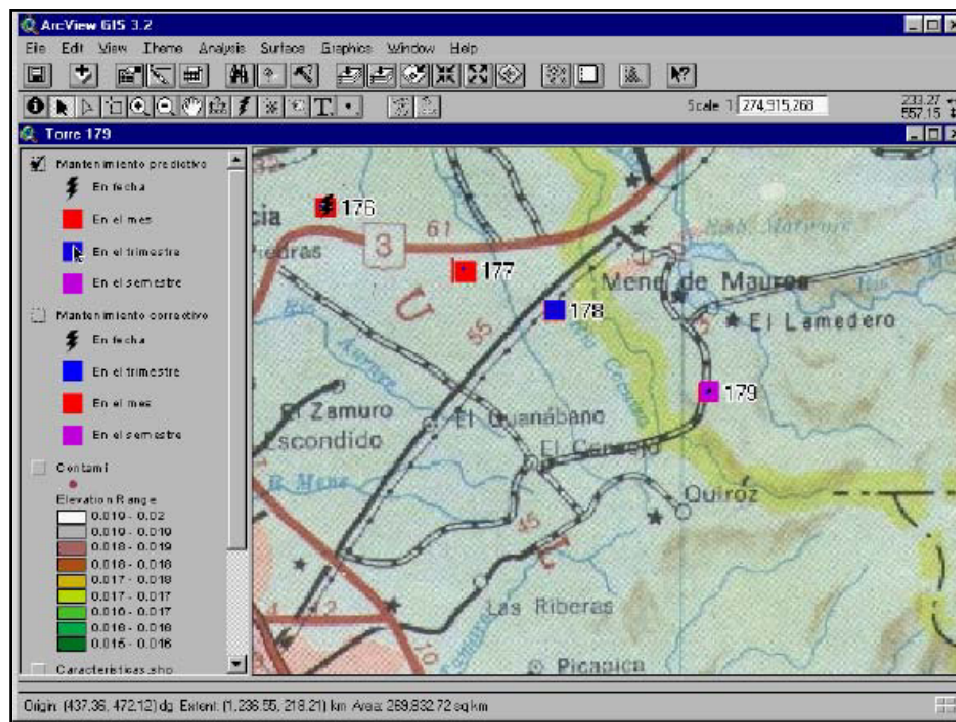
A través de la organización de la información de esta manera, el mapa representa donde están los objetos en el mundo real en relación a otros objetos.

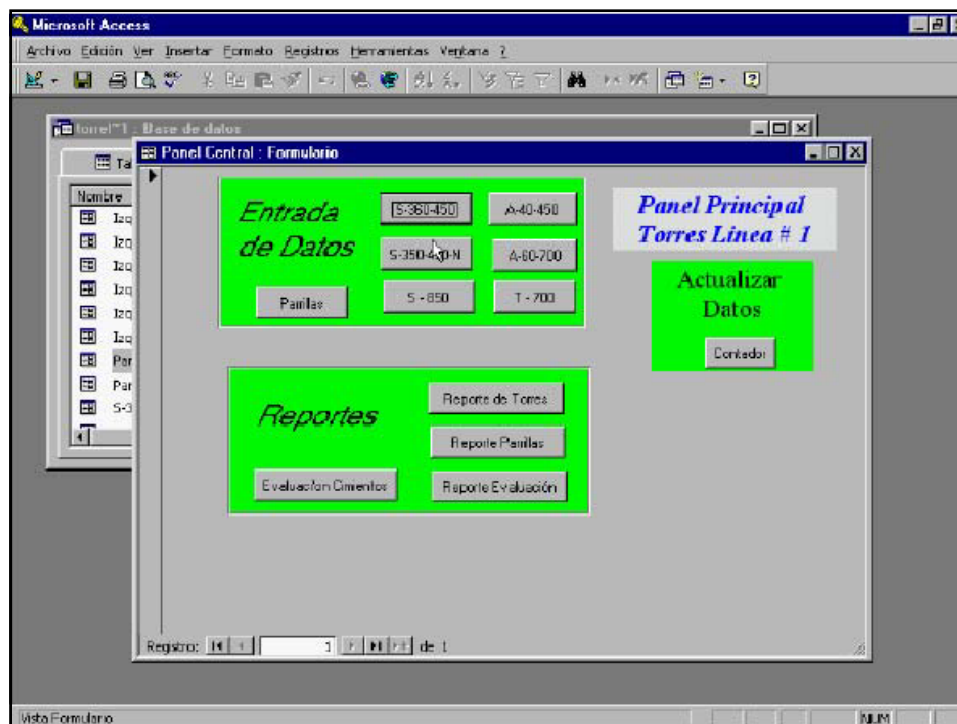
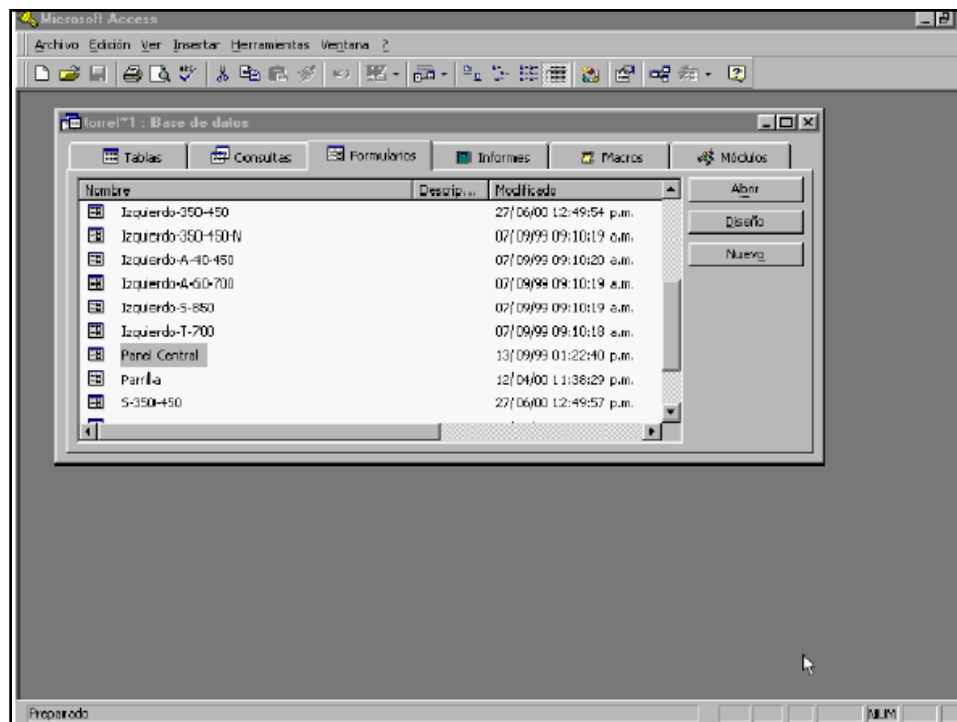


## **VENTAJAS DEL USO DEL PROGRAMA (GIS)**

- **Organizar información en nueva forma**
- **Manejar grandes volúmenes de información y bases datos de forma amigable y con vínculos entre ellas y georeferenciarlas.**
- **Monitorear gráficamente cumplimiento de las actividades programadas.**







Microsoft Access

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ver Ayuda ?

**Cimientos**

*Estado General de la Torre*

Número de Torre: 580 Tipo de Torre: A-60-700 Línea: Línea 1 San Gerónimo-Santa Teresa Fecha de la Inspección: #Nombre? Nombre:

**Descarga del Cimiento:**

Por Erosión del Agua (%): 0 Asentamiento Diferencial: 0 Estado Torre:

Por Deslizamiento del Terreno: 0

Observaciones:

El terreno está muy afectado por las curvas de bacheo, un 40% de la profundidad alterada. Fotos (580-1 y 2)

**Lado izquierdo**

Ejecutor: #Nombre? Supervisor: #Nombre? Fecha de la Inspección:

**Puntina lado izquierdo**

Estado de los Tornillos de la Puntina:

Regular: 0  
Malos: 0  
Cíticos: 0

Elem. Deform. de la Puntina:  
Deform: 0  
Panti: 0

**Estado de la punta de la Puntina**

Buena

**Mensula parte superior**

Estado Tornillos Mensula:

Regular: 0  
Malos: 0  
Cíticos: 0

Elem. Deform. de la Mensula:  
Deform: 0

**Mensula parte inferior**

Estado de la Mensula:

Regular: 0  
Malos: 0  
Cíticos: 0

Elem. Deform. de la Mensula:  
Deform: 0

Registros: 1 de 131

Fecha en que se realizó la Inspección:

Microsoft Access

Archivo Edición Ver Insertar Formato Registros Herramientas Ver Ayuda ?

**Panel Control - Formulario**

**Entrada de Datos**

S-360-450 A-40-450  
S-350-450-N A-60-700  
Pantallas S-850 T-700

**Reportes**

Reporte de Torres  
Reporte Pantallas  
Evaluación Cimientos Reporte Evaluación

**Panel Principal Torres Línea # 1**

**Actualizar Datos**

Controlador

Registros: 1 de 1

Vista Formulario

Microsoft Access - [Consulta]

Archivo Edición Ver Herramientas Ventana ?

100% Cerrar

*Estado de las Torres* *Observaciones*

|     |         |                                                                                                      |
|-----|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 580 | Regular |                                                                                                      |
| 581 | Buena   | Corrosion en estado incipiente                                                                       |
| 582 | Buena   |                                                                                                      |
| 583 | Buena   | Foto 5834, foto tomada de la celda interior.                                                         |
| 584 | Buena   |                                                                                                      |
| 585 | Buena   |                                                                                                      |
| 586 | Buena   |                                                                                                      |
| 587 | Buena   | El elemento del medidor por ser usado para punto de apoyo en el mantenimiento. Fotos: 587-1a 3.      |
| 588 | Buena   |                                                                                                      |
| 589 | Buena   |                                                                                                      |
| 590 | Buena   | La corrosión es incipiente provocada por la acción del fuego que se da a la vegetación.              |
| 591 | Buena   |                                                                                                      |
| 592 | Buena   |                                                                                                      |
| 593 | Buena   | golpe en ángulo de la pata                                                                           |
| 594 | Buena   |                                                                                                      |
| 595 | Buena   |                                                                                                      |
| 596 | Buena   |                                                                                                      |
| 597 | Buena   |                                                                                                      |
| 598 | Buena   |                                                                                                      |
| 599 | Buena   |                                                                                                      |
| 600 | Buena   | La corrosión en las patas es incipiente.                                                             |
| 601 | Regular | En tiempo de agua permanecen las patas sumergidas. La torre es regular por la corrosión en las patas |
| 602 | Buena   |                                                                                                      |
| 603 | Buena   | corrosion incipiente en las patas                                                                    |
| 604 | Buena   | Cemento regular desde el punto de vista de corrosion.                                                |

Página: 1 de 1

Preparado