

Desarrollo de software para el manejo de Información Catastral

Adrian Trueba Espinosa¹, Alejandro Javier Rivera Ponce², Magally Martínez Reyes³

¹Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Texcoco, Ingeniería en Computación, Av. Jardín Zumpango S/N Fraccionamiento Tejocote, Texcoco Estado de México CP. 56250.

atruebae@hotmail.com

²Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de México, Av. Zapata o Camino a Coatepec, Paraje la Campana Chicoloapan, Estado de México, CP 56370

alejavier6969@hotmail.com

Universidad Autónoma del Estado de México

³Centro Universitario UAEM Valle de Chalco, Hermenegildo Galena No.3, Col. Ma. Isabel, Valle de Chalco Solidaridad, México, 56615

mmreyes@cinvestav.mx

Resumen: Este artículo presenta la teoría de integración de un sistema de información geográfico con orientación al manejo de datos catastrales con ayudas, vistas graficas de datos espaciales con la capacidad de identificación de calles y predios así como la integración de fotografías del estado actual del predio.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica (SIG), Catastro, Vistas graficas.

Abstract: This article presents the theory of integration of a geographical system of information with orientation to the handling of cadastral data with help graphic, views of space data with the capacity of identification of streets and properties as well as the integration of pictures of the current state of the property.

Words key: Geographical Information System (GIS), Cadaster, graphic Views.

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto de SIG y catastro un Sistema de Información Geográfico Catastral (SIGC), es un SIG que gestiona los planos catastrales y la cartografía digitalizada que proporcionan información sobre el parcelario (límites de manzanas, parcelas y volúmenes en urbana, polígonos, parcelas y subparcelas rústicas), así como información complementaria como hidrografía, altimetría, mobiliario urbano, vías de comunicación y ejes de calle. En San Luis Potosí, México se desarrolla un SIGC por el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, derivado de este proyecto se tendrá como producto final una serie de procesos, software e información que en conjunto permiten el uso, visualización y control de los datos correspondientes a los expedientes catastrales, así como su información cartográfica. Esto implica que al final del proyecto, la dependencia de Catastro Municipal tendrá la capacidad de controlar, agregar, modificar y mantener la cartografía y los datos catastrales por completo de la ciudad de San Luis Potosí. [Motilla,s/f]. En México, el Instituto Catastral y Registral del Estado de Sonora. (ICRESON) en el 2003, empezó el desarrollo e implementación del Sistema de Información Geográfica, Catastral y Registral. Este sistema, denominado SIGCRES, realizará la vinculación de las bases de datos de Catastro y Registro Público, dando con ello mayor grado de certeza sobre la propiedad inmobiliaria y propiciando el aprovechamiento de la información en usos multifinalitarios.

En el mercado mexicano se ofrece el SIGC (Sistema de Información Geográfica Catastral) que ofrecen[López y Zárate s/f], sin embargo, el sistema tiene varias desventajas, siendo la más importante la utilización de software que emplea licencias (Erdas y Arcview con interfase con Visual Basic). Implicando capacitación especializada para manejar estos paquetes, también se requiere de actualizaciones continuas. Este SIGC tiene un costo de más de un millón de pesos, que seguramente aumentara con la actualización de licencias y capacitación continua del personal.

En Nueva Zelanda, [Haanen y Sutherland, 2002]. presentan un proyecto para la captura digital, rediseño y automatización de la información catastral, este proyecto sigue en marcha actualmente.

En Suecia [Van der Molen, 2002] señala que en este país el territorio se divide en unidades de propiedad. La división de las unidades de propiedad sufre continuos cambios; las parcelas se amalgaman o subdividen o atraviesan otros procesos catastrales. El Lantmäteriet es el organismo encargado de garantizar la seguridad legal a cada propietario, además de participar en las medidas para mejorar y crear la legislación relativa a este campo. El Lantmäteriet dirige también el registro y el sistema para el registro del territorio que contiene información sobre la propiedad, hipotecas, cargas. El organismo que custodia este sistema es el *National Court Administration* (Tribunal Nacional). Estos dos registros constituyen la base del SLDBS (Swedish Land Data Bank System), la base de datos del territorio sueco SLDBS comenzó a principios de los setenta, como un sistema general para la parte literal de la propiedad y el territorio. Aunque creado como un sistema interno, para las necesidades internas, éste se ha ido desarrollando hasta convertirse en un sistema de libre acceso, utilizado en la administración del territorio y actividades financieras de todo el ámbito nacional sueco, con más de 25.000 usuarios conectados. Con el tiempo, se han ido añadiendo registros adicionales hasta convertirse en lo que hoy se conoce como el Registro de la Propiedad Inmobiliaria, que incluye: Registro del Domicilio, Registro de Edificación, Registro de Coordenadas, Registro de Planos, Registro de la Valoración de la Propiedad, Registro del Precio de Venta, Registro de Comunidades de Propietarios. Registro de avales bancarios sobre la vivienda. Y por último, está integrado con: El *Geodata Bank System* (base de datos geográficos) que comprende mapas digitalizados a diferentes escalas y para distintos usos y El *Digital Archive* (archivo digital), formado por documentación digitalizada relativas a la creación de nuevas propiedades, cambios en las propiedades existentes, copropiedades, servidumbres, utilidades e instalaciones comunes.

En este proyecto se desarrollo e implemento un software para el manejo de información catastral, sin necesidad de depender de paquetes comerciales, con una interfase gráfica para facilitar su manejo y aceptación por el usuario.

II. METODOLOGÍA

AREA DE ESTUDIO

Chicoloapan se localiza en la región III al oriente del Estado de México, región central del país, el único municipio que lo separa de la ciudad de México, es el de Los Reyes La Paz, colinda al norte con el municipio de Texcoco, al sur con Ixtapaluca, y la Paz, y al norte con Chimalhuacán y la Paz. La cabecera municipal está comprendida entre los paralelos 19° 25' 54" de latitud norte y 98° 53' 5" longitud oeste respecto al meridiano de Greenwich. La altura de este municipio alcanza los 2,280 metros sobre el nivel del mar (MSNM) y la cabecera municipal está a 2,230 MSNM. La cabecera municipal esta constituida por 10 manzanas, las cuales en promedio cuentan con 30 predios cada una.

METODOS

Los datos que proporciono el Municipio de Chicoloapan están georeferenciados en latitud y longitud (geográficas-geodésicas) por lo que hay que hacer la transformación a coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator) a fin de poder ser graficadas en la computadora.

TRANSFORMACION DE COORDENADAS

Para transformar coordenadas geográficas en UTM y viceversa existen diversos procedimientos. En este trabajo se utilizo **de Coticchia-Surace**, que es el método más fácil de programar. Dichas ecuaciones fueron planteadas por Alberto Coticchia y Luciano Surace en el "*Bolletino di Geodesia e Science Affini*", Num. 1.

La precisión que se obtiene es de un centímetro cuando se utilizan suficientes decimales. En consecuencia, es necesario que al programar se utilicen variables de coma flotante y doble precisión.

Partimos de las coordenadas geográficas-geodésicas del vértice con el que haremos el ejemplo, que es el vértice de Llatías. Los datos de este vértice están en principio en geodésicas sobre el elipsoide de Hayford. Dichas coordenadas son las siguientes:

Longitud: $\lambda = 3^{\circ} 48' 06,7439''$ W
Latitud: $\varphi = 43^{\circ} 29' 18,2670''$ N

También vamos a necesitar los datos básicos de la geometría del elipsoide de Hayford. Cuando digo datos básicos me refiero al semieje mayor (a) y al semieje menor (b). A partir de estos datos, se deducirán otros parámetros de la geometría del elipsoide que nos harán falta en el proceso de conversión de coordenadas. Así, los datos referentes a los semiejes del elipsoide Hayford son:

Semieje mayor (a) = 6378388,0
Semieje menor (b) = 6356911,946130

CÁLCULOS PREVIOS

SOBRE LA GEOMETRÍA DEL ELIPSOIDE

Calculamos la segunda excentricidad, el radio polar de curvatura:

$$\text{Segunda excentricidad: } e' = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{b} \rightarrow e' = \frac{\sqrt{6378388^2 - 6356911,94613^2}}{6356911,94613} = 0,08226389 \quad \text{Radio Polar de Curvatura: } c = \frac{a^2}{b} \rightarrow c = \frac{6378388^2}{6356911,94613} = 6399936,608$$

Aprovechamos para calcular también el cuadrado de la segunda excentricidad, pues nos hará falta en muchos pasos posteriores:

$$e'^2 = 0,08226389^2 = 0,00676817$$

SOBRE LA LONGITUD Y LA LATITUD:

Lo primero que se debe hacer es convertir los grados sexagesimales (grados, minutos y segundos) a grados sexagesimales expresados en notación decimal (lo que se suele denominar normalmente "grados decimales"). Para ello operamos de la siguiente forma: *Grados decimales = grados + minutos/60 + segundos/60/60*

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{La longitud } (3^{\circ} 48' 06,7439''), \text{ pasaría a ser en sexadecimales expresados} \\ \text{en notación decimal} = 3 + 48/60 + 6,7439/60/60 = 3,801873306 \\ \text{La latitud } (43^{\circ} 29' 18,2670''), \text{ pasaría a ser en sexadecimales expresados} \\ \text{en notación decimal} = 43 + 29/60 + 18,2670/60/60 = 43,4884075 \end{array} \right.$$

Una vez que tenemos la longitud y la latitud en grados decimales, procedemos a su paso a radianes, pues la mayor parte de los pasos posteriores se realizarán con entrada de datos en radianes. Operamos para ello de la forma:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{La longitud } (3,801873306), \text{ pasaría a ser} \\ \text{en radianes} = 3,801873306 \cdot \pi / 180 = 0,066355207 \\ \text{La latitud } (43,4884075), \text{ pasaría a ser} \\ \text{en radianes} = 43,4884075 \cdot \pi / 180 = 0,759015897 \end{array} \right.$$

El siguiente paso es calcular el signo de la longitud.

Calculo del signo de la longitud:

** Si la longitud está referida al Oeste del meridiano de Greenwich, entonces la longitud es negativa (-).

** Si la longitud está referida al Este del meridiano de Greenwich, entonces la longitud es positiva (+).

Por lo tanto como la longitud está referida al Oeste del meridiano de Greenwich, entonces pasa a ser negativa, quedando en radianes = -0.066355207 y en grados decimales = -3,801873306.

SOBRE EL HUSO

Una vez que ya se cuente con los datos de longitud y latitud, se puede calcular el huso o zona UTM (*UTM Zone*) donde caen las coordenadas a convertir como sigue:

$$\text{Huso} = \text{entero de } \left[\frac{\text{Grados decimales}}{6} + 31 \right] \rightarrow \text{Huso} = \left[\frac{-3,801873306}{6} + 31 \right] = 30,36635445$$

Truncamos la parte entera
luego Huso = 30

Con el huso ya conocido, el siguiente paso es obtener el meridiano central de dicho huso. El meridiano central es la línea de tangencia del cilindro transversal.

Conviene recordar que en la proyección UTM el cilindro transversal que se usa como superficie desarrollable, se va girando virtualmente para definir los diferentes husos (60) que rodean la tierra.

Se empiezan a contar los husos por el antimeridiano de Greenwich y por eso la parte central del ejemplo cae en el huso 30, por estar en el lado opuesto del inicio de la numeración de husos, que queda al otro lado de la tierra.

El meridiano central del huso es muy importante porque es el origen de las coordenadas X. Como el meridiano central dejaría la parte del huso situada a su izquierda con coordenadas X negativas, para evitar eso, se suma a todas las coordenadas X la cantidad de 500.000.

Esto hace que no existan valores negativos para las coordenadas X, puesto que se ha realizado un retranqueo del eje X de 500 km.

Algo semejante se hace para los valores de Y, cuyo origen es el ecuador. Como el ecuador está normalmente más lejos que el meridiano central del huso, las coordenadas Y suelen tener un número más. Si el ecuador es el origen de las Y, toda la parte situada al sur del mismo tendría coordenadas negativas. Para evitar eso, se suma el valor 10.000.000 a los valores de Y, pero sólo en el caso de que se trate de coordenadas pertenecientes al hemisferio sur; si las coordenadas pertenecen al hemisferio norte, no se tocan los valores Y.

Volviendo con el meridiano central del huso, éste también tiene la particularidad de que es auto numérico. En teoría, para cualquier latitud que caiga dentro del rango de operación de la proyección UTM (intervalo entre los 84° N y los 80° S), el punto de menor deformación de la proyección UTM es el que para esa latitud se sitúa sobre el meridiano central de su correspondiente huso. En la práctica esto no es del todo cierto, pues la proyección UTM aplica un factor de escala (0,9996) que hace que las zonas de menor deformación pasen a ser las situadas a $\pm 2^\circ 15'$ (aproximadamente a 180 km del meridiano central, aunque esta medida varía con la latitud); son las llamadas líneas isométricas, derivadas de la aplicación de este factor de escala (denominado *K0*) que es una de las principales diferencias entre la Proyección UTM y la Proyección Gauss-Krüger, en la que se basa la UTM en su totalidad.

Expuestos estos conceptos, para saber mínimamente lo que estamos calculando, retomamos los cálculos donde los habíamos dejado. Se había dicho que el siguiente paso es obtener el meridiano central del huso en el que caen las coordenadas geodésicas sobre las que se operan. La operación es la siguiente:

$$\lambda_0 = \text{Huso} \cdot 6 - 183 \rightarrow \lambda_0 = 30 \cdot 6 - 183 = -3^\circ$$

Calculamos la distancia angular que existe entre la longitud del punto con el que operamos y el meridiano central del huso (véase la figura anterior). Es muy importante señalar que ambos datos tienen que ser introducidos en radianes. La longitud ya se había traducido a radianes antes, pero no así el valor del meridiano central que se acaba de calcular. Para convertirlo a radianes multiplicamos por π y dividimos entre 180:

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 \rightarrow \Delta\lambda = -0,066355207 - (-3 \cdot \pi/180) = -0,013995329$$

ECUACIONES DE COTICCHIA-SURACE (DE GEOGRÁFICAS A UTM). CÁLCULO DE PARÁMETROS:

Se debe calcular una serie de parámetros que van encadenados unos a otros y que son el núcleo de las ecuaciones de Coticchia-Surace. Son muchas operaciones pero el proceso es muy rutinario y fácilmente programable:

$$V = \eta \cdot 1 \cdot (1 + \epsilon) + B_2 \rightarrow V = 4,870095 \cdot 10^{-5} \cdot 639001,466 \cdot (1 - 0,00659577) + 48,5141345 = 4815483,577$$

Solución de la Y UTM

$$\begin{aligned}
 A &= \cos \varphi \cdot \sin A_2 \longrightarrow A = \cos 0,759015897 \cdot \sin -0,013993329 = -0,01015347 \\
 \xi &= \frac{1}{2} \cdot \ln \left[\frac{1+A}{1-A} \right] \longrightarrow \xi = \frac{1}{2} \cdot \ln \left[\frac{1+(-0,01015347)}{1-(-0,01015347)} \right] = -0,01015382 \\
 \eta &= \arctan \left(\frac{\tan \varphi}{\cos A_2} \right) \longrightarrow \eta = \arctan \left(\frac{\tan 0,759015897}{\cos -0,013993329} \right) = 0,759015897 = 4,29009 \text{E-}05 \\
 v &= \frac{c}{(1 + e^2 \cdot \cos^2 \eta)^{1/2}} \cdot 0,9996 \longrightarrow v = \frac{5399936,678}{(1 + 0,00676817 \cdot \cos^2 0,759015897)^{1/2}} \cdot 0,9996 = 6386011,466 \\
 \zeta &= \frac{e^2}{2} \cdot \xi \cdot \cos^2 \eta \longrightarrow \zeta = \frac{0,00676817}{2} \cdot -0,01015382 \cdot \cos^2 0,759015897 = -1,8565 \text{E-}07 \\
 A_1 &= \sin (2 \cdot \varphi) \longrightarrow A_1 = \sin (2 \cdot 0,759015897) = 0,998608275 \\
 A_2 &= A_1 \cdot \cos^2 \varphi \longrightarrow A_2 = 0,998608275 \cdot \cos^2 0,759015897 = 0,525637464 \\
 J_2 &= \varphi + \frac{A_1}{2} \longrightarrow J_2 = 0,759015897 + \frac{0,998608275}{2} = 1,258320035 \\
 J_4 &= \frac{3 \cdot J_2 + A_2}{4} \longrightarrow J_4 = \frac{3 \cdot 1,258320035 + 0,525637464}{4} = 1,075149392 \\
 J_6 &= \frac{5 \cdot J_4 + A_2 \cdot \cos^2 \varphi}{3} \longrightarrow J_6 = \frac{5 \cdot 1,075149392 + 0,525637464 \cdot \cos^2 0,759015897}{3} = 1,884142255 \\
 \alpha &= \frac{3}{4} \cdot e^2 \longrightarrow \alpha = \frac{3}{4} \cdot 0,00676817 = 0,005076128 \\
 \beta &= \frac{5}{3} \cdot e^4 \longrightarrow \beta = \frac{5}{3} \cdot 0,005076128^2 = 4,29451 \text{E-}05 \\
 \gamma &= \frac{35}{27} \cdot e^6 \longrightarrow \gamma = \frac{35}{27} \cdot 0,005076128^3 = -1,69552 \text{E-}07
 \end{aligned}$$

$$B_0 = 0,9996 \cdot c \cdot (\varphi - \alpha \cdot J_2 + \beta \cdot J_4 - \gamma \cdot J_6)$$

$$B_0 = 0,9996 \cdot 6399936,608 \cdot (0,759015897 - 0,0005076128 \cdot 1,258320035 + 4,29451 \text{E-}05 \cdot 1,075149392 - 1,69552 \text{E-}07 \cdot 1,884142255)$$

$$B_0 = 4815141,345$$

CÁLCULO FINAL DE COORDENADAS

Una vez disponemos de todos los parámetros anteriores calculados, procedemos a la solución de las coordenadas UTM finales, de la forma:

$$X = \xi \cdot \left(1 + \frac{\xi}{3}\right) + 500.000 \Rightarrow X = -0,01015382 \cdot 6386011,466 \cdot \left(1 + \frac{1,8565 \text{E-}07}{3}\right) + 500000 = 435157,5872$$

Solución de la X UTM

Para el caso de la solución de Y es muy importante recordar que **si la latitud de las coordenadas geodésicas con las que operamos pertenece al hemisferio sur deberemos sumar el valor 10.000.000** al resultado obtenido. Como en el caso del ejemplo estamos operando con latitudes al norte del Ecuador, no realizamos tal operación:

Una vez terminada toda la transformación de las coordenadas se procedió a la utilización de la topología de arco-nodo para almacenar estos datos en una base de datos que se implementó en MySQL.

CÁLCULO FINAL DE COORDENADAS

Una vez disponemos de todos los parámetros anteriores calculados, procedemos a la solución de las coordenadas UTM finales, de la forma:

$$Y = \xi \cdot \left(1 + \frac{\xi}{3}\right) + 500.000 \Rightarrow Y = -0,01015382 \cdot 6386011,466 \cdot \left(1 + \frac{1,8565 \text{E-}07}{3}\right) + 500000 = 435157,5872$$

Solución de la Y UTM

Para el caso de la solución de Y es muy importante recordar que **si la latitud de las coordenadas geodésicas con las que operamos pertenece al hemisferio sur deberemos sumar el valor 10.000.000** al resultado obtenido. Como en el caso del ejemplo estamos operando con latitudes al norte del Ecuador, no realizamos tal operación:

$$Y = \eta \cdot v \cdot \left(1 + \frac{\eta}{3}\right) \cdot B_0 \Rightarrow Y = 4,29009 \text{E-}05 \cdot 6386011,466 \cdot \left(1 + \frac{1,8565 \text{E-}07}{3}\right) + 4815141,345 = 4815453,627$$

Solución de la Y UTM

Una vez terminada toda la transformación de las coordenadas se procedió a la utilización de la topología de arco-nodo para almacenar estos datos en una base de datos que se implementó en MySQL.

REQUERIMIENTOS DE DATOS: GEOMETRÍA Y TOPOLOGÍA FORMACION DE LOS POLIGONOS PREDIALES

Cada vértice del predio deberá contener un par de coordenadas para su ubicación física, por ejemplo, en la figura 3, se observa que cada vértice posee su par de coordenadas UTM.:

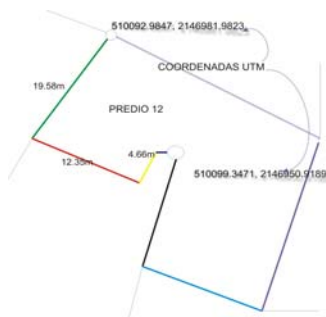


Figura 3.- Representación de coordenadas UTM

La descripción espacial de las entidades geográficas se realiza mediante la descripción geométrica y topológica de primitivas. El término "topología" alude a procedimientos matemáticos que describen relaciones espaciales existentes. Las topologías o relaciones topológicas que se utilizó es la que se muestra en la figura 4: donde R1 representa la relación que "cualquier" polígono está compuesto por arcos y R2 representa la segunda relación que "cada" arco debe de contar con dos nodos.

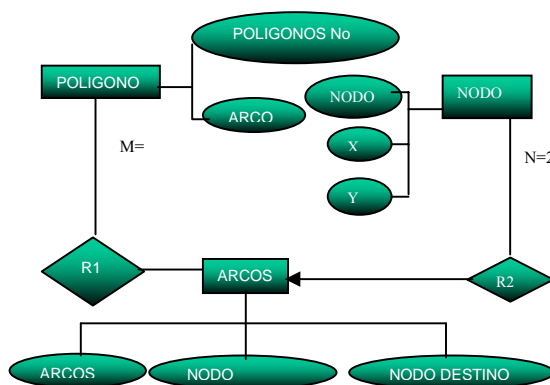


Figura 4.- Relaciones topológicas.

ARCO-NODO

Se define un "arco" como un conjunto ordenado de puntos o vértices que no intersecta con ningún otro arco. Los vértices, inicial y final del arco se denominan respectivamente nodo inicial y nodo final del arco. En la figura 5 se muestra el esquema que se sigue para el diseño de la base de datos:

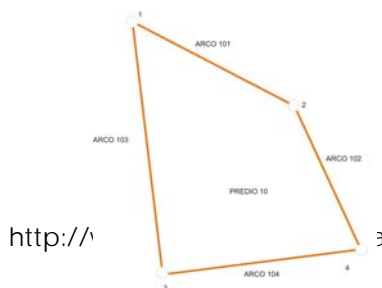


Figura 5. Elementos de un polígono

En el caso específico de los puntos “x” e “y” donde se almacena las coordenadas de cada nodo, utilizare las coordenadas UTM que se obtuvo en el paso anterior para poder graficar, utilizando la figura anterior del “predio 10” la topología queda como se muestra en la figura 6. De esta manera se van formando cada uno de los predios que componen la cabecera municipal.

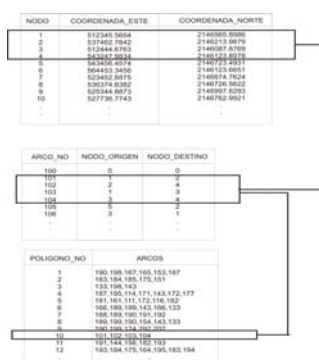


Figura 6.- Topología de Arco-Nodo para el caso predio 10

DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

La información geográfica y cartográfica, presenta la peculiaridad de encontrarse localizada espacialmente en un sistema de referencia arbitrario. Este hecho, junto con las operaciones propias del Análisis Espacial de Datos (AED), confiere al diseño de Bases de Datos Espaciales (BDE) diferencias significativas respecto al diseño de Bases de Datos (BD) de propósito general.

Toda BDE almacena dos tipos de información: espacial o geométrica-topológica y descriptiva. El sistema almacena un conjunto de tablas que contienen ambos tipos de información, debiendo ésta estar estructurada de forma que sea posible asociar cada realidad geográfica con la primitiva geométrica asociada a ella, así como la ejecución de procesos espaciales que convierten la BD en una estructura de datos valida para la utilización eficiente de las herramientas de AED.

DISEÑO DE TABLAS

Las tablas se diseñaron a partir de la estructura de “arco-nodo” propuesto en Bosques et al (1994) y Laurini y Thompson (1999).

Después del análisis realizado en Catastro, se determinan 7 tablas importantes para el manejo de la información:

Una ultima tabla que es Tabla_de_Clicks, en la cual se encuentran los datos donde se realiza el clic dentro del sistema y saber a quien pertenece esa posición donde realizo la búsqueda. En las figuras 7 a 13 se muestran las tablas utilizadas para almacenar los datos descriptivos del contribuyente.

Table Name	Table Profile	Table Type			
TABLA_CONTRIBUYENTE	Default (no profile)	InnoDB (Transaction-safe tables with row loc.)			
Column Name	Data Type	Null	Flags	Default Value	Comments
CLAVE_CATASTRAL	VARCHAR(10)	NO	UNIQUE		
TABLA_TERRENO_CU	INTEGER	NO	UNIQUE		
NOMBRE_CONTRI	VARCHAR(100)	NO	UNIQUE		
RUTERNO_CONTRI	VARCHAR(100)	NO	UNIQUE		
MATERNO_CONTRI	VARCHAR(100)	NO	UNIQUE		
CALLE_CONTRI	VARCHAR(100)	NO	UNIQUE		
NID_EXTERIOR	VARCHAR(100)	NO	UNIQUE		
NID_INTERIOR	VARCHAR(100)	NO	UNIQUE		
COLUMNA	VARCHAR(100)	NO	UNIQUE		
LOCALIDAD	VARCHAR(100)	NO	UNIQUE		
CODIGO_POSTAL	INTEGER	NO	UNIQUE		
TERRIO	INTEGER	NO	UNIQUE		

Table Name	Table Profile	Table Type			
TABLA_TERRIENOS	Default (no profile)	InnoDB (Transaction-safe tables with row loc.)			
Column Name	Data Type	Null	Flags	Default Value	Comments
CLAVE_TERRIENOS	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
REZIMEN_APLICADO_ID	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
NIVELES_NO_NIVEL	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
VALORES_UNITARIOS	CHAR(10)	✓	BINARY		
GRADO_CONSERVACION	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
POSICION_ID_POSICION	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
FRENTE	INTEGER	✓	ZEROFILL		
FONDO	FLOAT	✓	ZEROFILL		
AREA_INGRESA	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
ALTURA	FLOAT	✓	ZEROFILL		
F_FRENTE	DOUBLE	✓	ZEROFILL		""
F_FONDO	DOUBLE	✓	ZEROFILL		""
F_IRREGULARIDAD	DOUBLE	✓	ZEROFILL		""
F_AREA	DOUBLE	✓	ZEROFILL		""
F_TOPOGRAFIA	DOUBLE	✓	ZEROFILL		""
SUPERFICIE	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
VALOR_SUELO	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	""
FACTOR_APLICADO	DOUBLE	✓	ZEROFILL		""
VALOR_TERRIENOS	FLOAT	✓	ZEROFILL		
NUMERO	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
ENNO	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
SUPERFICIE_CONSTRU	INTEGER	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
VALOR_CONSTRUCCION	DOUBLE	✓	ZEROFILL		
VALOR_CATASTRAL	DOUBLE	✓	ZEROFILL		
FOTOGRAFIA	VARCHAR(100)	✓	BINARY		
CALLE	VARCHAR(100)	✓	BINARY		

Figura 7.- Diseño de la tabla contribuyente

Table Name	Table Prefix	Table Type
POSICION	Default (no prefix)	InnoDB (Transaction-safe tables with row loc.)

Column Name	Data Type	NN	AI	Flags	Default Value	Comments
ID_POSICION	INTEGER	✓	✓	UNSIGNED ZEROFILL		
POSICION	VARCHAR(20)	✓		BINARY		
FACTOR_POSICION	DOUBLE	✓		ZEROFILL		

Figura 8.- Diseño de la Tabla Posición

Table Name		Table Prefix		Table Type		
NIVELES		Default (no prefix)		InnoDB (Transaction-safe tables with row loc)		
Column Name	Data Type	NN	AI	Flags	Default Value	Comments
NO_NIVEL	INTEGER	✓	✓	UNSIGNED ZEROFILL		
FACTOR_NIVEL	DOUBLE PRECISION	✓		ZEROFILL		

Figura 10.- Diseño de la Tabla Niveles posiciones

Table Name	Table Prefix	Table Type	Weak entity			
VALORES_UNITARIOS	Default (no prefix)	InnoDB (Transaction-safe tables with row loc.)	<input type="checkbox"/> is not T. <input type="checkbox"/> is m.			
Column Name	Data Type	NN	AI	Flags	Default Value	Comments
TIPO_CONSTRUCCION	CHAR(1)	✓		BINARY		es la clave del valor unitario
USO_CONSTRUCCION	VARCHAR(40)	✓		BINARY		comercial, habitacional
CLASE	CHAR	✓		BINARY		a,b,c,d
CATEGORIA	INTEGER	✓	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	1,2,3
DESCRIPCION	VARCHAR(20)	✓		BINARY		describte el tipo de construcción
VALOR_M2	NUMERIC	✓		ZEROFILL		valor de terreno en m2
UNIDAD_MEDIDA	VARCHAR(5)	✓		BINARY		si es en metros, kilogramos etc

Figura 12.- Diseño de la Tabla de Valores Unitarios

Figura 9.- Diseño de la Tabla terrenos

Table Name	Table Prefix	Table Type
GRADO_CONSERVACION	Default (no prefix)	MYISAM (Standard)

Column Name	Data Type	NN	AI	Flags	Default Value	Comments
ID_CONSERVACION	INTEGER	✓	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
GRADO	VARCHAR(20)	✓		BINARY		
FACTOR_CONSERVACION	DOUBLE	✓		ZEROFILL		

Figura 11.- Diseño de la tabla de grado de conservación

Table Name	Table Prefix	Table Type	Weak			
REJIMEN_JURIDICO	Default (no prefix)	InnoDB (Transaction-safe tables with row loc	<input type="checkbox"/> is			
Column Name	Data Type	NN	AI	Flags	Default Value	Comments
ID_REJIMEN	INTEGER	✓	✓	UNSIGNED	ZEROFILL	
ID_REJIMEN_2	VARCHAR(20)	✓		BINARY		privado, ejidal, privado etc

Figura 13.- Diseño de la Tabla de Régimen Jurídico

Para el manejo de la información geográfica, que es la que no va a ser representada de manera gráfica los predios se obtienen de 4 tablas importantes:

Table Name	Table Prefix	Table Type				
TABLA_NODOS	Default (no prefix)	InnoDB (Transaction-safe tables with row loc.)				
Column Name	Data Type	NN	AI	Flags	Default Value	Comments
NODO	INTEGER	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	UNSIGNED	ZEROFILL	
COORDENADA_ESTE	DOUBLE PRECISION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ZEROFILL		
COORDENADA_NORTE	DOUBLE PRECISION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ZEROFILL		

Figura 14.- Diseño de la Tabla Nodos.

Table Name	Table Prefix	Table Type
TABLA_ARCOS	Default (no prefix)	InnoDB (Transaction-safe tables with row loc)

Column Name	Data Type	NN	AI	Flags	Default Value	Comments
ARCO_NO	VARCHAR(64)	✓		BINARY		
TABLA_NODOS_NODO	INTEGER	✓		UNSIGNED	ZEROFILL	
NODO_ORIGEN	INTEGER	✓		UNSIGNED	ZEROFILL	
NODO_DESTINO	INTEGER	✓		UNSIGNED	ZEROFILL	

Figura 15.- Diseño de la Tabla de Arcos

Table Name	Table Prefix	Table Type
TABLA_POLIGONOS	Default (no prefix)	InnoDB (Transaction-safe tables with row loc.)

Column Name	Data type	NN	AI	Flags	Default Value	Comments
POLIGONO_NO	VARCHAR(20)	✓		BINARY		
TABLA_ARCOS_ARCO_1	VARCHAR(64)	✓		BINARY		
ARCOS	VARCHAR(64)	✓		BINARY		

Figura 16.- Diseño de la Tabla Polígonos

Table Name		Table Prefix		Table Type		
CALLE\$		Default (no prefix)		InnoDB (Transaction-safe tables with row loc)		
Column Name	DataType	NN	AI	Flags	Default Value	Comments
IDCALLE	VARCHAR(10)	✓		<input type="checkbox"/> BINARY		
TABLA_POLIGONOS_FO	VARCHAR(20)	✓		<input type="checkbox"/> BINARY		
NOMBRECALLE	VARCHAR(50)	✓		<input type="checkbox"/> BINARY		

Figura 17.- Diseño de la Tabla Calles

RELACIONES ENTRE LAS TABLAS

Teniendo el diseño de las tablas, se implementaron las relaciones de cada una de ellas, así como de sus terrenos, obsérvese la figura 18, los datos espaciales o datos geográficos se muestran en la figura 19, se aprecia el tipo de relación de cada una.

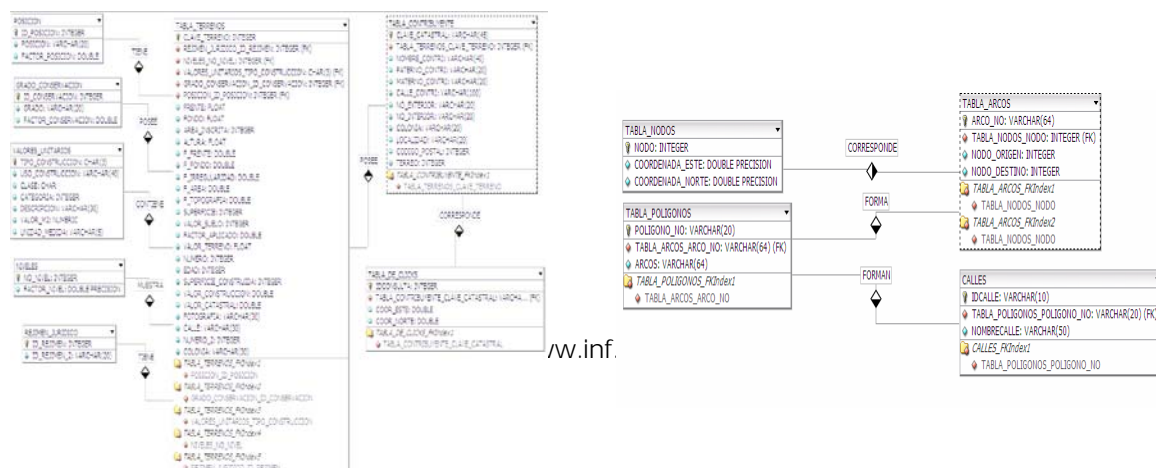


Figura 18.- Diseño Relacional de las tablas descriptivas

Figura 19.- Diseño Relacional de las tablas espaciales

QUERY A LA BASE DE DATOS

Para el acceso a datos se utilizo el SQL y programas específicos . El resultado de la manipulación/consulta de la Base De Espaciales, se traduce en la creación de informes y/o nueva cartografía que satisfacen los requerimientos de información descritos en la consulta. De esta manera puede ser generada cartografía con la información reclasificada a partir de una dada, o bien realizando combinaciones algebraicas (unión, intersección...) y lógicas (AND, OR, NOT) con dos o mas mapas/tablas.

Las Query realizadas a la base de datos geográfica son:

SELECT COORDENADA_ESTE, coordenada_norte From TABLA_NODOS, TABLA_ARCOS Where ARCO_NO=" & arco & " And NODO=" & nodoorigen & " union SELECT COORDENADA_ESTE, coordenada_norte From TABLA_NODOS, TABLA_ARCOS Where ARCO_NO=" & arco & " And NODO=" & nododestino & ""

Aparecen los simbolos de "&" que significa que lo que este comprendido entre estos simbolos son variables que pueden contener cualquier valor.

En este caso "arco" almacena al arco que vayamos a graficar, nodo_origen y nodo_destino los vértices o nodos que conforman el arco. En esta Query se obtiene las coordenadas de estos nodos.

SELECT POLIGONO_NO from tabla_poligonos where ARCOS=" & "" & cadenaordenada & "" & ""

Aquí se selecciona el polígono que vayamos a graficar dependiendo de los arcos que contenga dicho polígono, los arcos que solicitamos se almacenan en la variable "cadenaordenada"

select fotografia from tabla_terrenos where clave_terreno=" & terreno & "

Cada predio posee una fotografia la cual es extraída con el Query anterior.

Al momento de no saber donde se encuentra el predio solicitado, lo debemos de obtener por medio de la clave catastral, y esto se almacena en una caja de texto, para dicha consulta ocupamos.

select coor_este, coor_norte from tabla_de_clicks where tabla_contribuyente_clave_catastral=" & clavecatastral & ""

Para obtener como resultado la posición exacta del polígono buscado.

Con la siguiente Query obtenemos la información de cada predio, es decir obtenemos el terreno del contribuyente que este solicitando la información con la clave de su terreno, no estamos utilizando la clave catastral que es muy independiente de la clave del terreno.

select * from tabla_terrenos inner join tabla_contribuyente on clave_terreno=terreo where clave_terreno=" & "" & frmplano.Label22.Caption & "" & ""

Una de las Query utilizadas para la obtención de los datos del predio es la siguiente:

select id_rejimen_2 from regimen_juridico inner join tabla_terrenos on id_rejimen=regimen_juridico_id_rejimen where id_rejimen=" & "" & txtrejimen.Text & "" & ""

ALGORITMO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CIERRE DE POLIGONOS.

Se uso el algoritmo propuesto por Ortiz (2003). El algoritmo propuesto consta de los siguientes pasos:

1.	Localizar la línea más próxima al punto de entre toda la red de líneas (línea base).
2.	Orientar dicha línea más cercana con respecto al punto y seleccionar el vértice adecuado de los dos posibles (el de la izquierda relativa).
3.	Seleccionar el resto de líneas que tienen dicho vértice en común.

4.	Sobre estas líneas seleccionadas, calcular los ángulos máximos en el sentido contrario de las agujas del reloj.
5.	Seleccionar la línea con un ángulo mayor con respecto a la línea tomada como base.
6.	Reconfigurar como nueva línea base la línea seleccionada en el paso anterior y repetir desde el paso 3: Selección de líneas sobre el nodo final, cálculo de ángulos y comprobación del nodo final.
7.	Si el nodo final es igual que el nodo inicial en el que empezó el polígono, terminar el proceso. Si no hay más líneas que elegir y el nodo final no es igual al inicial, entonces el polígono está abierto y también se termina el proceso.
8.	En el caso de que el polígono no esté abierto, seleccionar todas las líneas que forman el polígono y operar con ellas para lo que sea necesario; por ejemplo: cálculo de áreas, perímetros, centroides, sombreado de color, etc

Este algoritmo es implementado en una parte del código al momento de graficar las líneas de los polígonos.

III. RESULTADOS

DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

Las bases de datos están formadas por tablas estáticas, ya que en ningún momento el usuario esta alterando la información de las mismas, solo es de utilidad para su consulta.

Para poder facilitar el trabajo de acceso a la información de cada contribuyente, se presenta un mapa de la cabecera municipal donde se encuentran dibujados los predios que pertenecen a la zona. Utilizando los datos recabados por el mapa que se rediseño y almacenados en la base de datos, el sistema por medio de las Query accesa a cada uno de ellos para dibujar la figura 23 y figura 24.

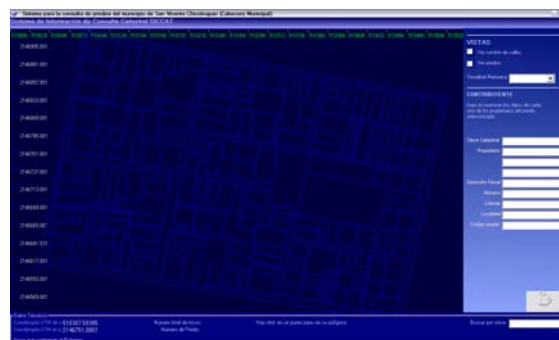


Figura 23.- Elementos de la pantalla principal

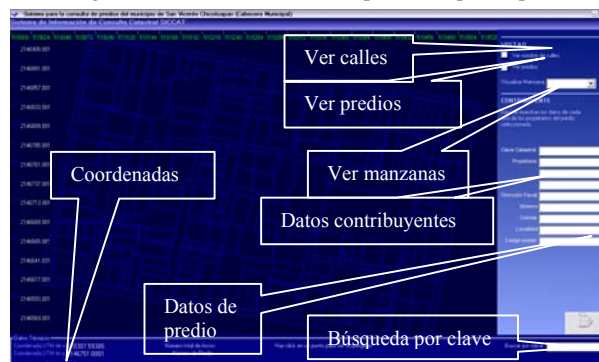


Figura 24.- Elementos técnicos para el usuario final

Se cuenta con el mapa de la cabecera municipal de Chicoloapan, además de contar en la parte derecha con una serie de opciones para poder manipular el mapa, como por ejemplo ver las calles, ver los números de los predios o los dos, esto mediante posiciones geográficas que se encuentran en la base de datos geográfica. Al presionar la opción de ver de las calles que conforman el lugar (figura 25).



Figura 25.- Calles de la cabecera municipal

Cuando seleccionamos la opción de “ver predios” se observan cada uno de los números de predios que componen a ese lugar, como en la figura 26. Esto funciona gracias a la aplicación de capas para poder mostrar este resultado

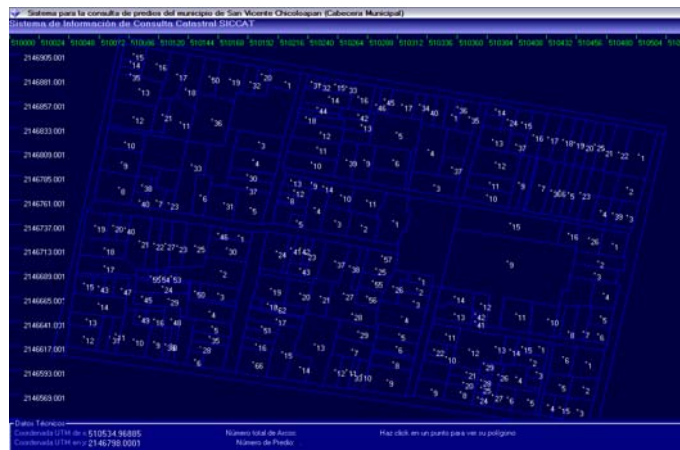


Figura 26.- Numero de predios para la cabecera municipal

Se tiene la opción de ver mas detallada cada una de las manzanas que componen el lugar, la cabecera municipal esta compuesta por 10 manzanas de las que se pueden ver con detalle cada una de ellas, por ejemplo, en la figura 27, se observa con detalle la manzana 3 la cual se encuentra en la parte superior de la presidencia municipal.

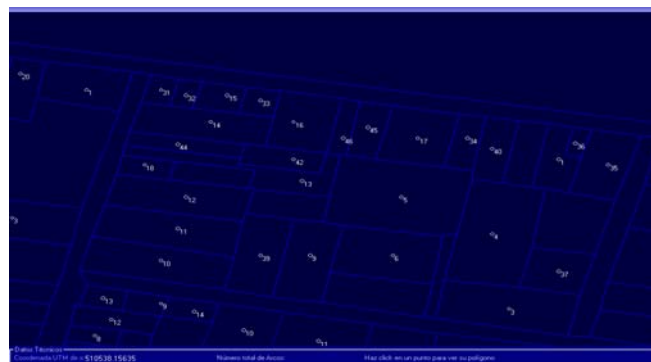


Figura 27.- Aplicación de Zoom para la manzana 3

Gracias a la aplicación del modelo relacional, este error es fácil de programar ya que solo consultamos las tablas relacionadas de este predio para poder determinar si cuenta con datos o no, en realidad el trabajo lo hace el diseño de las relaciones.

Además al momento de que un predio no posea datos en la base de datos, este emite un mensaje de error, por no tener datos algunos de este predio. Como se muestra en la figura 28.

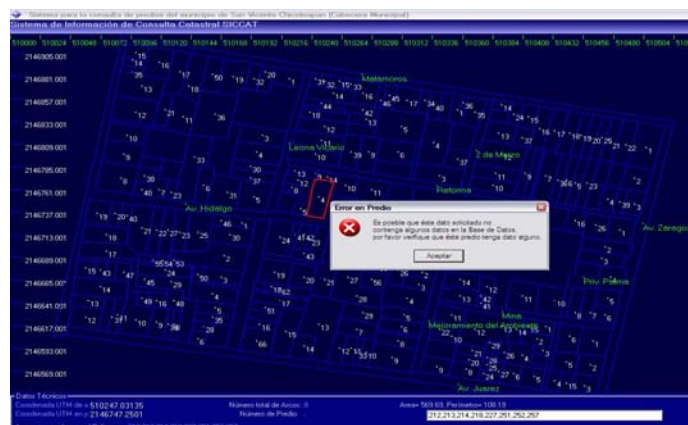


Figura 28.- Error al no poseer datos en la base de datos

Lo mas interesante es al momento de presionar en un predio, este arroja los datos completos del dueño del terreno como los datos independientes del mismo, como se muestra en la figura 29.

Al momento de presionar en alguno de los predios, este determinara si contiene datos o no en la base de datos, de ser aceptado, el único botón que se encuentra en la aplicación, se activara para poder desplegar una pantalla mas, la cual contiene os datos detallados del terreno, como:

- | | |
|--------------------|----------------------------------|
| ✓ Superficie | ✓ Años de antigüedad |
| ✓ Área | ✓ Valor de terreno |
| ✓ Fondo | ✓ Valor catastral |
| ✓ Régimen jurídico | ✓ Valor de la construcción, etc. |
| ✓ Posición | |

Una vez más gracias a las relaciones de las tablas podemos apreciar estos datos, solo lo que corresponde por hacer es solo una consulta directamente a ellos por medios de las claves que se maneja en catastro y que el sistema las tiene ya integradas.



Figura 29.- Detalle de cada predio

Las calles también podrán ser visibles el momento de presionar en una de ellas, y el sistema determinara si es un predio o una calle, como en la figura 30:

Esto sucede gracias a que existe se realiza una consulta muy sencilla a la tabla de calles, donde se localizan las posiciones de cada una de ellas, en el momento de que la base de datos no encuentre el predio, esta va a dirigirse por medio de programación a la siguiente tabla para verificar si es una calle o no, de ser acertada, esta mostrar el nombre de la misma.

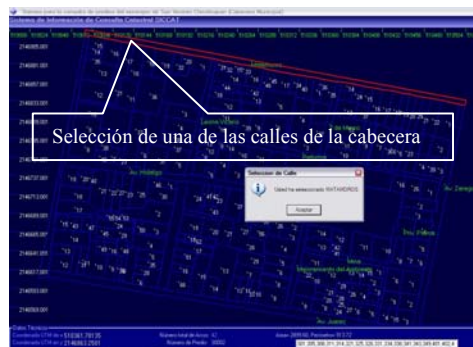


Figura 30.- Selección de calles

Se cuenta también con un pequeño recuadro en la parte inferior derecha en donde se puede colocar la clave catastral del predio que se este buscando, el sistema buscara esa clave en la base de datos y si la localiza, ilumina el predio que corresponda con esa clave, (figura 31).



Figura 31.- Recuadro de búsqueda por clave catastral

Se presenta la pantalla completa con una consulta a un predio en particular, figura 32.



Figura 32.- Ilustración de los datos completos de un predio

IV. DISCUSION

La situación del territorio cambia a un ritmo acelerado, debido al rápido crecimiento de la población. La seguridad de los derechos de la propiedad ya no puede estar garantizada por el sistema tradicional. La integración de los diversos aspectos con los que trabajan las oficinas de Catastro, ya no es la adecuada. No puede proporcionar la información suficiente y confiable sobre la situación legal de una porción de territorio, ni servicios que sean eficientes y rentables.

Aquí se propone un método para la documentación confiable de cada uno de los predios. Este método se ha venido formando en diversos lugares del mundo, donde sea viable el control de la información de cada contribuyente y de cada predio.

El manejo de estos sistemas ha venido revolucionando el manejo de la información catastral, ya que con estos, el tiempo de transformación de información, así como de consultas de la misma es mínimo, además de ser más confiable los resultados obtenidos.

En la actualidad existen varios problemas con los sistemas comerciales de manejo de información catastral, por ejemplo, solo muestran datos y números, en estos sistemas es difícil comprender la basta información que proporcionan estos sistemas, para su manejo se necesitan especialistas que traduzcan esa información, son caros y dependen de software con licencias y constantes actualizaciones capacitación de personal esto se traducen en mayores gastos. El sistema que se propone no presenta estos problemas y además tiene un ciclo de vida indefinido ya que puede crecer de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

El sistema de graficación de los predios hace mas fácil la búsqueda de datos, ya que no se necesita de mucha información técnica para poder adquirir los datos de ese lugar en específico, solo con pulsar en el mapa, se obtendrá toda la información que ese lugar posee, la cual servirá para personal que labore en Catastro.

El diseño del modelo utilizado en este trabajo fue de gran ayuda para la determinación de errores de datos y así poder mostrárselos al usuario que finalmente es quien usara el sistema.

V. CONCLUSIONES

La inconsistencia de los Planos Catastrales y los Datos del Catastro en cuanto a superficies catastrales, alcanza valores imprecisos en cuanto a datos reales se refiere, ya sea a nivel predio como a nivel contribuyente. Esto es aplicable a los límites de la cabecera municipal de este municipio, en el cual se realizo este trabajo.

Se encontraron métodos de accesos a datos de los cuales algunos de ellos no contaban con las soluciones que el sistema exigía para su funcionamiento, se utiliza para este caso el modelo de base de datos relacional, ya que este es el modelo que mas se utiliza para acceder a datos relacionados con otras entidades, en donde se comparte información necesaria para su funcionamiento y ser además una de las formas que evita muchas inconsistencias de datos por su estructura lógica.

Se encontraron varias topologías para el diseño de polígonos que representan los linderos de cada zona predial, de entre ellas se escogió la de Arco-Nodo, ya que esta permite consultar líneas, nodos, zonas vecinales con una cantidad mínima de información, además de ser de las funcionales en el diseño de sistemas geográficos.

Este sistema esta haciendo uso sustancial del crecimiento en el área de la tecnología de la información. Los procedimientos están adaptados a las nuevas posibilidades para fomentar la máxima eficiencia y mantener una fácil interacción con el usuario.

Se abatieron costos y lo más importante se tiene control sobre el sistema y datos. Garantizando independencia tecnológica.

VI. RECOMENDACIONES

Este tipo de sistema es de gran utilidad para la consulta no solo de datos prediales, seria importante considerar información de: áreas verdes, red eléctrica, agua y drenaje. Con el fin de poder planear el desarrollo y planeación de desarrollo de las regiones.

La información que se puede obtener puede servir para identificar áreas de oportunidad en mercadotecnia por lo que seria conveniente implementar módulos para conocer el inventario de lo que posea el territorio.

VII. BIBLIOGRAFIA

Bosques S. j. Escobar M. F. García H. E. Salado G. M. (1994) *Sistemas de Información Geográfica*. Addison-Wesley Iberoamericana. Delaware, EUA.

Cotticia A. y Surace L. (S/f) Ecuaciones de Cotichia-Surace para el paso de geografías a UTM. Bolletino di Geodisia e Science Afin. No 1. <http://recursos.gabrielortiz.com>

Haanen A. L: y Sutherland N. (2002) e-Cadastre - Automation of the New Zealand Survey System. 1 Land Information New Zealand, University of Otago New Zealand Presented at the Joint AURISA and Institution of Surveyors Conference Adelaide, South Australia

Hearn D. y Baker P. (2003). *Gráficas por computadora* Prentice-Hall Hispanoamérica Edición en Español. Sexta edición. Usado como apoyo para la graficación.

Ian Sommerville. (1988) *Sistemas de Información*, España, Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, 2a. Edición.

(ICRESON) Instituto Catastral y Registral del Estado de Sonora (2003). Proyecto de modernización catastral y registral del estado de Sonora. <http://www.icreson.gob.mx/icreson/catastro.htm>

Laurini R. y Thompson D. (1999). *Fundamentals of Spatial information Systems*. Academic Press. London

López R. L.; C. A. Zarate, (s/f) *Sistema de Información para la Gestión Catastral (SIGC)*. Propuesta Técnico – Económica

Microsoft (1999), *Curso de Microsoft Visual Basic Avanzado*. Usado como apoyo a la programación

Motilla Moreno E.(s/f).Proyecto SCI. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica.
<http://www.ipicyt.edu.mx/Catastro/Proyecto.htm>

Ortiz G. (2003). Un Algoritmo Para la Creación de Polígonos a Partir de Estructuras de línea Sin Topología. Mapping Interactivo. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra. No. 89. Octubre Numero Especial.
<http://www.mappinginteractivo.com>

Ramírez F. J. (2001), *Aprenda Visual Basic Practicando*. México: Pearson Educación, Primera Edición. Usado como apoyo para la programación.

Van der Molen P.(2002) Utilización del catastro en Suecia. Presented at the Joint AURISA and Institution of Surveyors Conference Adelaide, South Australia