

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS**

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
POSGRADO EN GEOGRAFÍA**

**PROGRAMA MAESTRÍA PROFESIONAL EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICAS Y TELEDETECCIÓN**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA  
ADMINISTRACIÓN DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL PARA DIFERENTES  
DEPARTAMENTOS DEL MUNICIPIO, UTILIZANDO COMO PLATAFORMA EL MAPA  
DEL CATASTRO MULTIFINALITARIO DEL CANTÓN DE ALAJUELA**

**Trabajo Final de Graduación sometido a la Comisión del Programa de  
Estudios de Posgrado para optar por el grado de Magíster en Sistemas de  
Información Geográfica y Teledetección**

**Postulante: William Solera Morales**

**Campus Omar Dengo, Heredia  
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Montes de Oca**

**Resultado**

**Costa Rica, año 2017**

*Dedicatoria: A Mis Padres Rodrigo y Digna por su apoyo y comprensión siempre en cualquier proyecto que he emprendido para crecer en mi vida profesional y personal por su ejemplo de unión en todas las situaciones que nos enfrenta la vida.*

Agradecimientos primeramente a Dios mi señor Jesús porque de él viene la sabiduría y la fortaleza para avanzar en nuestra vida

Mi amiga la señora Mabel Paniagua Vargas por su apoyo e impulso para animarme en mi lucha por conseguir mi título de maestría y por sus consejos

A mis dos Hermanas Elsie y Patricia Solera Morales por ser siempre un apoyo en todos mis proyectos de mi vida profesional

A mi profesor tutor Msc. Marvin Alfaro Sánchez por guiarme y ayudarme en la elaboración de esta tesis de maestría

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por la Comité de Gestión Interinstitucional del Programa (CI) de Maestría en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección Universidad Nacional y Universidad de Costa Rica (UNA-UCR) como requisito para optar por el grado de Magíster en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección.

---

**Msc. Luis Francisco Rodríguez Soto**

Coordinador del Programa de Maestría en Sistemas de Información Geográfica y  
Teledetección  
Universidad Nacional de Heredia

---

**Dr. Rafael Arce Mesen**

Coordinador del Programa de Maestría en Sistemas de Información Geográfica y  
Teledetección  
Universidad de Costa Rica

---

**Msc. Marvin Alfaro Sánchez**

Profesor responsable

---

**Msc. Marvin Alfaro Sánchez**

Tutor

---

**William Solera Morales**

Sustentante



## RESUMEN

El presente trabajo de tesis consiste en la implantación y diseño de un sistema de información geográfica de la integración de todos los elementos que conforman el acueducto de la municipalidad de Alajuela para administrar y brindar el suministro de agua potable para los ciudadanos del cantón de Alajuela de forma eficiente y en el menor tiempo posible de los lugares y sitios donde se encuentran redes de distribución de tuberías, pozos, tanque y ASADAS (Asociaciones administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales en Costa Rica) del AyA (Instituto de Acueductos y Alcantarillados) y la cobertura del servicio que brinda el Municipio a sus ciudadanos.

# Contenido

# INDICE

CAPITULO 1. INTRODUCCION .....	1
I. TEMA: .....	2
II. OBJETIVO GENERAL.....	2
III. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
IV. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
V. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
CAPITULO 2. MARCO CONCEPTUAL .....	6
2.1 LA MISION.....	6
2.2 LA VISION .....	6
2.3 SERVICIO MUNICIPALES QUE BRINDA A LA COMUNIDAD .....	7
2.4 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE .....	7
2.5 DEPARTAMENTO DE ACUEDUCTO MUNICIPAL DE ALAJUELA.....	8
2.6 IMPORTANCIA DEL ABASTECIMIENTO DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE .....	10
2.6.1 TRANSMISION DEL AGUA.....	11
2.6.2 CAPTACIONES.....	11
2.6.3 MANANTIALES (NACIENTES).....	12
2.6.4 POZOS PERFORADOS .....	12
2.6.5 CONSUMO DE AGUA EN DIVERSAS ACTIVIDADES .....	12
2.6.6 REDES DE DISTRIBUCION .....	13
2.6.7 TUBERIAS SIMPLES .....	14
2.6.8 MATERIALES DE LAS TUBERIAS .....	15
2.6.9 BOMBAS DE AGUA .....	15
2.6.10 TIPOS DE BOMBAS .....	16
2.6.11 ACCESORIOS DE CONTROL.....	17
2.6.12 VALVULAS DE COMPUERTA.....	17
2.6.13 TIPOS DE VALVULAS .....	17
2.6.14 TANQUE DE DISTRIBUCION .....	18
2.7 SOLICITUD DE AGUA POTABLE EN LA MUNICIPALIDAD DE ALAJUELA .....	19
2.8 LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (G.I.S) .....	24
2.8.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA .....	26
2.8.2 LA ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACION ESPACIAL: LA TABLA DE CONTENIDOS DEL MAPA.....	26
2.8.3 BASES DE DATOS .....	28
2.9 LOS SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRAFICAS .....	29
2.10 LOS SISTEMAS DE PROYECCION .....	30
2.11 LA PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM) .....	31
2.12 CONCEPTO GENERAL DEL CATASTRO .....	32
2.12.1 TIPOS DE CATASTRO .....	35
2.12.2 Catastro Urbano .....	35
2.12.3 Catastro Rural .....	35
2.13 SISTEMA DE IDENTIFICACION DE PROPIEDADES .....	35
2.14 LEVANTAMIENTO DE INFORMACION TOPOGRAFICA NECESARIA PARA TODO PROYECTO DE ACUEDUCTOS DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE.....	37

2.14.1 REPRESENTACION DEL RELIEVE .....	38
2.14.2 CURVAS DE NIVEL .....	38
2.14.3 INTERPRETACION DE LAS CURVAS DE NIVEL .....	39
2.14.4 CLASIFICACION DE CURVAS DE NIVEL .....	39
2.14.5 CARACTERISTICAS DE CURVAS DE NIVEL.....	39
2.14.6 PERFILES LONGITUDINAL .....	40
2.15 DEPARTAMENTO DE URBANISMO.....	41
2.16 REGLAMENTO DEL PLAN REGUARDOR DE ALAJUELA .....	42
CAPITULO 3. METODOLOGIA.....	42
3.1 IMÁGENES DE ALGUNOS PROCEDIMIENTOS PARA CONSTRUIR EL SHAPE DEL MAPA DE MEDIDORES EL SISTEMA DEL ACUEDUCTO EN S.I.G .....	61
3.2 METODOLOGÍA DE LOS PASOS A SEGUIR PARA REALIZAR EL SISTEMA DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL (ESQUEMA RESUMEN) .....	85
CAPITULO 4. RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS DATOS DEL SISTEMA INFORMACION GEOGRAFICA DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE ALAJUELA.....	86
CAPITULO 5. CONCLUSION.....	118
5.1 RECOMENDACIONES:.....	118
5.2 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS DE LAS CITAS: .....	120
5.3 ANEXOS.....	122
5.3.1 ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL .....	123
5.3.2 ORGANIGRAMA DE LA MUNICIPALIDAD DE ALAJUELA.....	124

## INDICE DE FIGURAS

<i>Fig1.solicitud del servicio de agua al municipio .....</i>	<i>20</i>
<i>Fig2.identificacion del predio mapa catastral.....</i>	<i>32</i>
<i>Fig3. numero de identificador .....</i>	<i>36</i>
<i>Fig4 analisis de solicitud del servicio de agua en el sistema SIG.....</i>	<i>42</i>
<i>Fig.5 Archivo en formato autocad.dwg.....</i>	<i>44</i>
<i>Fig.6 Archivo agregado al Arcgis y luego convert shp   Fig.7 selecc.export arch.shp.....</i>	<i>45</i>
<i>Fig.8 guardar ruta arch   F9.darle nombre arch   F10. acepta export.....</i>	<i>46</i>
<i>Fig.11 arch.converido dwg a shp.....</i>	<i>46</i>
<i>Fig.12 se define la proyec.sist.coord del archiv shp.....</i>	<i>47</i>
<i>Fig.13 define project   Fig.14 aceptar ok.....</i>	<i>48</i>
<i>Fig.15.Transformacion del sist.Coord.Lambers a CRTM05   Fig.16 aceptar ok.....</i>	<i>48</i>
<i>Fig.17 Proceso de transformacion de coordenadas realizadas.....</i>	<i>49</i>
<i>Fig.18 Transformacion del archivo al sistema CRTM05 en Arcgis archivo garita distrito 13.....</i>	<i>49</i>
<i>Fig.19 agregar arch.excel coord conv shp Fig20. elegir campos x,y Fig.21 elegir proyeccion CRTM05.....</i>	<i>51</i>
<i>Fig.22 se elige campos X y Y .....</i>	<i>52</i>
<i>Fig.23 se forma la nube de puntos ploteados de las nacientes.....</i>	<i>53</i>
<i>Fig.24 se exporta esta nube de puntos para convert en un shp.....</i>	<i>53</i>
<i>Fig.25 se exporta arch   Fig.26 nube puntos convertida en shp.....</i>	<i>54</i>
<i>Fig.27 tabla de puntos   Fig.28 puntos de nacientes del canton.....</i>	<i>55</i>
<i>Fig.29 crea buffers de 200 m proteccion para nacientes Fig.30 parametros entrada crear buffer.....</i>	<i>56</i>
<i>Fig.31 completado proceso buffer ok.....</i>	<i>56</i>
<i>Fig.32 buffer de 200 m de proteccion de las nacientes del canton.....</i>	<i>57</i>
<i>Fig.33relacionar temas tablas con join and relates Fig.34 parametros entrada campos llaves relates.....</i>	<i>59</i>
<i>Fig.35 se eligen los campos para relacionar y luego ok .....</i>	<i>60</i>
<i>Fig.36 relacionar mapa catastral y tabla medidores.....</i>	<i>61</i>
<i>Fig.37 campos llaves para relacionar.....</i>	<i>62</i>
<i>Fig.38 seleccionar todos los registros tabla medidores.....</i>	<i>63</i>

Fig.39 se aprecia predios selecc y visualiz mapa catastral.....	64
Fig.40 predios selecc.mapa catastral(predios) .....	65
Fig.41 se exportan los predios selecc del mapa catastral(predios).....	66
Fig.42 mapa de medidores creada nuevo shp .....	67
Fig.43 crear un geodatabase en arccatalog.....	68
Fig.44 se crea en arccatalog con opcion file geodatabase.....	69
Fig.45 para crear un feature data set en arccatalog Fig.46 para darle nombre data set (medidores).....	70
Fig.47 se elige CRTM05.....	70
Fig.48 tolerancia igual Fig.49 se crea la subcarpeta data set.....	71
Fig.50 Para importar capas geodatabase medidor Fig.51 caja de dialogo seleccionar capa medidores.....	73
Fig.52 para realizar la importacion de tablas.....	74
Fig.53 caja de dialogo para importar la tabla.....	75
Fig.54 Para realizar la relationShip entre capas y tablas.....	76
Fig.55 seleccionar capa predios y tabla fincas Fig.56 se oprime opcion simple y siguiente.....	77
Fig.57 se oprime both y siguiente Fig.58 se oprime de 1 a muchos y siguiente.....	78
Fig.59 se oprime No y siguiente Fig.60 seleccionar campos llaves llamados identificador.....	79
Fig.61 se crea la relationShip y finalizar.....	80
Fig.62 Para establecer varias realtionShip entr capas y tablas para actualizar informacion en sistema .....	80
Fig.63 Para pasar el predio selecc.Del mapa catastral(predios) al mapa medidores con copy y paste.....	81
Fig.64 Para agregar un registro a la tabla de medidores.....	82
Fig.65 se agrega el registro nuevo y se habilitan los campos para introducir informacion nueva.....	83
Fig.66 Esquema de los pasos de la metodologia del sistema de acueducto municipal.....	85
Fig.67 Para abrir la tabla de atributos de medidores.....	92
Fig.68 informacion del contenido de la tabla medidores.....	93
Fig.69 Para realizar consulta tabla atributos medidores Fig.70 selecc.del campo y el atributo consultar.....	93
Fig.71 informacion obtenida del atributo consultado de tabla de medidores de pajas fijas 2145 fincas .....	94
Fig.72 Para visulaizar los predios en el mapa de medidores que contienen paja fija 2145 fincas.....	94
Fig.73 visulaizar los predios seleccionados con paja fija en el mapa de medidores .....	95
Fig.74 Para consultar una finca se abre tabla de fincas .....	96
Fig.75 informacion de la tabla fincas.....	97
Fig.76 Para realizar consulta en selec.by attribute Fig.77 El campo fincas y el atributo numero 098186.....	97
Fig.78 se encuentra numero de finca 098186 Fig.79 se relaciona el mapa catastral (predio) y visualizar.....	98
Fig.80 Con menu principal selection se oprime Zoom to select feature para apreciar el predio en mapa.....	98
Fig.81 se encuentra predio para el estudio de la disponibilidad del agua en sistema SIG del acueducto.....	99
Fig.82 se activa el editor con start editing de la barra de herramientas.....	100
Fig.83 En el menu principal se oprime copy Fig.84 Luego en menu principal se oprime paste.....	101
Fig.85 En caja dialogo elegir mapa medidores.....	101
Fig.86 En caja dialogo con mapa de medidores ok .....	102
Fig.87 Predio marcado esta el mapa medidores.....	102
Fig.88 se oprime tabla de atributos del editor Fig.89 aparece tabla atributos con identificador de predio.....	103
Fig.90 se agrega un registro con click drecho en tabla de medidores y aparece add oprimir.....	104
Fig.91 se activan los campos de la tabla del nuevo registro para introducir informacion .....	104
Fig.92 se llenan los campos activos con informacion del nuevo predio para asignar medidor.....	105
Fig.93 se introduce informacion del predio .....	105
Fig.94 se oprime(i) para ver informacion predio nuevo .....	106
Fig.95 capas de sistema integrado del acueducto municipal imagen SIG1 .....	107
Fig.96 capas de sistema integrado del acueducto municipal imagen SIG2 .....	107
Fig.97 capas de sistema integrado del acueducto municipal imagen SIG3 .....	108
Fig.98 capas de sistema integrado del acueducto municipal imagen SIG4 .....	109
Fig.99 capas de sistema integrado del acueducto municipal imagen SIG5 .....	110
Fig.100 capas del mapa catastral(predios) del canton de Alajuela .....	111
Fig.101 capa del mapa de medidores de la cobertura del canton de Alajuela .....	112
Fig.102 capa de tanques de almacenamiento de agua .....	113
Fig.103 capa de pozos del canton de Alajuela.....	114
Fig.104 capa de distribucion de redes de tuberias del canton de Alajuela.....	115
Fig.105 capa de ASADAS del AyA (instituto de Acueductos y Alcantarillados).....	115

<i>Fig.106 capa de curvas de nivel cada 5 m de elevacion con respecto al nivel del mar .....</i>	<i>116</i>
<i>Fig.107 capa de nacientes y buffers de 200 m de proteccion.....</i>	<i>116</i>
<i>Fig.108 capa de distribucion de tuberias.....</i>	<i>117</i>
<i>Fig.109 capa de anotaciones (descripcion de lugares del canton).....</i>	<i>117</i>

## **CAPITULO1. INTRODUCCION**

El presente trabajo de tesis consiste en el diseño e implementación de un sistema de información geográfica (S.I.G) para el acueducto municipal de la Municipalidad de Alajuela, debido a la forma deficiente en cuanto al manejo de la administración y operación de otorgar el suministro de agua potable al administrado y al desconocimiento de un sistema que integre todas las capas que conforman el acueducto municipal y a la falta de información existente de una herramienta que visualice las redes de distribución de agua, pozos, tanques de almacenamiento, asadas, nacientes, el mapa de catastral(predios), mapa de medidores, áreas de protección en el cantón de Alajuela, y que además facilite la gestión para la disponibilidad del suministro de agua de las solicitudes de la población en un menor tiempo posible para nuevas viviendas y proyectos de desarrollo.

Por lo cual es indispensable un sistema para lograr una mayor eficiencia en los resultados de un análisis de la disponibilidad del agua minimizando el error humano, dando una mejor resultado y mayor eficacia en la utilización de un sistema de información geográfica.

El trabajo requiere de la ubicación de todas las capas de consulta del acueducto municipal ya georreferenciadas en el sistema CRTM05(sistema de referencia de proyección transversa mercator para Costa Rica), además de la creación de una geodatabase llamada medidores en el cual las capas y tablas estarán integradas y relacionadas mediante un campo llave primaria, que permitirá el mantenimiento y actualización de la información gráfica y literal de la base de datos, así como la visualización actual de los predios en el sistema. Con la utilización del sistema SIG del acueducto permitirá tener mayor capacidad para almacenar y gestionar información que ayuden a la toma de decisiones y eliminar en gran parte las deficiencias que ayuden a mejorar la calidad del servicio y la recaudación del cobro y control de suministro de agua potable mediante la colocación de nuevos medidores. Por lo cual el sistema es un instrumento que ayudara también a mejorar la planificación de nueva infraestructura, así como tener el inventario de toda la red de distribución de agua, pozos y tanques y nacientes captadas y no captadas y en un SIG.

### **i. Tema:**

Implementación de un Sistema de Información Geográfica para la Administración del Acueducto Municipal para diferentes departamentos del municipio, utilizando como plataforma el Mapa del Catastro Multifinalitario del Cantón de Alajuela

### **ii. Objetivo General**

Implementar un Sistema de información Geográfica (SIG) en la Municipalidad de Alajuela para mejorar la toma de decisiones de los departamentos que tienen relación con el acueducto, y agilizar el servicio de dotación de agua potable al Administrado.

### **iii. Objetivos Específicos**

- Determinar el flujo que siguen las solicitudes de agua potable que ingresan los administrados en la municipalidad de Alajuela.
- Identificar la información que se necesita para la resolución de nuevas solicitudes de agua potable en la municipalidad de Alajuela.
- Diseñar un proyecto SIG que acelere la resolución de solicitudes de agua potable en la municipalidad de Alajuela
- Identificar los diferentes departamentos de la Municipalidad de Alajuela que harán uso del Sistema de información geográfica para desarrollo dentro de sus actividades.
- Identificar aquellas áreas futuras en el cual el departamento del acueducto municipal debe extender la cobertura el servicio de dotación de agua potable a ciertas comunidades del cantón de Alajuela

### **iv. Planteamiento y formulación del Problema**

El cantón de Alajuela ha crecido desde el año 2000 con una población de 222853 habitantes pasando al año 2015 con una población de 254886 habitantes, en inversión tanto nacional como extranjera lo que ha provocado un aumento en la demanda de agua potable, especialmente para el desarrollo de proyectos de vivienda o de mega bodegas y oficinas de gran importancia en el desarrollo del cantón y con proyectos de vivienda

individual desde el año 2000 con 55445 viviendas pasando al año 2015 con 72031 viviendas, el cual sigue aumentando significativamente.

Paralelo a lo anterior, desde el año 1980 la Municipalidad de Alajuela ha venido creciendo en personal, pasando de 235 funcionarios en ese año a 715 en la actualidad también ha crecido en espacio e infraestructura jerárquica administrativa. (<sup>17</sup>*Brochure manual didáctico cantón central de Alajuela, 2015*)

A consecuencia de lo anterior el departamento del acueducto municipal de Alajuela ha tenido que mejorar en todos los procesos que tienen que ver con el servicio de la dotación del agua potable al contribuyente, ya que cubre más o menos el 40% de los 388.4 km<sup>2</sup> del cantón y dota de agua potable a unos 187500 pobladores de este municipio. Y aunque se han instalado nuevas redes de tubería de conexión de agua potable y construcción de tanques de almacenamiento en diversos puntos del cantón, utilizando como fuente de abastecimiento las nacientes que pertenecen al municipio, y aunque se tienen levantamientos en planos y en formato digital (Dibujo asistido por computadora, CAD) no georreferenciados, referente al abastecimiento del suministro de agua potable de toda la infraestructura del acueducto municipal, que es captada y llevada por medio de tuberías y tanques de almacenamiento de agua a los poblados y comunidades cercanas de los distritos de Alajuela, cuando se ingresa una solicitud de agua potable por parte de un contribuyente o inversionista desarrollador, se inicia un procedimiento lento que muchas veces provoca molestias al administrado, ya que la municipalidad carece de herramientas tecnológicas y logísticas que permitan agilizar estos procesos mediante consultas por número de finca, número plano, identificador o por coordenadas, y de sistemas que desplieguen en forma gráfica toda la información espacial georreferenciada del acueducto municipal, que le dé acceso de forma inmediata a la información necesaria sobre la red del suministro de agua potable, o la ubicación del predio para construir o desarrollar, que le permita a los funcionarios municipales y dar respuesta pronta de rechazo o aprobación a la solicitud del administrado en un mejor plazo de tiempo.

Con este flujo de trabajo es fundamental la coordinación entre el departamento del acueducto municipal y el departamento de catastro para obtener la información tanto literal como gráfica ( mapa con información de los atributos y tablas de fincas y planos con información de los medidores colocados por el departamento del acueducto), que se necesita para la resolución de las nuevas solicitudes de agua potable ya que no existe un



Sistema Información Geográfica (S.I.G) o un proyecto para el acueducto municipal que integre todos estos recursos e información espacial necesaria para determinar la disponibilidad del agua potable para contribuyentes y proyectos de desarrollo que de paso también son de interés para otras coordinaciones del municipio sobre todo del departamento de urbanismo y de la alcaldía, en el desarrollo del cantón, referente a los permisos de construcción, visados municipales, usos de suelo según las disponibilidad de agua que se deben asignar según el número de dotaciones por hectárea de los predios que se desarrollaran en la zonificación de acuerdo al plan regulador de Alajuela.

Por otro lado, no se tiene ubicación geográfica de los medidores en el área de cobertura del cantón, ya que estos se manejan a través de tarjetas referidas a los predios. Como consecuencia de la lentitud de los trámites de solicitudes de agua, el inversionista o contribuyente prefiere invertir sus recursos en otro cantón con mayor agilidad de trámites, con lo cual el municipio se ve afectado por la no captación de nuevos impuestos a través de estos desarrollos.

## **v. Justificación del Problema**

Dado que el problema fundamental para la resolución de solicitudes de agua potable en la municipalidad de Alajuela es el acceso a la información, mediante un proyecto SIG que centralice y disponga mapas y tablas (porque este depende de la distribución de las tuberías existentes, así como de las nacientes, pozos y tanques, mapa catastral y mapa de medidores) para reducir el tiempo de respuesta que permita agilizar la toma de decisiones. También este proyecto permitirá controlar y aumentar la recaudación del cobro del servicio de agua porque visualmente permitirá apreciar la ubicación de predios en el S.I.G que tienen asignado uno o más medidores dentro de la misma finca o parcela y controlar la disponibilidad del agua en estos predios hasta un máximo de 4 medidores por finca según lo establecido por el departamento del acueducto municipal ya que más de esto indicaría que se están realizando construcciones indebidas y sin permiso de construcción, lo cual sería una alerta para el departamento de control constructivo y el departamento de inspectores de control fiscal.

Este sistema permitirá ayudar a personal profesional a realizar una mejor planificación de inversión de recursos económicos en aquellos lugares en el cantón a fin de extender nueva

distribución de tuberías, de pozos y tanques de almacenamiento de agua en puntos estratégicos donde la topografía sea aceptable para llevar a cabo estas obras para realizar la interconexión de estos elementos del acueducto y mejorar el servicio de agua potable para aquellas poblaciones donde escasea el servicio y el desarrollo para nueva infraestructura para inversionistas.

Esta fuente de información le ayudara a otras dependencias del municipio como en el caso del departamento de urbanismo, que al verificar en el sistema de información geográfica del Acueducto Municipal, mediante una consulta o pestaña informativa que la resolución para un determinado proyecto o vivienda en particular, tiene la disponibilidad del agua, por tanto esto contribuirá a que el uso de suelo, el visado municipal y el permiso de construcción sean otorgados según las disposiciones reglamentarias.

Este tipo de sistema de información geográfica permitirá tener la ubicación de todos los predios que tienen asignado al menos un medidor ubicados en el cantón de Alajuela, que se le da el servicio de agua y que permitirá organizar mejor la recaudación de la tarifa de cobro por concepto del servicio de agua, estableciendo cuales contribuyentes se encuentran al día y cuales morosos y que le ayudara al departamento de cobros para realizar mejor su labor para las notificaciones y hacer más efectiva el ingreso de este tributo al municipio. Por otro lado, este sistema ayudará a realizar una planificación cuando se presenten los aumentos de las tarifas del servicio de agua, extrayendo del sistema de información geográfica un número real de contribuyentes, que le permitirá planificar el ingreso y de esta forma cubrir los costos e inversión para nuevas obras correspondiente al Acueducto Municipal. Por lo que aquí se propone el diseño de un sistema de información geográfica para el acueducto municipal, el cual permita dar una respuesta rápida y pronta al administrado para el desarrollo de su propiedad.

De ahí la necesidad de implementar una estructura de datos gráficos y literal de la información que aportara el departamento del acueducto municipal como mapas digitales dibujados en AutoCAD(Dibujo Asistido por computadora) de la distribución de tuberías, pozos y nacientes, tanque almacenamiento de agua los cuales deberán ser georreferenciados y luego pasarlos a formato shape, para ser integrados en el sistema de información geográfica (S.I.G) del acueducto municipal junto el mapa catastral que será aportado por el departamento de Catastro Municipal y que permita que sea fiable, para mejorar las condiciones de potabilidad del agua, para consumo de los habitantes del casco

urbano del municipio y de los demás distritos que cubre el acueducto y que servirá para la toma de decisiones en materia de inversión y planificación para el mejoramiento de todos los servicios de manera más rápida y eficiente en respuesta a todos los contribuyentes. Este proyecto es conveniente en el departamento del acueducto ya que se puede planificar con anticipación, en una determinada región la cantidad del número de habitantes que solicitaran el servicio de dotación de agua y el caudal (m<sup>3</sup>/seg) necesarios, para realizar las bifurcaciones de tuberías en la red de distribución para llevar el suministro, así como la fuente de abastecimiento de la Naciente más cercana del lugar que suplirá el agua, realizando la inversión financiera necesaria a estos diversos proyectos de vivienda y desarrollo de urbanizaciones y condominios en el lugar.

## **CAPITULO 2. MARCO CONCEPTUAL**

La Municipalidad de Alajuela es una persona jurídica estatal con patrimonio propio personalidad y capacidad jurídica plena para ejecutar todo tipo de actos y contratos necesarios. El gobierno local municipal está compuesto por un cuerpo deliberativo denominado Concejo Municipal integrado por los regidores y síndicos que determina la ley, además, por un Alcalde y sus respectivas suplencias. La estructura administrativa está compuesta por departamentos, jefaturas y funcionarios municipales. (<sup>17</sup>*Brochure manual didáctico cantón central de Alajuela,2015*)

### **2.1 LA MISION**

Garantizar el bienestar de los y las alajuelenses mediante una sana administración de los recursos, que permitan brindar servicios y obras locales de calidad que den un verdadero desarrollo integral del cantón en armonía con el medio ambiente. (<sup>17</sup>*Brochure manual didáctico cantón central de Alajuela,2015*)

### **2.2 LA VISION**

Ser una institución líder, moderna, con un perfil empresarial innovador y participativo, cimentada en un recurso humano altamente comprometido con los y más altos niveles de rendimiento y competitividad que satisfaga las expectativas ciudadanas de los y las alajuelenses. (<sup>17</sup>*Brochure manual didáctico cantón central de Alajuela,2015*)

### **2.3 SERVICIO MUNICIPALES QUE BRINDA A LA COMUNIDAD**

1. Agua Potable
2. Recolección de basura
3. Patentes comerciales
4. Permisos de construcción
5. Aseo de vías y sitios públicos
6. Permiso para espectáculos públicos
7. Estacionamiento y terminales
8. Alcantarillado pluvial
9. Alcantarillado sanitario
10. Infraestructura
11. Mercado, plaza y ferias
12. Actividad educativas, culturales y deportivas
13. Mantenimiento de parques y obras de ornato
14. Edificios públicos
15. Seguridad ciudadana
16. Protección del medio ambiente
17. Atención de emergencias
18. Construcción y mantenimiento de aceras
19. Construcción y mantenimiento periódico y rutinario de la red vial cantonal
20. Becas
21. Bibliotecas virtuales
22. Oficina de la mujer
23. Polideportivo Monserrat
24. Vivienda
25. Educación

*(<sup>17</sup> Brochure manual didáctico cantón central de Alajuela, 2015)*

### **2.4 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE**

El suministro de agua potable consta de fuentes y obras de captación, almacenamiento y distribución y deben ser básicamente permanentes y suficientes pudiendo ser superficiales o subterráneas suministrando el agua por gravedad o bien por bombeo. Las captaciones de agua deben de fuentes superficiales sean ríos, lagos, pozos, nacientes llevarán obras de captación por tuberías adaptadas a las condiciones imperantes de esas masas de agua,

estas deberán ser conducidas al sitio de consumo por lo cual se requieren las líneas de conducción y bombeo y por canales abiertos dependiendo de la topografía de la zona. Para satisfacer la demanda por día se requerirá de tanques de almacenamiento que compensen los excesos de consumo con el almacenamiento de agua sobrante durante el periodo de bajo consumo. (<sup>18</sup>*rivas mijares, 1980*)

## **2.5 DEPARTAMENTO DE ACUEDUCTO MUNICIPAL DE ALAJUELA**

Este departamento tiene como objeto establecer el marco legal para regular la organización y el funcionamiento del acueducto municipal de Alajuela, en cuanto a la administración, prestación, registro, facturación y cobro del servicio de agua potable que brinda la Municipalidad de Alajuela, y para establecer los derechos y obligaciones de los abonados y usuarios de ese servicio (administrados). Señalar algunos aspectos y defunciones de este acueducto:

(<sup>19</sup>*Reglamento para la Operación y Administración del Acueducto de la Municipalidad de Alajuela, 2013*)

**Acueducto:** Sistema o conjunto de acoples que permite transportar el agua en flujo continuo desde la fuente natural hasta el punto de consumo.

**Agua potable:** La que reúne las características físicas, químicas y bacteriológicas que la hacen apta para el consumo humano, según los patrones de potabilidad vigentes en el país.

**Abonado:** La persona física o jurídica propietaria o poseedora de la finca a la que se presta el servicio de agua potable o a cuyo nombre se haya autorizado la prestación del servicio de agua potable.

**Consumo promedio mensual:** Aquel que resulte del promedio simple de los consumos registrados durante un período de cuatro meses.

**Derecho de conexión:** Suma de dinero o tarifa que se debe pagar a la Municipalidad de previo a obtener el servicio de agua potable por primera vez.

**Derecho de reconexión:** Suma de dinero o tarifa que se debe pagar a la Municipalidad de previo a obtener nuevamente el servicio de agua potable que fue suspendido por causas atribuibles al abonado o usuario

**Disponibilidad:** Disposición técnica y de infraestructura del acueducto para poder asumir la prestación del servicio de agua potable en términos de calidad y cantidad adecuados, en una determinada zona o predio.

**Finca o lote:** Terreno, con o sin su respectiva edificación, debidamente individualizado en el Registro Inmobiliario.

**Fuente pública:** Lugar de abastecimiento gratuito de agua potable ubicado en una zona pública.

**Funcionario municipal:** Persona física, en propiedad o interina, que presta sus servicios materiales e intelectuales o de ambos géneros, a la Municipalidad a nombre y por cuenta de ésta y en virtud de un acto válido y de eficaz investidura.

**Hidrómetro o medidor:** Dispositivo o aparato de medición que se utiliza para registrar el consumo de agua potable por parte de un abonado o usuario.

**Individualización del servicio:** Procedimiento utilizado por la Municipalidad para separar el servicio de agua potable de cada una de las edificaciones que se abastezcan de un mismo servicio.

**Instalaciones internas:** Sistema de tuberías y accesorios para la distribución de agua potable dentro de un edificio o inmueble.

**Municipalidad:** La Municipalidad del Cantón Central de Alajuela.

**Paja de agua:** La tubería y los accesorios existentes entre la red de distribución del acueducto y el límite de la propiedad con la vía pública.

*(<sup>19</sup> Reglamento para la Operación y Administración del Acueducto de la Municipalidad de Alajuela, 2013)*

**Prevista:** La tubería y accesorios entre la tubería principal de distribución y el límite de la propiedad con la vía pública, que se deja instalada para una futura conexión del servicio.

**Propietario:** Toda persona que demuestre mediante escritura pública o título legítimo de posesión, ser la propietaria o poseedora legítima del inmueble.

**Poseedor de bienes inmuebles:** Persona con título inscribible o no inscribible en el Registro Inmobiliario, con más de 1 año.

**Ramal:** Porción nueva de tubería que deba instalarse para aumentar la longitud de la red de distribución del acueducto, que se hace necesaria para extender el servicio a una determinada zona o finca.

**Servicio de acueducto:** Suministro de agua potable que es prestado por la Municipalidad al abonado o usuario.

**Sistema:** Conjunto de instalaciones que conforman la infraestructura necesaria para prestar el servicio de agua potable en una determinada zona. Comprende las obras de captación, almacenamiento, desinfección, así como las redes de conducción y distribución de agua.

**Suspensión del servicio:** Privación temporal del servicio de agua potable.

**Tarifa:** Monto de dinero que deberá pagar cada abonado o usuario, como contraprestación por el servicio de agua potable que brinda la Municipalidad.

**Unidad de consumo:** Cada una de las unidades de vivienda, comercio o industria que demanden servicio de agua potable.

**Uso del agua:** Es el destino principal el que el abonado o usuario, utilizará el agua potable brindado por la Municipalidad y podrá ser domiciliaria, ordinaria, reproductiva, preferencial o de gobierno.

**Usuario:** La persona física o jurídica que utiliza los servicios de agua, esté o no registrada como abonado de dicho servicio.

**Zona:** Área de terreno servida por un sistema independiente de acueducto.

*(<sup>19</sup> Reglamento para la Operación y Administración del Acueducto de la Municipalidad de Alajuela, 2013)*

Las solicitudes del abastecimiento del agua potable al administrado deberán ser llenadas debidamente con los requisitos necesarios para ser revisados por los funcionarios encargados según sea del tipo. residencial, industria, comercial, bomberos. En el cual el administrado debe aportar el informe registral del número de finca y el número de plano de Catastro.

*(<sup>19</sup> Reglamento para la Operación y Administración del Acueducto de la Municipalidad de Alajuela, 2013)*

## 2.6 IMPORTANCIA DEL ABASTECIMIENTO DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

Un sistema de abastecimiento de agua consta esencialmente, fuentes de agua, tanques, una red de distribución compuesta por tuberías que conectan las diversas partes del sistema del acueducto, así como también los procesos intermedios o requeridos para la potabilización del agua. Por estas razones es necesario, dependiendo de la calidad del agua, que se estén utilizando, que sean fuentes de abastecimiento permanentes, tanto superficiales como subterráneas, suficientes todo el año de caudal sensiblemente fijo o variable muy limpias, poco contaminadas o muy contaminadas, esto es fundamental hablando de aspectos físico-químico.

*(<sup>8</sup> Cordero Rodríguez Víctor, 2010)*

Entre los sistemas de explotación de agua potable para captación de fuentes tenemos a) zonas de topografía quebrada, lo cual implica obras de cierta consideración b) desarrollo de manantiales o nacientes y su captación propiamente dicha c) explotación de los mantos subterráneos sea por medio de campo de pozos de bombeo del cual sale normalmente el

agua en condiciones cercanas a la potabilidad, la cual requerirá únicamente de un tratamiento menor de desinfección a base de cloración.

*(<sup>8</sup>Cordero Rodríguez Víctor, 2010)*

### **2.6.1 TRANSMISION DEL AGUA**

El agua puede transportarse en conductos abiertos o cerrados y puede llevarse por gravedad o presión dependiendo de la energía disponible requerida. Las consideraciones preliminares al seleccionar los conductos y ruta van a ser influenciados por la topografía, las presiones de trabajo, la geología de la zona y los materiales en las tuberías emplear. (

*<sup>8</sup>Cordero Rodríguez, Víctor, 2010)*

Las líneas de gradientes hidráulicos podría definirse mediante los meniscos de tubos piezométricos insertados a lo largo del conducto mismo, conforme este sigue la superficie del suelo por encima de las colinas o descendiente los valles y bajo las montañas, esta línea de gradiente , se separa de la tubería mismo, dependiendo de la energía potencial relativa, del caudal que se pasa a través de la tubería de un diámetro dado y la rugosidad interior del tubo, lo cual produce una perdida por fricción y turbulencia.

*(<sup>8</sup>Cordero Rodríguez Víctor, 2010)*

En términos generales, el agua para suministro se transporta de lugar a lugar, más frecuentemente a presión o bajo presión, mientras que el flujo en los sistemas de agua residuales a otros sistemas de drenaje es frecuentemente flujo libre por gravedad o pueden transportarse por bombeo. (*<sup>8</sup>Cordero Rodríguez Víctor, 2010)*

### **2.6.2 CAPTACIONES**

Los manantiales normalmente se aprovechan, captando el flujo natural de un acuífero. Estos pueden aflorar de diversas maneras, por tanto, las formas de dichas captaciones varían, su composición de filtros y la estructura apropiada. Algunos manantiales rinden menos de 3.78 Lpm, sin embargo, otros producen más de 2000 Lpm,, unos son permanentes y otros periódicos o intermitentes.

*(<sup>8</sup>Cordero Rodríguez Víctor, 2010)*



### **2.6.3 MANANTIALES (NACIENTES)**

Un manantial es un afloramiento superficial de agua subterránea, el cual puede ser por gravedad pasando a través de una capa superficial permeable, o bien puede ser un manantial artesiano si el estrato permeable se halla confinado entre dos estratos impermeables y se encuentra a presión debido a la cota piezométrica del depósito del agua. (<sup>9</sup> *Alfredo López Ricardo, 2000*)

Los manantiales artesianos son por lo general perennes y no dependen de la época del año, mientras que los manantiales por gravedad suelen ser periódicos y relacionados con la época del año. Los manantiales están sujetos a la contaminación superficial del agua, por lo que se les debe dar una protección adecuada, por otra parte, no deben instalarse pozos de tanque sépticos o letrinas en cercanías del afloramiento. (<sup>9</sup> *Alfredo López Ricardo, 2000*)

El acueducto municipal está constituido por la captación de nacientes dentro del cantón de Alajuela de los cuales tenemos (Los Herrera, Las Animas, chiquita 1, María Ester, Wenceslao, Domingas, Bolívar, Carbonal, Burrios, La Chayotera, Calle Vargas, Quirós, Laguito Phillips, Rhormosert, Caimito, Rio Segundo, León Cortes), que dan el abastecimiento del suministro de agua potable a la población del Cantón de Alajuela.

### **2.6.4 POZOS PERFORADOS**

Los pozos perforados se construyen mediante los equipos de tipo rotatorio hidráulico y herramientas de percusión, el rotatorio es el más rápido en las formaciones sedimentarias, se lleva a cabo haciendo girar herramientas que cortan, quiebran, muelen y raspan la formación en roca, el de percusión es preferible en la perforación de roca en cavernas. (<sup>8</sup> *Cordero Rodríguez Víctor, 2010*)

### **2.6.5 CONSUMO DE AGUA EN DIVERSAS ACTIVIDADES**

Se entiende por consumo de agua, la utilizada por un grupo cualquiera de personas radicado en un lugar, este consumo está en proporción directa con el número de sus habitantes en proporción al mayor o menor desarrollo de sus actividades comerciales, industriales y al modus vivendi, el consumo promedio por persona para una población de 7500 habitantes es de 280 (litros/día). Estos consumos están influenciados por factores climatológicos y sociales, para un número fijo de habitantes y condiciones económicas,

sanitarias y ecológicas que tengan los habitantes de la comunidad. Dentro de los consumos tenemos: a) agua para consumo doméstico b) aguas para consumo Industrial c) agua para consumo comercial d) agua para incendios

(<sup>8</sup>Cordero Rodríguez Víctor, 2010)

- a) **consumo doméstico:** incluye los consumos requeridos por casas de habitación y hoteles y varía con respecto al consumo de sus habitantes, el grado sanitario y las condiciones de suministro de presiones y calidad del agua y su dotación(m<sup>3</sup>/seg).
- b) **consumo industrial:** este consumo comprende el agua suministrada para comercios e industrias en los procesos industriales, así como las fuentes de abastecimiento, de nacientes, pozos, tanques y priva muchas veces las condiciones químicas del agua.
- c) **consumo comercia y público:** se calcula con base al área de uso público este consumo comprende edificios públicos, escuelas, colegios, viviendas habitación, riego de parques, áreas recreativas y lavado de calles.
- d) **consumo para incendios(Bomberos):** Este sistema de abastecimiento de agua es estudiada y requiere condiciones espaciales, debe preverse y tener almacenado conjuntamente con el volumen para suplir la variación horaria de consumo y la demanda para combatir incendios con agua proveniente del sistema.

(<sup>8</sup>Cordero Rodríguez Víctor, 2010)

#### 2.6.6 REDES DE DISTRIBUCION

Es el conjunto de tuberías cuya función es la de suministrar el agua potable a los consumidores de la localidad, la unión entre el tanque de almacenamiento y la red de distribución se hace mediante una tubería denominada " Línea matriz" la cual conduce el agua al punto o puntos de entrada a la red de distribución. Su diseño depende de las condiciones de operación de la red de distribución tales como el trazado, el caudal y las presiones del servicio, la red de tuberías está conformada por tuberías principales y de relleno(servicio). La red de tuberías principales es la encargada de distribuir el agua en las

diferentes zonas de la población mientras que las tuberías de relleno (servicio) son las encargadas de hacer las conexiones domiciliarias. El diseño o cálculo de la red de distribución se hace sobre la red principal y en la red de relleno no se fija de acuerdo a las normas pertinentes por lo general la tubería es de 2" a 3" pulgadas. (<sup>9</sup> *Alfredo López, Ricardo, 2000*)

El diseño o cálculo de la red de distribución se hace sobre la red principal, estas redes de tuberías van dentro de las redes de las calles de una ciudad, barrio, pueblo para satisfacer el abastecimiento de agua, además de las tuberías existen otros accesorios tales como válvulas de control y alivio, válvulas de incendio, válvulas de purga, hidrantes, cruces, codos, té, reductores y tapones. Dentro de los materiales más comunes para tubería y accesorios tenemos asbesto-cemento o PVC y su diámetro depende de las casas fabricante. (<sup>9</sup> *Alfredo López, Ricardo, 2000*)

#### **2.6.7 TUBERIAS SIMPLES**

La Tubería por lo general son canales en conductos cerrados que están destinados a la conducción del agua desde la fuente(naciente), planta, pozo, o tanque de almacenamiento hasta la ciudad y la distribución dentro de estas con diámetros mayores que es la tubería principal y las de tubería de servicio aquellas que parten de la tubería principal y llegan al medidor de la casa, local, edificio por lo general con diámetros menores. (<sup>20</sup> *López Muñoz Manuel, 1978*)

Tiene un diámetro constante y está hecha de un solo material a lo largo de su longitud, la energía que mueve el fluido dentro de ella puede ser de tipo gravitacional (un embalse o tanque de entrada) o mecánica (Bomba). La tubería puede ser considerada como simple, bomba debe estar localizada en uno de los extremos. La tubería simple puede tener cualquier tipo de accesorios que produzcan pérdidas menores incluyendo válvulas para el control del caudal lo cual es importante saber el diámetro para permitir el paso del caudal demandado. Por lo general es necesario saber el tipo de material, lo que implica que se conozca la rugosidad absoluta de la tubería y su longitud debe estar expresada en metros, necesario en el sitio del proyecto con el fin de escoger la mejor alternativa. (<sup>10</sup> *Saldarriaga V Juan G., 1998*)

### 2.6.8 MATERIALES DE LAS TUBERIAS

La profundidad de zanjas generalmente es de 0.60 m a 0.90 m, hace que los tubos en ella tendidos, se encuentren seguros en cuanto a los extremos del calor y frio o bien del daño mecánico ordinario. Se hace necesario una mayor profundización en las calles o carreteras abiertas a vehículos pesados recomendándose 1.50 m. los materiales de tuberías están basadas en las siguientes consideraciones: 1) capacidad de transporte del tubo con un coeficiente de fricción C de Hazen-William como la rugosidad absoluta de la tubería 2) La resistencia del tubo medida por su capacidad de soportar la presión interna 3) resistencia a la corrosión del tubo de hierro colado o acero 4) resistencia de los concretos y asbesto cemento a la erosión y desintegración ) facilidad de tendido del tubo bajo diferentes condiciones de topografía 5) La disponibilidad de la mano de obra en la instalación de tuberías 6) Que los materiales con que fue fabricado presente la garantía del producto. ( *<sup>8</sup>Cordero Rodríguez Víctor, 2010*)

### 2.6.9 BOMBAS DE AGUA

**BOMBA:** Es una maquina hidráulica capaz de transformar energía, absorbiendo un tipo de energía y restituyéndolo en otra forma de energía, para crear velocidades que se aplican al flujo que posteriormente se convierten en presión.

Las bombas de agua para bombero en los sistemas de agua sirven para los siguientes propósitos:

En el sistema de abastecimiento de agua:

- a) Elevando el agua desde su fuente (superficial o subterránea), ya sea en forma inmediata a la comunidad, a través de instalaciones de gran elevación o después de elevaciones pequeñas a las plantas de purificación
- b) Elevando el agua desde las áreas de servicio bajo a las de servicio alto, a servicios separados o de incendios y a los pisos superiores de los edificios de plantas múltiples.

- c) Transportando agua de las pantas de tratamiento, drenando los tanques de componentes de sedimentación y otras unidades de tratamiento desalojando solidos depositados, alimentando agua al equipo de operación t bombeando soluciones de compuestos químicos a las unidades de tratamiento.

*(<sup>11</sup> Fair Geyer y Okun, 1980)*

#### 2.6.10 TIPOS DE BOMBAS

1)**Bombas Rotativas:** Bombas rotativas equipadas con dos o más rotores (variando en forma desde los lóbulos hasta las de engranaje) frecuentemente empleadas como pequeñas bombas para incendio, este elemento conectado con el motor de la bomba gira con respecto al eje del mismo. que orienta el flujo del rotor e imparte la energía cinética al flujo.

2)**Bombas de ariete hidráulico:** utilizando el impulsor de masas grandes de agua, a baja presión, para impeler masas mucho menores de agua a través del tubo de suministro, a elevaciones superiores, en sincronización con las ondas de presión y secuencias inducidas por el ariete hidráulico.

3)**Bombas a chorro o eyectores a chorro:** usados en pozos y operadores de desagüe, introduciendo un chorro de aire a alta velocidad a una sección contracta del tubo.

4)**Bombas de elevadores neumáticos:** En los que la burbuja de aire desprendidas por un tubo dirigido hacia arriba, elevan el agua desde un pozo o fosa a través de un tubo eductor.

5)**Bombas centrifugas o de hélice:** La mayor parte de las bombas agua se usan bombas centrifugas o de hélice, estas operan normalmente mediante motores eléctricos y también con frecuencia con máquinas de combustión interna o turbinas hidráulicas llamadas roto dinámicas para la elevación y conducción de agua atreves de la tubería, el elemento transmisor de energía se llama Rodete, transmite la energía mecánica suministrada por un motor al fluido en forma de energía cinética.

*(<sup>11</sup> Fair Geyer y Okun, 1980)*

### 2.6.11 ACCESORIOS DE CONTROL

Se entiende como accesorios de control aquellos dispositivos que se colocan en la red de distribución del acueducto con el fin de controlar el paso de agua. La existencia de estos elementos hace posible la suspensión o regulación del flujo de los diversos sectores del acueducto, de acuerdo con las necesidades de operación, así mismo facilita los trabajos tales como derivación de nuevas líneas, empates de tubería existente y reparación de daños (codos, 90°, codos 45°, tés, tubos, llave de paso, adaptadores, uniones, tapones, abrazaderas, etc.).

*(<sup>20</sup> López Muñoz Manuel, 1978)*

### 2.6.12 VALVULAS DE COMPUERTA

La válvula es un dispositivo que tiene la capacidad de controlar y cortar totalmente el flujo de agua a través de una tubería de agua potable que trabaja a presión. La presión es una fuerza que ejerce el agua en toda el área constituida por la pared interna de la tubería, y este caudal o volumen del líquido que atraviesa una determinada sección en una unidad de tiempo se expresa en lts/seg, m<sup>3</sup>/seg, lts/hora, etc. (*<sup>20</sup> López Muñoz Manuel, 1978*)

Es la más común dentro de las redes del acueducto, ya que tiene un funcionamiento seguro, maniobra de apertura y cierre lento, lo que evita el golpe de ariete y es de fácil reparación en el sitio donde está instalada, sin necesidad de ser desconectada de la tubería. (*<sup>20</sup> López Muñoz Manuel, 1978*)

### 2.6.13 TIPOS DE VALVULAS

a) **Válvula de vástago fijo:** Es cuando se hace girar la manivela de la válvula se utilizan en estaciones de bombeo y plantas de tratamiento y en los sistemas de distribución del acueducto, el vástago no debe sobrepasar la superficie de rodamiento y debe mantenerse fijo. (*<sup>20</sup> López Muñoz Manuel, 1978*)

b) **Válvula de globo:** Estas válvulas consisten en un disco que sube o baja mediante la acción de la rueda o volante, al igual que de la compuerta, el vástago debe ser deslizante o fijo, el agua debe pasar de una cámara a otra chocando con las paredes que conforman el asiento del cuerpo y generándose así grandes pérdidas y alta turbulencia. Este tipo de

válvula se utiliza como reguladora de presión, manteniendo el disco en la posición intermedia entre el cierre y apertura total, de acuerdo a la necesidad de operación. *(<sup>20</sup> López Muñoz Manuel,1978)*

c) **Válvulas de retención:** Este tipo de válvula consiste en un disco o compuerta que pende libremente de un eje de giro o tornillo de columpio, en el extremo superior del disco, de tal manera que al pasar el agua levanta el disco y se abre similarmente a un columpio por lo general se les llama válvulas Check y están diseñadas y construidas para dar un flujo a plena capacidad y acción instantánea de retención por lo que reduce al mínimo la turbulencia. *(<sup>20</sup> López Muñoz Manuel,1978)*

d) **Válvulas de mariposa:** Este tipo de válvula consiste en un disco o compuerta circular que es sujetado por un eje colocado transversalmente, en forma horizontal o vertical respecto al flujo del agua. Este eje está conectado a un sistema de operación que lo hace girar conjuntamente con el disco para permitir o no el paso de agua que puede operar en forma manual o motor. *(<sup>20</sup> López Muñoz Manuel,1978)*

e) **Válvula con By-Pass:** Este tipo de válvula lo que realiza es un desvío del flujo de agua desde un lado de la compuerta hasta el otro lado mediante una tubería con un diámetro mucho menor que el de la tubería principal y para controlar este by-pass se coloca una válvula auxiliar de compensación por lo general de compuerta para disminuir la presión. *(<sup>20</sup> López Muñoz Manuel,1978)*

f) **Válvula de pistón:** El flujo de agua se control mediante un embolo o pistón, el cual está totalmente unido a los anillos de cierre, garantizando una total estanqueidad, y por tanto disminuyendo las pérdidas de carga y la turbulencia. *(<sup>20</sup> López Muñoz Manuel,1978)*

#### 2.6.14 TANQUE DE DISTRIBUCION

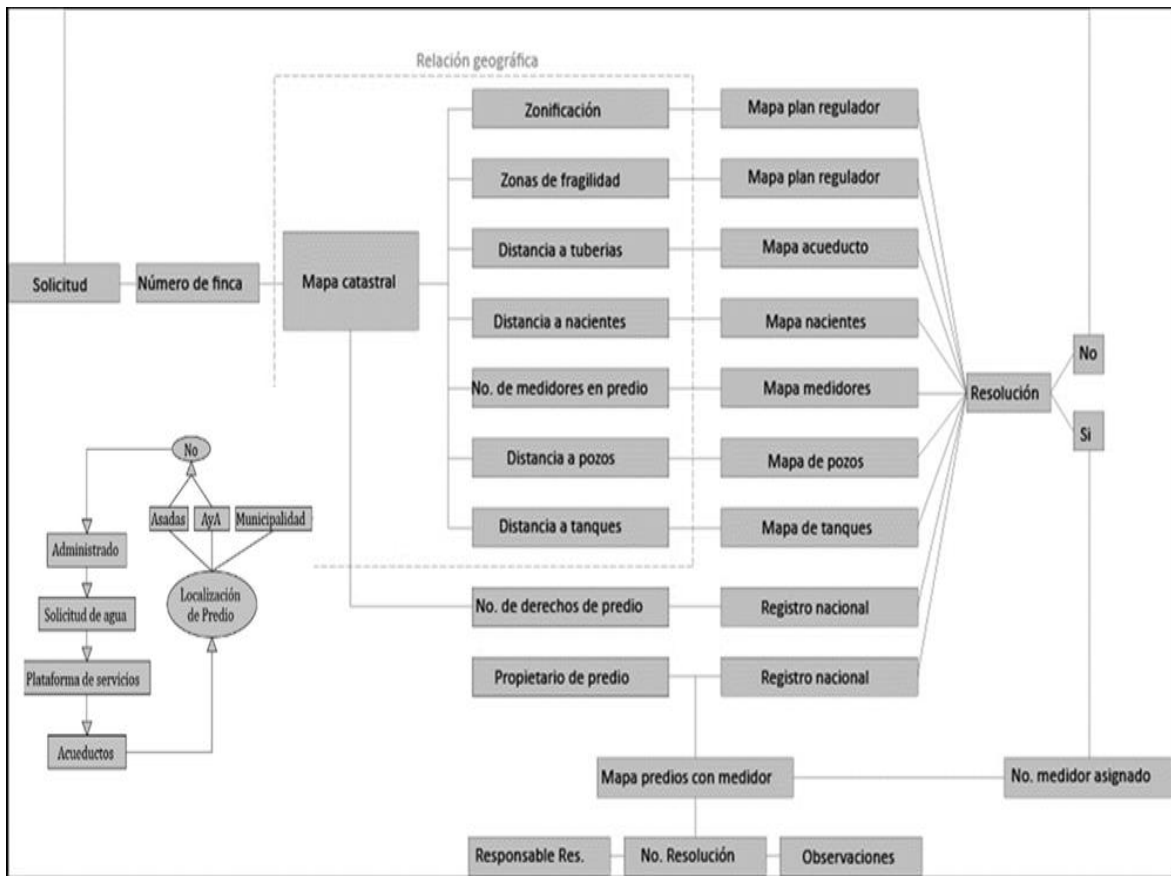
Los tanques de distribución almacenan el agua necesaria para complementar las necesidades horarias que se manifiestan en la red de distribución, y con ello se evitara el diseño de mayores diámetros de tubería de conducción, utilizando las fuentes de producción para la dotación de agua por habitante de 250 l/día por persona, para suplir sus

necesidades. Estos tanques se pueden construir en concreto convencional, mampostería, concreto pretensado y en acero o metal que ocupa el primer lugar. (<sup>9</sup> *Alfredo López Ricardo, 2000*)

## **2.7 SOLICITUD DE AGUA POTABLE EN LA MUNICIPALIDAD DE ALAJUELA**

El departamento del servicio al cliente de la Municipalidad de Alajuela tiene como prioridad recibir todos los tramites que los administrados soliciten para resolver sus necesidades y debe enviarlos a los diferentes departamentos para dar respuesta en el menor tiempo posible. En el caso de la solicitud de un servicio del suministro de agua potable, el administrado debe presentar la solicitud debidamente llena y con los requisitos correspondientes para su servicio, en este caso el número de finca, numero de plano, cedula física o jurídica, su dirección y teléfono para su atención. El departamento de servicio al cliente envía el trámite del administrado al acueducto municipal, donde el funcionario encargado de resolver la solicitud de servicio de agua potable, realiza la localización del predio en el sistema de información geográfica en el shape del Mapa Catastra(predios)l y verifica mediante esta ubicación a cual entidad le corresponda darle el suministro de agua potable: si la ASADA del lugar, según el distrito que tiene una concesión dada por Acueductos y Alcantarillados(AyA) que brinda este servicio público en el propio distrito. En caso de que sea el propio Acueductos y Alcantarillados (AyA) que tiene a cargo este suministro, seria esta institución quien daría el servicio de agua potable. Por lo cual el funcionario rechaza la solicitud, es un NO la envía nuevamente al departamento del servicio al cliente para que solicite la disponibilidad de este servicio en las entidades mencionadas. (Figura No. 1)





**Fig.1 solicitud del servicio de agua al municipio**

En el caso de que la solicitud del administrado sea la municipalidad quien deba darle el suministro, esta será revisada en el sistema del acueducto municipal del Sistema de Información Geográfica (S.I.G), en el cual se deberá ingresar al sistema el número de finca del predio a buscar en el Mapa Catastra (predios), una vez localizado se deben activar las capas del plan regulador 2004 que contiene las zonas de fragilidad de zonas de protección para verificar distancia a nacientes, distancia de distribución de tubería, capa de nacientes, capa de tuberías capa de pozos, capa de tanques de almacenamiento, ASADAS y que el predio en cuestión no afecta a ninguna zona de protección, ni se encuentra en zonas peligrosa por alta topografía, ni el predio este dentro de la zona de protección de la nacientes de 200 m de radio de protección en el que no se debe construir, si este predio encuentra en un cien por ciento (100%) dentro de esta zona no se dará la disponibilidad del agua potable . En el caso si la finca se encuentre afectada o restringida solo en una parte del predio, se hará la advertencia del caso mediante una observación, que no debe construirse en la zona afectada de protección de la naciente que toca el predio y deberá

delimitar esta zona en el campo, para que el acueducto haga la respectiva inspección para su verificación y de esta forma poder obtener la disponibilidad de agua. En el caso de que el predio se encuentre libre de todas estas afectaciones y no afecte zonas de protección de naciente, ni en zona de fragilidad por topografía quebrada y peligrosas y el predio se encuentre cerca del sistema de distribución de tubería de la municipalidad y nacientes que provea el servicio de agua y legamente esté inscrita en el registro de propiedades, no tendrá ningún problema en la solicitud de aprobación del suministro de agua potable.

Realizado el paso anterior se verificará en el Registro Nacional de Propiedades que la finca se encuentra legalmente inscrita y si está en dominio propio del dueño o sea finca completa. O en caso contrario si esta finca está en derechos o sea son varios copropietarios y a cada uno le corresponde un porcentaje de la finca. En caso de esta solicitud, el departamento del acueducto le solicita al administrado que debe de tener la aprobación mediante firma y numero de cedula y una carta de aprobación del resto de los dueños para darle tramite al servicio de agua potable. Hemos de aclarar también que el departamento del acueducto municipal está condicionado a un máximo de 4 pajas de agua que se debe brindar para cada predio y en caso de que este número exceda y se halla brindado el servicio de agua y el predio en cuestión tenga los 4 medidores del servicio de agua aprobados, esta solicitud será rechazada.

Para verificar si la finca en estudio no tiene más de 4 medidores, se debe consultar en la capa shape del mapa de medidores del sistema de información geográfica (S.I.G) y cuya información de tablas de medidores fue brindada por el departamento del acueducto municipal para su creación y control en el S.I.G, y donde esta capa de mapa de medidores se encuentra relacionada con la tabla de los números de fincas, con los números de medidores correspondientes a cada finca, de las disponibilidades de agua que la Municipalidad de Alajuela, mediante el acueducto municipal ha aprobado en años anteriores. En esta capa podemos consultar si una finca en estudio tiene más de 4 medidores, se verificará y de comprobarse se rechaza la solicitud, en caso contrario se hace el análisis anteriormente mencionado.

Analizado los pasos anteriores en caso de ser rechazado con un NO la solicitud de disponibilidad de agua potable, esta se enviará al servicio al cliente mediante una

resolución de rechazo, indicando las situaciones y aclaraciones al respecto. En caso de un SI, en el cual se aprueba la disponibilidad de agua se le asignara un numero de medidor a la finca del administrado.

Este proyecto consiste es el diseño de un sistema de información geográfica, que se quiere implementar, para el departamento del Acueducto Municipal de Alajuela para la toma de decisiones referente a la dotación del servicio de agua que cubre el Municipio en diferentes distritos del cantón. El proyecto se llevará a cabo de acuerdo a los objetivos planteados. Los tramites deben ingresar desde la plataforma de servicio al cliente en la municipalidad para recibir la solicitud del suministro de agua potable del administrado, la cual se identifica mediante un numero de boleta que se le da al administrado para que reciba su respuesta y esta se llevara al departamento del acueducto municipal, una vez ahí se les pasa a los encargados de analizar el trámite de dicha solicitud.

Para este sistema de información geográfica es necesario la capa del mapa catastral(predios) donde se encuentren ubicados los predios del cantón (zonas urbanas y rurales). En el proceso de creación del sistema del acueducto municipal, será necesario llevar a cabo la metodología que permitirá desarrollar el sistema y para ello es necesario: integrar y crear la capa de medidores, crear la capa de nacientes, crear la capa de líneas de distribución de la red potable de agua (tuberías), crear la capas de tanques de almacenamientos de agua, crear la capas de pozos, crear la capa de protección de las nacientes de 200 m Buffer, así también integrar las tablas de fincas, planos y medidores que contiene la información que permita relacionar con estos atributos en cada uno de los shapets (capas) por medio de un campo llave primaria y campo llave foránea llamada campo identificador que es común en todas estas capas y tablas necesario para relacionarlas, para implantar el diseño del proyecto y visualizar todas las capas en un sistema de información geográfica (S.I.G), de manera que se podrá realizar las consultas de información por medio del número de finca, numero de plano, numero de cedula del administrado, numero de medidor del administrado. Para la creación de todas estas capas y tablas se requiere de la información solicitada al departamento de catastro multifinlatario, al departamento del acueducto municipal y al departamento de urbanismo.

En el sistema de información geográfica la consulta será con el número de finca o el número de plano directamente en la tabla de fincas o tabla de planos relacionada con la capa del mapa catastral(predios), junto con las demás capas que integran el sistema de acueducto municipal como son la capa de redes de distribución de tuberías, capa de tanques de almacenamientos, capa de mapa de medidores, capa de nacientes, capa de pozos asadas y las capas del plan regulador 2004 de las zonas de protección de estas nacientes y densidades, que estarán visible o no visible mediante un check. Con base en esta consulta se puede rechazar o aprobar el suministro de agua en el lugar donde se llevará a cabo el proyecto de vivienda o desarrollo habitacional.

Esta información podrá ser consultada por el departamento de urbanismo mediante una consulta con el número de finca, plano o por medio del trámite del número de boleta del administrado que tiene en el S.I.G asignado mediante un campo en el sistema de información geográfica, referente a la aprobación o rechazo de la disponibilidad del agua potable mediante un de Si de aprobación o No de rechazado, para el proyecto de la vivienda o del proyecto de un inversionista a desarrollar en la zona, así como el motivo por el cual fue rechazado según las restricciones de la zona.

Esta resolución de la disponibilidad de agua potable aprobada o no aprobada será remitida por parte del departamento del acueducto municipal al departamento de urbanismo para su verificación en el sistema de consulta del sistema SIG del acueducto municipal, el cual determinará la aprobación para el visado municipal del plano de catastro y el permiso de construcción en el menor tiempo posible al administrado, así como rechazarla si no cumple con los requerimientos establecidos por el municipio según la información suministrada, la cual será remitirla de nuevo a la plataforma del servicio al cliente y que el administrado realice su reclamo, ya que es requisito fundamental la disponibilidad del agua, por la institución municipal o la ASADA del distrito si le corresponde dar el suministro. Esta solicitud puede ser remitida a la plataforma del servicio al cliente en caso de que la disponibilidad del agua le corresponda a la ASADA del distrito que administra el Acueducto y Alcantarillado (AyA), ya no le corresponde a la municipalidad dar tal disponibilidad.

## 2.8 LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (S.I.G)

La importancia del sistema de información geográfica en el proyecto del acueducto municipal de Alajuela es tener es el de contener en un solo sistema integrado todas las capas necesarias para la toma de decisiones al momento de dar una disponibilidad de agua, si la finca en estudio cumple con las cercanías a estos elementos y dispositivos del acueducto municipal para el suministro de agua potable, en el cual el sistema de SIG no existía en el departamento del acueducto para dar una respuesta en el menor tiempo posible al administrado y facilitar con sistema eficiente a la administración así como un mejor control de la recaudación de cobro y la planificación de obras de mantenimiento de acueducto. Las que integran este sistema son el mapa catastral, mapa de medidores, distribución de tuberías, nacientes, pozos, tanques de almacenamiento de agua, ASADAS, capas del plan regulador del cantón,

Los Sistemas de información Geográfica constituyen una de la tecnología de la información más poderosa que se han desarrollado para abordar cuestiones relacionadas con el territorio y el espacio geográfico, sus posibilidades de aplicación provechosa corren en multitud de direcciones: desde la administración a las empresas, desde el nivel local al mundial, desde los temas de índole humana a los de carácter físico-ambiental. La versatilidad de esta tecnología esta tal que cada poco tiempo se descubren nuevos tipos de aplicaciones en muchos campos del medio ambiente, catastro, análisis espacial (vectorial y raster) que suponen un valor añadido para los agentes involucrados y ofrecen oportunidades de negocio y de empleo. (<sup>1</sup>*Moreno Jiménez Antonio, 2008*)

Y ayudan a diseñar, implementar y mantener sistemas de información para dotar de los medios apropiados, para recopilar, capturar, almacenar masas de información, manipular y tratar o transformar, modelar y presentar datos espacialmente georreferenciados, para mapear el territorio y difundir la información. Su potencial para analizar la misma le hace idóneo para abordar problemas de planificación y gestión para la toma de decisiones. (<sup>1</sup>*Moreno Jiménez Antonio, 2008*)

(Moreno Jiménez Antonio,2008) apunta que (...) en muchos casos, la información espacial sirve de base para los procesos en la toma de decisiones, donde ubicar un complejo turístico, o como ordenar el territorio nacional. Lo novedoso del sistema de información geográfica radica en la capacidad que tenemos de adoptar las tecnologías de la información geográfica para satisfacer las

necesidades de geo información de manera económica rápida y flexible de cualquier persona u organización capaz de solicitarla de manera apropiada. (<sup>1</sup>*Moreno Jiménez Antonio, 2008*)

Es obvio que el crecimiento de esta tecnología ha sido paralelo al desarrollo y uso de computadoras de mayor o menor costo, lo cual ha llevado a que esta tecnología puede aplicarse en este momento en casi cualquier plataforma desde las más complejas estaciones de trabajo y micro computadoras hasta los sistemas de escritorio. En la actualidad se puede afirmar que el funcionamiento de esta tecnología para el manejo de la información de tipo geográfico se sustenta en el funcionamiento de tres capacidades: (<sup>2</sup>*Gonzales Salas Alexander, 2000*)

- a) **Capacidad Cartográfico:** Esta permite producir en forma eficiente mapas y otros dibujos ingenieriles, esta capacidad incluye la captura de la información por digitalización, escaneo o barrido óptico y lectura de distintos formatos digitales, despliegue gráfico y el mapeo grafico interactivo.

(<sup>2</sup>*Gonzales Salas Alexander, 2000*)

- b) **Capacidad de manejo de datos:** Para almacenar y manipular en forma eficiente datos gráficos y alfanuméricos, y para lograr en forma eficiente el procesamiento de la información como atributos.

(<sup>2</sup>*Gonzales Salas Alexander, 2000*)

- c) **Capacidad de Análisis:** Que permita procesos de interpretación de datos espaciales y que sirva para valorar el sistema en lo referente a la calidad de la ejecución de los distintos procesos

(<sup>2</sup>*Gonzales Salas Alexander, 2000*)

Para la representar el territorio se utilizan modelo de datos en sistemas de información geográfica S.I.G de los cuales hay: (<sup>1</sup>*Moreno Jiménez Antonio, 2008*)

- a) El modelo raster, que se caracteriza por adoptar una unidad espacial estándar, el pixel, que es un cuadrado, de tamaño elegible por el experto, que servirá para representar a un fragmento del espacio que contiene información almacenada a través de un número. (<sup>1</sup>*Moreno Jiménez Antonio, 2008*)

- b) El modelo vectorial se define por usar las figuras de la geometría convencional de puntos, polígonos, líneas o volúmenes para representar las entidades del mundo real para el diseño de mapas (<sup>1</sup>*Moreno Jiménez Antonio, 2008*)

#### 2.8.1 COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Se compone de cuatro componentes que permiten el manejo de datos espaciales:

- a) **Hardware:** Pueden aplicarse como unidad de procesos o CPU desde computadoras personales hasta complejas estaciones se incluyen en esta parte física dispositivos periféricos de entrada y salida de datos digitalizadores, barrido óptico escáner y el almacenamiento de grandes datos.

(<sup>2</sup>*Gonzalez Salas, Alexander, 2000*)

- b) **Software:** Este elemento es encargado de realizar las operaciones y el manejo de datos, pueden disponerse de distintos productos para realizar las tareas generales en cuanto a la forma de realizar el procesamiento de los datos y su almacenamiento.

(<sup>2</sup>*Gonzales salas, Alexander, 2000*)

- c) **Datos:** Es el componente de mayor costo en cualquier Sistema de Información Geográfico, puede representar hasta un 70 % del valor en todo el sistema, esto se debe a la respuesta que se busca en el sistema que está en función de la calidad de los datos y a la disponibilidad de la información de tipo geográfico en la implementación del sistema. (<sup>2</sup>*Gonzales Salas Alexander, 2000*)

- d) **Usuarios:** Este es el componente más importante está constituido por las personas encargadas del diseño e implantación de uso del sistema y es el que produce los resultados y soluciones que se requiere, es decir define la forma en que este opera.

(<sup>2</sup>*Gonzales Salas Alexander, 2000*)

#### 2.8.2 LA ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACION ESPACIAL: LA TABLA DE CONTENIDOS DEL MAPA

La tabla de contenido del mapa para este proyecto es importante porque ayuda a administrar el orden de visualización de las diferente capas del sistema donde se muestran el tipo de topología geométrica utilizada en la creación de cada capa según un orden

jerárquico de estas entidades para ser visualizadas como son: Puntos, líneas, polígonos y anotaciones (descripción de lugares), así la simbología a cada capa para su representación geométrica, donde el funcionario aprecie la diferencia entre puntos: nacientes, pozo, tanques, líneas: tuberías, predios: polígonos, anotaciones: nombres, de los diferentes elementos de capas que integran el sistema del acueducto municipal en el sistema de información geográfica. .

El mapa se convierte en la pieza central en un Sistema de Información geográfica, que permite visualizar la información, nos ayuda a descubrir pautas espaciales en el comportamiento de los atributos, facilita ver las relaciones entre los objetos e incluso generar nueva información con el objetivo de facilitar la resolución de problemas espaciales y ayuda a la toma de decisiones y a difundir los resultados en diferentes formatos. (<sup>3</sup> *Gómez García N,2008*)

Cuando se utiliza un mapa como herramienta dentro de una investigación el primer paso es establecer el objetivo que se desea conseguir con él. El segundo paso que datos e información se van a necesitar para representar la zona de estudio. Y, en tercer paso como estos datos se van a relacionar entre capas o mapas. (<sup>3</sup> *Gómez García N,2008*)

La información geográfica se almacena en capas o estratos de datos espaciales, cada capa de información representa un tipo diferente de elementos en la realidad: ciudades, comercios, autopistas, líneas de comunicación, regiones o continentes, parcelas que se muestran en el mapa a través de objetos de tipo puntual, lineal o poligonal. (<sup>3</sup> *Gómez García N,2008*)

La tabla de contenidos del Sistema Información Geográfica del mapa permite ver las diferentes capas con su tipología, su simbología y el estado en que se encuentra. Cada capa se muestra en esta tabla con un nombre y una simbología que nos indica el tipo de objeto que representa. Lineal, puntual, o poligonal, junto a cada capa se presenta una casilla de verificación mostrando si esta se encuentra visible o no visible colocando o eliminado la marca y también nos muestra la leyenda de cada capa. Debe existir un orden en la visualización de las capas en la tabla de contenidos para que no exista solapamientos que oculten la información de otras capas o layers. Esta información se puede organizar en marcos de datos geográficos o Data Frames, estos marcos de datos presentan las



capas que quieren visualizarse o analizarse, organizadas en conjuntos separados. (<sup>3</sup> *Gómez García N, 2008*)

### 2.8.3 BASES DE DATOS

La importancia de una base de datos para este proyecto es la de agrupar y almacenar todos los datos del acueducto municipal en un único lugar utilizando la creación de una geodatabase que es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica con una alta capacidad de almacenamiento, dentro de un sistema de ficheros o data sets geográficos de varios tipos para establecer las relaciones de liga de las diferentes capas y tablas por medio de los campos de llaves primarias y foráneas a fin de facilitar que se compartan los datos entre los diferentes departamentos para ser consultados, para evitar redundancias y mejorar la organización de los administrados del acueducto municipal para el suministro de agua potable.

Rodríguez Esteban J.A, Definen una base de datos como una colección de datos agrupados y soportados en algún medio físico, en cuya organización figuran no solo los datos en si sino también las relaciones entre ellos, a fin de garantizar una redundancia mínima y controlada de la información. (<sup>4</sup> *cervera Cruaños B y Rodríguez Esteban J.A, 2008*)

Las relaciones son las que nos van a permitir estructurar nuestra información de tal manera que tengamos un conjunto de tablas con la menor cantidad de datos posibles, pero sin pérdida de información. Una relación es básicamente una asociación entre entidades de diferentes tablas, que se caracterizan por tener una serie de restricciones que determinan que entidades pueden participar de la relación: un bosque tiene especie de árboles, un cliente compra en tiendas, a su vez en estas restricciones se especifica la manera en que se actualizarán los datos de una tabla cuando haya modificaciones en alguna de las otras tablas con las que se relaciona. En lo que respecta a los SIG, las relaciones son las que hacen posible disponer de una información espacial asociada a las entidades geográficas y de una información alfanumérica vinculada a esas entidades, pero almacenada en otras tablas, donde es bases de datos son un conjunto de ficheros que están interrelacionados entre si de alguna manera. (<sup>4</sup> *cervera Cruaños B y Rodríguez Esteban J.A, 2008*)

En el caso de relacionar los datos de la tabla con los existentes en otra, será necesario dar a cada registro un identificador único e irrepetible denominado clave primaria. A su vez esta clave habrá de estar presente en otra tabla para saber a qué registro se refieren los datos contenidos en cada una de sus filas en este caso hablamos de la clave foránea. La clave foránea puede repetirse o no en la tabla de destino, según sea la relación establecida entre tablas. (<sup>4</sup>*cervera Cruaños B y Rodríguez Esteban J.A, 2008*)

## 2.9 LOS SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRAFICAS

La importancia de un sistema de coordenadas en el proyecto permite la localización de puntos en el sistema cartesiano donde se entran georreferenciadas todas las capas del acueducto municipal para conocer su posición geográfica, en caso de averías, cambio de tuberías, localización de medidores, pozos, nacientes, tanques, asadas, y establecer rutas para nuevas tuberías y bombas para impulsar el agua según las condiciones topografías de pendientes por medio de un par ordenado de coordenadas ( x ,y) y su elevación. Este sistema coordenadas determinar unívocamente la posición de un punto o de otro objeto geométrico que debe ser identificado en el espacio de trabajo para llegar al sitio de estudio y llevar a cabo nuevos levantamientos topográficos para futuros proyectos de extensión de tuberías.

La localización de los lugares en la superficie terrestre y su representación sobre un plano requieren de dos procedimientos, la construcción de un sistema de coordenadas geodésicas y segundo la elección de un tipo de proyección que transforme su superficie tridimensional en plana. Si queremos dibujar varios puntos sobre un papel, lo único que debemos hacer es trazar un sistema de coordenadas cartesiano con dos ejes (X, Y). (<sup>5</sup>*Rodríguez Esteban J.A, 2008*)

Para Rodríguez Esteban, (2008) Las coordenadas geográficas van a definir un sistema de referencia de localización en la superficie de la tierra lo cual requiere de unidades angulares desde el centro de la tierra, grados, radianes que defina una red de meridianos y paralelos, la elección de un meridano origen por ejemplo el Greenwich, la elección de un datum también la elección de un elipsoide que defina el achatamiento y su proyección cartográfica y un geoide que defina la forma de la tierra. Ya que un punto sobre la tierra está definido por los valores de la latitud, longitud y su altitud. Para representar los mapas es necesario realizar proyecciones cartográficas de puntos o regiones cuando se pasa de la esfera al

plano y de desarrollos cuando antes de llegar al plano proyectamos sobre un cono o cilindro que posteriormente se desarrolla distinguiéndose varios tipos de proyección: acimutal, cilíndricas, cónicas, estereográficas, ortográficas, conforme, gnomónica, UTM (sistema transversa mercator), Lambert, oblicua, tangente, secante. Para poder elaborar mapas con precisión se requiere de una superficie de referencia geoméricamente regular, por eso las observaciones sobre el geoide se transfieren a la figura matemática operable que más se le parece a la del elipsoide que es una figura denominada de revolución por una elipse que gira alrededor de su eje menor. ( <sup>5</sup>Rodríguez Esteban J.A, 2008)

## 2.10 LOS SISTEMAS DE PROYECCION

En el proyecto de acueducto municipal es de importancia el sistema de proyección porque requiere de un sistema de representación gráfica de los puntos de la curvatura de la tierra a un sistema de proyección plana de todos estos puntos en un mapa, en el cual el sistema por ley es el CRTM05 oficial para Costa Rica esto consiste en red o malla de medianos y paralelos que tiene un punto origen llamado datum, el datum es un elipsoide llamado WGS-84 conformado por dos parámetros a:semi eje mayor y b:semi eje menor que es el origen de coordenadas para cualquier sistema de proyección cartográfica según las características de la región a representar.

Todo lo relativo a los sistemas de coordenadas terrestre, ya sean coordenadas geográficas, geodésicas, astronómicas, lo son sobre superficies en tres dimensiones. Al pasarlas a un mapa, se convierten en coordenadas planas en dos dimensiones, que para diferenciarlas de las anteriores las denominamos coordenadas cartográficas. Hay muchas formas de convertir las superficies tridimensionales de la tierra(3D) a un mapa (2D), pero todas ellas tendrán algún tipo de distorsión, que aumentara cuando mayor sea la superficie del territorio a representar. La transformación de coordenadas terrestre a coordenadas cartográficas requiere de la elección de un sistema de coordenadas cartesiano con orientación y punto de origen y de un proceso de transformación. Las localizaciones en un sistema de coordenadas cartesiano se basan en la identificación de coordenadas X-Y dentro de un sistema de retículas en cuyo centro se sitúa el valor de origen para ambas coordenadas (0,0). Además, como se acaba de señalar, requiere de un sistema de transformación entre la esfera y el plano ese proceso se llama proyección geométrica para encontrar representaciones planas con el menor número de deformaciones posibles. ( <sup>5</sup>Rodríguez Esteban J.A, 2008)

## 2.11 LA PROYECCION UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR (UTM)

El proyecto del acueducto municipal está relacionado con el sistema de proyección cartográfico UTM ya que la proyección oficial del país es el CRTM05 y tiene como parámetros matemáticos de proyección el sistema Universal Transversal Mercator.

La proyección Universal Transversal Mercator fue desarrollada por el físico matemático y cartógrafo Alsaciano Johann Heinrich Lambert (1728-1777). El sistema UTM está basado en una proyección cilíndrica transversal conforme de Gauss Krüger y que puede ser visualizada como un cilindro que envuelve a la superficie de la tierra, orientada de tal forma que su eje este en el plano del ecuador. El cilindro tiene generalmente un radio un poco menor que el de la tierra y la intercepta a lo largo de dos elipses paralelas a un meridiano central de longitud e igualmente espaciadas a él. Cuando el cilindro es desarrollado en un plano, los meridianos de longitud y los paralelos de latitud se intersectan en un ángulo recto. El meridiano central es una línea recta y los meridianos cercanos a él son líneas casi rectas ligeramente cóncavas con respecto al meridiano central. Los paralelos son líneas curvas, cóncavas con respecto al polo más cercano. El radio del cilindro se escoge de tal manera que la distorsión de la escala dentro de los límites de la superficie de la cara sea mantenido dentro de un mínimo. La escala sobre el meridiano central será demasiado pequeña ya que el cilindro se escoge más pequeño que el elipsoide. La escala aumenta al alejarnos del centro del meridiano central y generalmente se elige de tal forma que sea correcta sobre dos líneas (elipses de intersección) casi paralelas a él y ubicadas a 2/3 de la distancia entre el meridiano central y los bordes de la proyección, sobre los bordes de la proyección la escala será demasiado grande.

La proyección UTM tiene fajas de 6° de ancho en longitud y usa un factor de escala de 0.99960, en la proyección UTM el mundo se divide en 60 zonas cada una cubriendo 6° de longitud, mediante un acuerdo internacional las zonas han sido numeradas consecutivamente desde el oeste comenzando con la zona 1 limitada por los meridianos de longitud oeste de 180° y 174° dicha zona tiene como meridiano central el 177° oeste, cada zona es simétrica con respecto al meridiano central desde el cual el mapa se extiende 3° a cada lado. El cubrimiento en la latitud está limitado hasta (+/-) 80°, en el caso de Costa Rica el meridiano central se proyecta con el factor de escala de 0.9996, con una longitud de -84° y un falso este de: 500000 m y un falso norte de 0.0 m. La proyección UTM dará lugar a dos sistemas para Costa Rica un sistema esta zona 17 y un sistema oeste

zona 16 dividida en un sistema norte y un sistema sur para evitar la dualidad con un factor de escala de 0.9996. ( <sup>16</sup> *Ucles Núñez Ricardo, 2000*)

## **2.12 CONCEPTO GENERAL DEL CATASTRO**

El catastro para este proyecto es de suma importancia ya que es la base de la información física y literal (fincas y planos) de saber quién es el propietario y contar con la información territorial de datos variados de los servicios de infraestructura que cuenta una comunidad, así como el número de registros de bienes inmuebles que cuenta el cantón de acuerdo a la información del mapa catastral, de igual manera permite conocer la ubicación de los predios en el cantón de Alajuela y tener visualmente los servicios básicos de las redes de distribución de tubería, pozos, tanques y nacientes, asadas de las capas del acueducto municipal en un SIG para suministrar el servicio de agua potable, y de la cobertura del número de administrados que la municipalidad le brinda el servicio.

La sociedad se maneja en términos de propiedad privada que necesita mantener garantía sobre esa propiedad por su importancia en la sociedad. El derecho de propiedad jurídicamente establecido requiere de técnicas y ciencias de la ingeniería para respaldar ese derecho jurídico. Cuando un individuo adquiere un bien inmueble mediante una inversión se le asigna su derecho sobre ella y necesita saber cuál es su parcela, teniendo claramente definida su posición y forma, así como su extensión. Se convierte entonces en necesidad social y jurídica hacer efectiva la garantía a los propietarios del mantenimiento de sus derechos sobre el bien inmueble y la permanencia de sus vértices y linderos que lo definen. Por tanto, el catastro debe ser la base que sirva de marco de estudio y planificación del aprovechamiento de recursos para el beneficio colectivo, debido a esto las transacciones comerciales venta compra, garantías hipotecarias etc., en que participa la tierra, y realizadas en una sociedad se mueven alrededor del concepto de “libre empresa” y requieren el respaldo Estatal en cuanto a la garantizar la existencia y situación física y jurídica del bien inmueble.

( <sup>6</sup> *gray g h, 1983*)

Los antiguos egipcios, griegos y aztecas hacen 5000 a 6000 años, quienes lo usaron como herramienta importante del censo dentro de la jurisdicción del territorio para enlistar sus

riquezas y posesiones de tierras conquistadas. En aquella etapa el problema principal fue íntegramente de índole geométrico, por lo que se vio la necesidad de realizar cálculos matemáticos para mediciones y posición geográfica. Conforme el tiempo fue pasando los métodos fueron evolucionando, se crearon los cálculos matemáticos, el sistema de medición y de coordenadas. Hoy se puede integrar en un Sistema de Información Geográfica (SIG), el Catastro urbano y rural, y asociar todo a una base de datos alfanumérica para registrar datos usando estos datos para elaborar análisis, ya sea espacial o tabular (características dimensionales, económicas y jurídicas).

<sup>12</sup>*(medina&gutierrez ingenieros consultoría, construcción y capacitación, M & G INGENIEROS ASOCIADOS,2013, Percival lowel, <http://myg-ingenieros.com/aplicacion-e-importancia-del-catastro-en-municipalidades/>)*

La historia está plagada de diferentes concepciones simplistas del catastro motivada por las diferentes necesidades sociales, económicas y políticas de los agrupamientos humanos que han existido, así como las diferentes características inherentes a ellos. El concepto catastral aparece como una de las instituciones más antiguas de la sociedad sedentaria, confundida con la economía de los pueblos en diferentes maneras esto evidenciado por los hallazgos arqueológicos que así lo confirman.

*(<sup>6</sup>gray g h,1983)*

La finalidad de un catastro es el de realizar un censo de todas las propiedades que pertenecen a sus dueños estableciendo un ordenamiento de territorio de todos sus habitantes. El sistema catastral tiene como finalidad montar un sistema y este será determinante para fijar los métodos de recopilación, proceso y entrega de la información, que será destinada a una utilidad específica.

*(<sup>6</sup>gray g h,1983)*

El Catastro consiste en la representación y descripción gráfica, numérica, literal y estadística de todas las tierras comprendidas en el territorio nacional. Su funcionamiento es de interés público y sirve a los fines jurídicos, económicos, fiscales, administrativos y a todos aquellos que determinen las leyes y su reglamento.

*(<sup>7</sup>Alfaro Rodríguez Dionisio, 1992)*

Los documentos fundamentales del catastro son a) los mapas catastrales que muestran la ubicación, identificación y linderos de las parcelas b) Los registros catastrales constituidos por las fichas catastrales, los índices de parcelas por mapas y los índices alfabéticos c) De

conformidad con los planes de catastro podrán incorporarse los documentos en que conste el uso actual y potencial de las tierras, las aguas comprendidas, los recursos naturales y cualquier otro que sirva para los fines específicos del catastro.

*(<sup>7</sup>Alfaro Rodríguez, Dionisio, 1992)*

La zona catastral es aquella parte del territorio nacional en la que el levantamiento está en proceso y zona castrada es la parte del territorio nacional, donde el levantamiento catastrado ha

sido concluido y oficializado, y parcela es la unidad catastral representada por una porción de terreno que constituye una completa unidad física y que se encuentra delimitada por una línea que, sin interrupción, y que regresa a su punto de origen.

*(<sup>7</sup>Alfaro Rodríguez, Dionisio, 1992)*

El Predio es la porción formada por una o varias parcelas contiguas interdependientes entre si y que ubicado en una sola provincia pertenece a uno o varios propietarios o poseedores. La finca es la porción de terrenos inscrita como unidad jurídica en el registro público o susceptible de ser registrada mediante un número que la individualiza.

*(<sup>7</sup>Alfaro Rodríguez, Dionisio, 1992)*

El catastro se establece por métodos de la planimetría y topografía, y que se materializan atreves de mapas catastrales, así como las fichas catastrales de los números de predios en el que se muestra el número de finca y el número de plano de catastro según el mapa catastral analógico de esa conciliación, y que se desactualizada con el transcurrir del tiempo, dando como resultado procesos lentos que carecen de precisión y por ende de información adecuada para la planificación en el desarrollo del cantón ,sin contar el desperdicio de recursos económicos y humanos que podrían ser aprovechados de mejor manera con la aplicación de herramientas que optimicen estos recursos para lograr una gestión municipal. (<sup>6</sup>gray g h,1983)

## 2.12.1 TIPOS DE CATASTRO

### 2.12.2 Catastro Urbano

El catastro urbano tiene como propósito principal la ubicación y registro de bienes inmuebles de uso múltiple, el catastro urbano es muy complejo debido a que el uso de los predios y construcciones es más diverso, lo que permite que la propiedad inmobiliaria se destine a fines industriales, comerciales y sociales.

<sup>13</sup>(Instituto nacional para el federalismo y el desarrollo Municipal, Calle Roma No. 41 4to Piso, Col. Juárez, Del. Cuauhtémoc, México, D.F.  
[http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/335/1/images/guia21\\_la\\_administracion\\_del\\_catastro\\_municipal.pdf](http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/335/1/images/guia21_la_administracion_del_catastro_municipal.pdf))

El catastro urbano municipal es el registro geográfico sistematizado de las propiedades del área urbana del cantón para prestar servicios, así como el cobro de los tributos, con la información pertinente de los usuarios.

(<sup>21</sup> manual de catastro urbano municipal, 1986 )

### 2.12.3 Catastro Rural

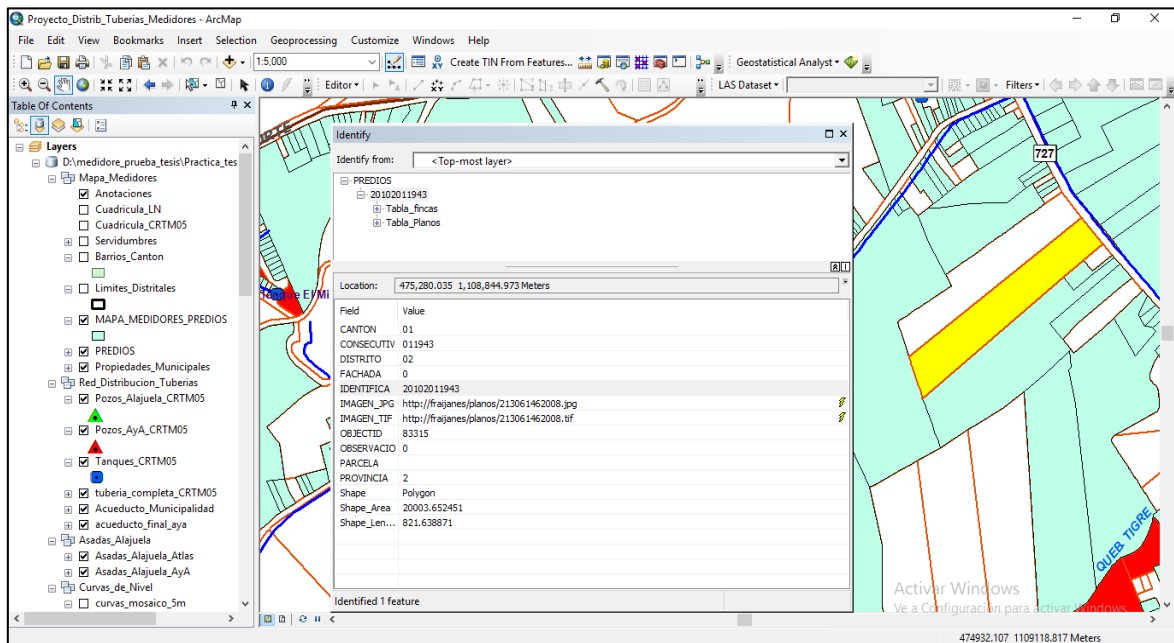
El catastro rural se orienta a la captación y sistematización de información sobre los predios rurales de los municipios, con dos propósitos: 1) Detectar los usos productivos del suelo rural 2) Ubicar a los propietarios de los predios rurales. En el catastro rural, lo importante es destacar la utilidad productiva del suelo en materia agropecuaria.

<sup>14</sup> (Instituto nacional para el federalismo y el desarrollo Municipal, Calle Roma No. 41 4to Piso, Col. Juárez, Del. Cuauhtémoc, México, D.F.  
[http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/335/1/images/guia21\\_la\\_administracion\\_del\\_catastro\\_municipal.pdf](http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/335/1/images/guia21_la_administracion_del_catastro_municipal.pdf).)

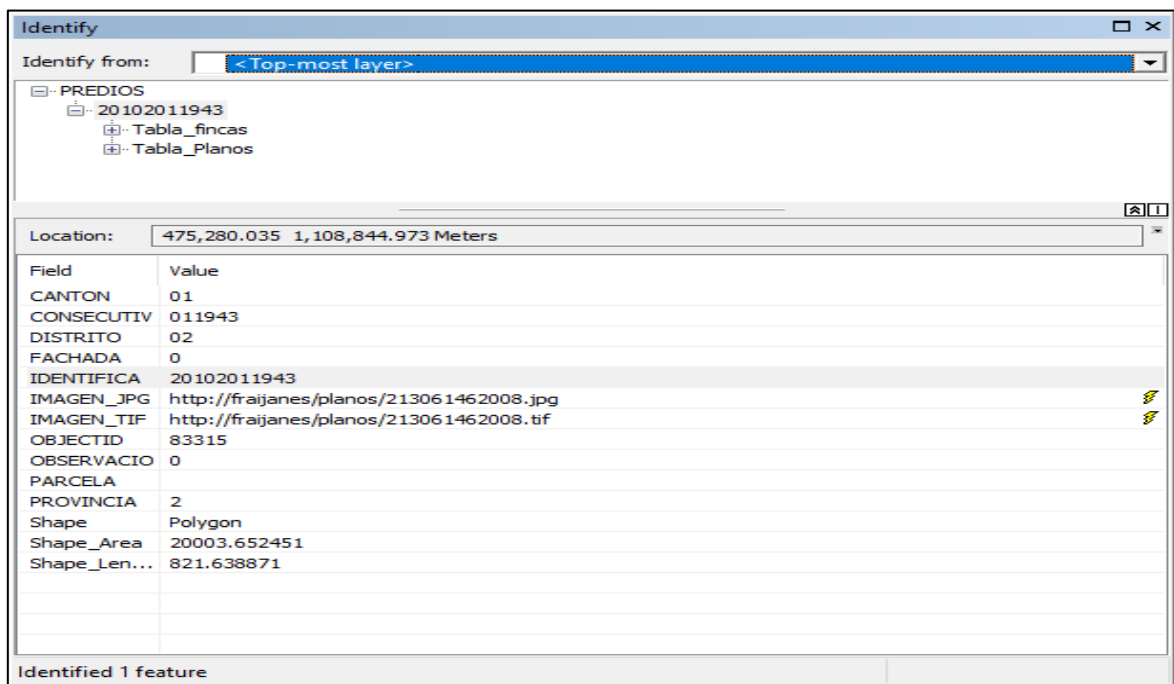
## 2.13 SISTEMA DE IDENTIFICACION DE PROPIEDADES

La importancia de la identificación de las propiedades el levantamiento de la información catastral es el de establecer un orden de números consecutivos único para cada predio dibujado en la mapa catastral(predios), así la verificación de los elementos físico y jurídico del predio, mediante la práctica de la inspección catastral y demás medios probatorios para identificar en documentos cartográficos y catastrales su ubicación, linderos, extensión, construcciones y edificaciones, y precisar el derecho de propiedad o posesión. Este número de identificación en el proyecto del acueducto municipal se toma como base el mapa catastral(predios) del cantón en el cual a cada predio se le asigna un único número de identificación en el que está compuesto por primer dígito: No. Provincia (2), segundos dígitos: No. Cantón (02), terceros dígitos: No. distrito, números: No. consecutivo en forma ascendente para este distrito en particular (011943). Por ejemplo para un predio particular ubicado en Barrio San José de Alajuela ( 20102011943 )





**Fig.2 identificación del predio mapa catastral**



**Fig.3 número de identificador predio**

Es un registro cruzado de propiedades y propietarios ya que es necesario conocer los nombres de todos los contribuyentes y los montos de los tributos que estos deben pagar a la municipalidad, con el fin de efectuar la correspondiente recaudación de estos tributos. Como se trata de tributos estos se gravan a la propiedad (finca) y por lo cual es necesario

identificar las propiedades sujetas al pago de cada una y el nombre del propietario mediante un listado de registros, de tal manera asegurar la cobertura total identificando por ubicación geográfica todas las propiedades existentes en el cantón que están sujetas al pago del tributo, por lo cual se debe asegurar de la existencia y mantenimiento de un registro geográfico de las propiedades bajado un método coherente e inequívoco que nos permita tener un control cruzado entre contribuyente y propiedad la cual se debe asignar un número único de identificador . La información catastral es variable en el tiempo, se debe estar en constante mantenimiento de la información, para demostrar a cada contribuyente el porqué de las sumas que se cobran y demostrar al ciudadano y a las autoridades, que se está distribuyendo la carga tributaria entre todos lo obligados conforme a la ley. (<sup>21</sup> *manual de catastro urbano municipal, 1986* )

El catastro constituye una herramienta fundamental, siendo una de las bases de datos principales, que sirven como inventario de bienes inmuebles en aspectos físicos, económicos y jurídicos, además de la planificación urbanística, ejecución de obras públicas, el desarrollo socioeconómico, la protección del medio ambiente y el avalúo del territorio. La información catastral es la tarea fundamental en toda obra de catastro, de ella depende que podamos cumplir con las exigencias de los usuarios en cuanto a sus necesidades. El levantamiento catastral se podría convertir en una tarea sin fin, sino delimitamos estrictamente la información que queremos recopilar dentro de los objetivos, es ampliar la información recogida en el levantamiento para ir logrando cubrir una gama de necesidades de los usuarios y se convierte en una meta cotidiana. (<sup>6</sup> *gray g h, 1983*)

#### **2.14 LEVANTAMIENTO DE INFORMACION TOPOGRAFICA NECESARIA PARA TODO PROYECTO DE ACUEDUCTOS DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE.**

En todo proyecto que se realice de obra pública o privada y en la cual es necesaria la edificación, construcción o de alcantarillado sanitaria, pluvial y de acueducto de distribución de tubería para suplir el suministro de agua potable a llevar a una comunidad, ciudad, o poblado e importante representar en un plano topográfico del proyecto la representación del relieve para apreciar la planimetría y altimetría del lugar. (<sup>15</sup> *Hernández Naranjo Luis Paulino, 1991*)

### 2.14.1 REPRESENTACION DEL RELIEVE

La importancia que tiene el relieve dentro del proyecto del sistema del acueducto municipal SIG es la descripción de la variación de altura del terreno por medio de las curvas de nivel para la extensión de nueva distribución de tuberías, así como la ubicación de tanques de almacenamiento de agua y pozos donde el relieve del terreno (topografía) permite calcular en que altura se encuentran los niveles piezómetros del agua cuando una tubería se extiende a un punto específico y la presión con que el agua llega a esa conexión en metros columna de agua (m.c.a)

La representación del relieve, es la característica esencial en la confección de un mapa topográfico, donde se representa los accidentes naturales como corrientes de agua, bosques, áreas de cultivo, obras civiles como edificaciones, carreteras, canales, vías férreas, etc. Dentro de las formas más representativas tenemos las curvas de nivel que se obtienen mediante un levantamiento taquimétrico donde se determinan las tres coordenadas ( X Y Z ) es decir en posición horizontal ( X Y ) y altura ( Z ) y luego se trazan estas líneas imaginarias llamadas curvas de nivel que representan una altura con una equidistancia entre ellas cada 1m,5m,10m según se la exactitud del proyecto para su estudio en el lugar. <sup>(15)</sup> *Hernández Naranjo Luis Paulino, 1991*

### 2.14.2 CURVAS DE NIVEL

Se define como curva de nivel, aquella línea trazada sobre un mapa que representa a otra línea imaginaria en la superficie de la tierra que une puntos de elevación igual y constante, más alta o más baja que un plano de nivel determinado. Estas curvas de nivel representan al terreno en todas sus formas y accidentes tanto en posición (plano horizontal) como en altura (plano vertical) en forma simultánea, que nos mostrara como es el relieve del lugar. Las curvas de nivel se trazan tomando un nivel de origen que debe ser de cota fija (nivel medio del mar o local) a 0 m, 50 m ,1000 m etc dentro del sistema nacional o el nivel escogido a criterio de la persona que hace el trabajo en el momento y lugar del proyecto. Las curvas de nivel sirven de base para trabajo posteriores como perfiles y proyecto de carreteras, trazado de tubería de todo tipo y zanjeo en el movimiento de tierra. <sup>(15)</sup> *Hernández Naranjo Luis Paulino, 1991*

### 2.14.3 INTERPRETACION DE LAS CURVAS DE NIVEL

Es importante al hacer uso de una carta topográfica interpretar las curvas de nivel ya que estas representan la configuración del terreno. Las curvas de nivel se enumeran de acuerdo al valor del sistema asignado y en el sentido en que crece la pendiente, en los bajantes de agua (ríos, quebradas, acequias etc) la curva de nivel cruza lo más hondo formando una V y cuyo vértice apunta hacia lo más alto o sea hacia la naciente del río. En división de aguas, las curvas cruzan en forma de U por el filo de la ladera, apuntando su vértice hacia la parte mas baja. Cuando una curva cierra en si misma a media ladera dicha curva tiene la elevación de la curva de mayor valor que este más próxima. En una depresión, las curvas de nivel se diferencian por anchuras perpendiculares que se dibujan en la curva respectiva. Cuando el terreno es casi plano y las curvas están muy separadas, se trazan curvas de valor de medio intervalo para representar aquellas situaciones no uniformes en el terreno, pero que no alcanzan el siguiente valor mayor de la curva. <sup>(15)</sup> *Hernández Naranjo Luis Paulino, 1991*

### 2.14.4 CLASIFICACION DE CURVAS DE NIVEL

- a) **Índice o maestras:** cada 5 curva partiendo de 0 se engruesa para diferenciarla
- b) **Curvas intermedias:** son aquellas que están entre dos curvas índices se enumeran cuando están muy separadas o su identificación se difunde.
- c) **Curvas auxiliares:** son aquellas de valor intermedio o de valor dado se dibujan a trazos pequeños y se enumeran siempre.

<sup>(15)</sup> *Hernández Naranjo Luis Paulino, 1991*

### 2.14.5 CARACTERISTICAS DE CURVAS DE NIVEL

- 1) Toda curva de nivel se cierra sobre si misma ya sea dentro de la zona considerada o fuera de ella
- 2) No se dividen o se ramifican
- 3) No se pueden fundir dos o más curvas en una sola
- 4) Si en algún lugar se cruzan indicara una cueva o saliente en volado
- 5) En una zona de pendiente uniforme quedaran las curvas equidistantes

- 6) Sin las curvas están muy separadas será porque la pendiente es muy suave y cuando están cercanas es que la pendiente es muy fuerte.
- 7) Una serie de curvas cerradas indicara un promontorio o una oquedad según sus valores crezcan o decrezcan

*(<sup>15</sup> Hernández Naranjo Luis Paulino, 1991)*

#### **2.14.6 PERFILES LONGITUDINAL**

La importancia del perfil longitudinal es una representación del relieve del comportamiento del terreno por medio de curvas de nivel, que se obtiene cortando transversalmente las líneas en un mapa de curvas de nivel, o mapa topográfico el cual cuando se extiende una tubería de potabilización de agua a un sector del cantón se requiere la profundidad y volumen de excavación en metros cúbicos, así como la pendiente que debe llevar la tubería en porcentaje para la conexión con otra tubería o tanque de almacenamiento de agua.

Un perfil longitudinal es un gráfico que muestra los cambios del terreno a lo largo de una línea de nivelación, lo cual es la línea de centro (O) de carretera, una zanja para la colocación de tuberías de cualquier tipo de proyecto de conducción y distribución agua potable, pluvial, sanitaria, ferrocarril. autopista etc, este se obtiene proyectando los puntos de esta línea sobre un plano vertical (distancia y altura). Los datos para el dibujo del perfil son las alturas del terreno (cotas) medidas a lo largo de una línea escogida determinada. Como la forma del terreno varia poco en sus alturas en relación con las distancias se acostumbre alterar la formación vertical con relación de escalas que resalten el aspecto vertical del terreno(Horizontal/Vertical) normalmente esta relación de 1/10 o 1/5 es muy útil en el estudio de perfiles que van a ser usadas en el lugar de estudio, para el trazado de la rasante, cálculo de movimiento de tierra y volúmenes de tierra, medición de áreas de corte y relleno y el volumen de tierra a mover. La longitud de este perfil dependerá del ancho de la zona de estudio, de los taludes laterales y del proyecto para el cual se está haciendo el perfil. (<sup>15</sup> Hernández Naranjo Luis Paulino, 1991)

## 2.15 DEPARTAMENTO DE URBANISMO

El departamento de urbanismo tiene la facultad de aprobar o rechazar por parte de la Municipalidad de Alajuela, los permisos para la ejecución de obras, permanentes o provisionales, de edificación o urbanización a realizarse en el Cantón Central de Alajuela, con el fin de controlar el cumplimiento de los requisitos legales en materia de construcción, procurando con ello el adecuado planeamiento urbano y el desarrollo ordenado de la comunidad. (<sup>22</sup>*Manual de procedimientos de control constructivo,2017*)

El Actividad de Control Constructivo de la Municipalidad de Alajuela, se rige para el cumplimiento de sus atribuciones por los lineamientos contenidos en los ordenamientos jurídico-administrativos siguientes:

- ⇒ Código Municipal
- ⇒ Ley de Planificación Urbana y sus modificaciones.
- ⇒ Ley de Construcciones y sus modificaciones
- ⇒ Ley General de Caminos Públicos
- ⇒ Ley de protección al ciudadano del exceso de requisitos y trámites administrativos N° 8220
- ⇒ Ley Forestal N° 7575
- ⇒ Ley Orgánica del Ambiente N° 7554
- ⇒ Ley de Patrimonio Histórico Arquitectónico N° 7555
- ⇒ Ley General de Salud Pública y sus modificaciones
- ⇒ Los Reglamentos que el Poder Ejecutivo haya dictado para regular las leyes anteriores
- ⇒ Además de lo dispuesto por las leyes y reglamentos citados anteriormente, cualquier otra disposición legal o reglamentaria que guarde conexidad con la materia urbana, dictada por la Municipalidad de Alajuela, el Poder Ejecutivo, Legislativo u otra dependencia autorizada.

(<sup>22</sup>*Manual de procedimientos de control constructivo,2017*)

## 2.16 REGLAMENTO DEL PLAN REGULADOR DE ALAJUELA

Artículo 12.- Para los efectos de permisos de construcción, ampliación, remodelación, restauración, demolición o reconstrucción de edificios o urbanizaciones, el administrado, persona física o jurídica, privada o pública, debe obtener previamente un Certificado de Uso del Suelo en el que se haga constar el uso permitido en el inmueble que se desea aprovechar, alineamientos, frente mínimo, área mínima del lote, cobertura de construcción, así como condiciones dada la zona en que este se ubique.(...) 12.4. Vigencia de Permisos. Los permisos dados tendrán una vigencia de un año natural desde el momento de su concesión. Si en el año de vigencia no se ha iniciado las obras, el interesado debe realizar una solicitud de prórroga antes del vencimiento, previa actualización de la documentación necesaria que haya prescrito. Si la obra se inicia en el transcurso de ese año, el permiso tiene una validez de tres años.

Para todo fraccionamiento y permiso de construcción se requerirá el plano de catastro debidamente catastrado y conciliado con el número de finca correspondiente por lo cual será necesario el visado municipal y como requisito indispensable se requiere la disponibilidad de agua dada por el municipio, la ASADA, AyA que le corresponda dar el suministro. (<sup>22</sup>Manual de procedimientos de control constructivo,2017)

## CAPITULO 3. METODOLOGIA

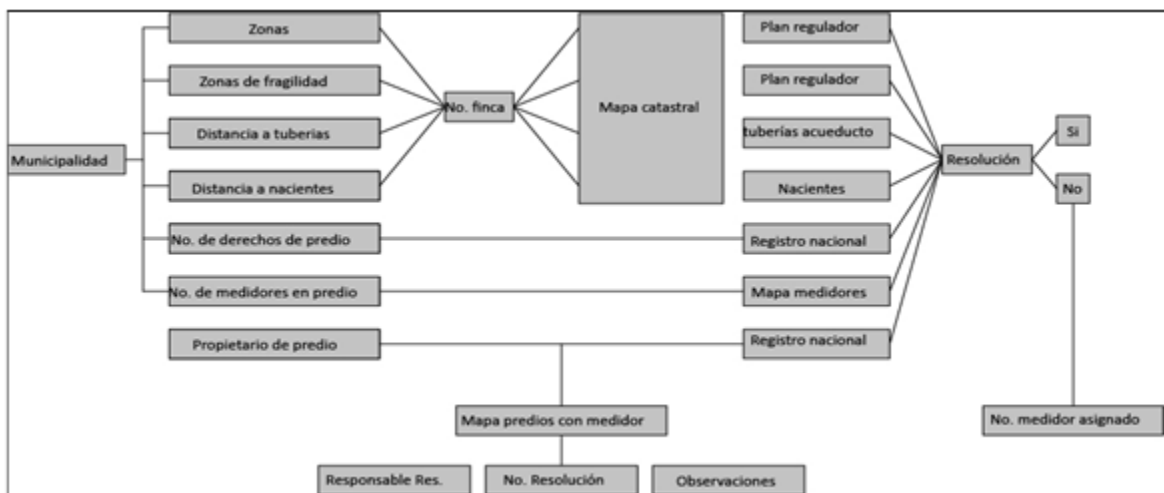



Fig.4 análisis de solicitud del servicio de agua en el sistema SIG

Para la elaboración de este sistema del acueducto municipal las capas del Mapa catastral (predios) y las tablas de fincas y la tabla de planos, orto fotos 1:1000 y 1:5000, y la capa de anotaciones (nombre de los lugares en el cantón de Alajuela), curvas de nivel 5m, cuadrícula Lambert y cuadrícula CRTM05 fue brindada por el Departamento de Catastro Multifuncional de la Municipalidad de Alajuela. De igual manera la información de la tabla de medidores, los archivos de AutoCAD (Dibujo Asistido por Computadora) de la distribución de tuberías, tabla de puntos de tanques de almacenamiento, tabla de puntos de pozos, tabla de puntos de las ASADAS, tabla de puntos de las nacientes las brindo el Departamento del Acueducto Municipal. Los Shapes del plan regulador de Alajuela 2004, así como otra información adicional de distribución de tubería generado por Probus y el atlas 2014 fue brindada por el Departamento de Urbanismo de la Municipalidad de Alajuela para permitir la creación y diseño de un sistema de información geográfica que integre los elementos necesarios para el diseño de un sistema SIG del acueducto municipal de Alajuela, para realizar el estudio de la disponibilidad del suministro de agua potable al administrado del cantón de Alajuela.

1) Para realizar la integración de todos estos archivos de AutoCAD que se encuentran en formato dwg referentes a la distribución de tuberías de agua potable conectadas a la naciente más cercana y extendidas por la municipalidad en el cantón de Alajuela en varios distritos, también tenemos las tablas en Excel de las coordenadas de la nacientes y pozos, asadas, tanques de almacenamiento de agua que forman parte importante en la integración del sistema del acueducto. Estos archivos deberán ser transformados al formato de Shapes desde el Arcgis mediante una conversión en el cual se da clic derecho en el archivo AutoCAD desde el Arcgis en la tabla de contenidos y con la **opción de data→ export data** se presenta una caja de dialogo y se guarda en un archivo específico y se exportan todos los elementos de este archivos y se guarda como un archivo shape(shp) que puede ser editado en el programa Arcgis, para su compatibilidad con los demás capas y luego realizar la transformación del sistema Lambert Norte al sistema de coordenadas CRTM05 mediante una transformación del sistema de proyección la cual estará georreferenciación para la localización e integrar todas las capas necesarias que formaran e sistema del acueducto municipal del sistema de información geográfica.



Algunos de los archivos de AutoCAD necesarios para la integración del sistema de acueducto municipal se encuentran en el formato dwg, los cuales pueden ser agregados al Arcgis mediante

el icono de agregar (Add data ) que se encuentra en la barra de herramientas del programa, son capas que pueden ser incorporadas en la tabla de contenidos del Arcgis, estos archivos pueden ser polígonos, líneas y puntos de este formato y visualizadas en el escritorio del Arcgis para ser posteriormente convertidos en archivos en el formato shape (shp) del Arcgis.

2) Para convertir los archivos dwg a formatos shape(shp) dentro del Arcgis es necesario realizar algunos pasos, dentro la tabla de contenidos del programa, se carga por ejemplo el archivo garita.dwg y hacer click derecho en Polyline en el archivo de formato dwg en el programa Arcgis.

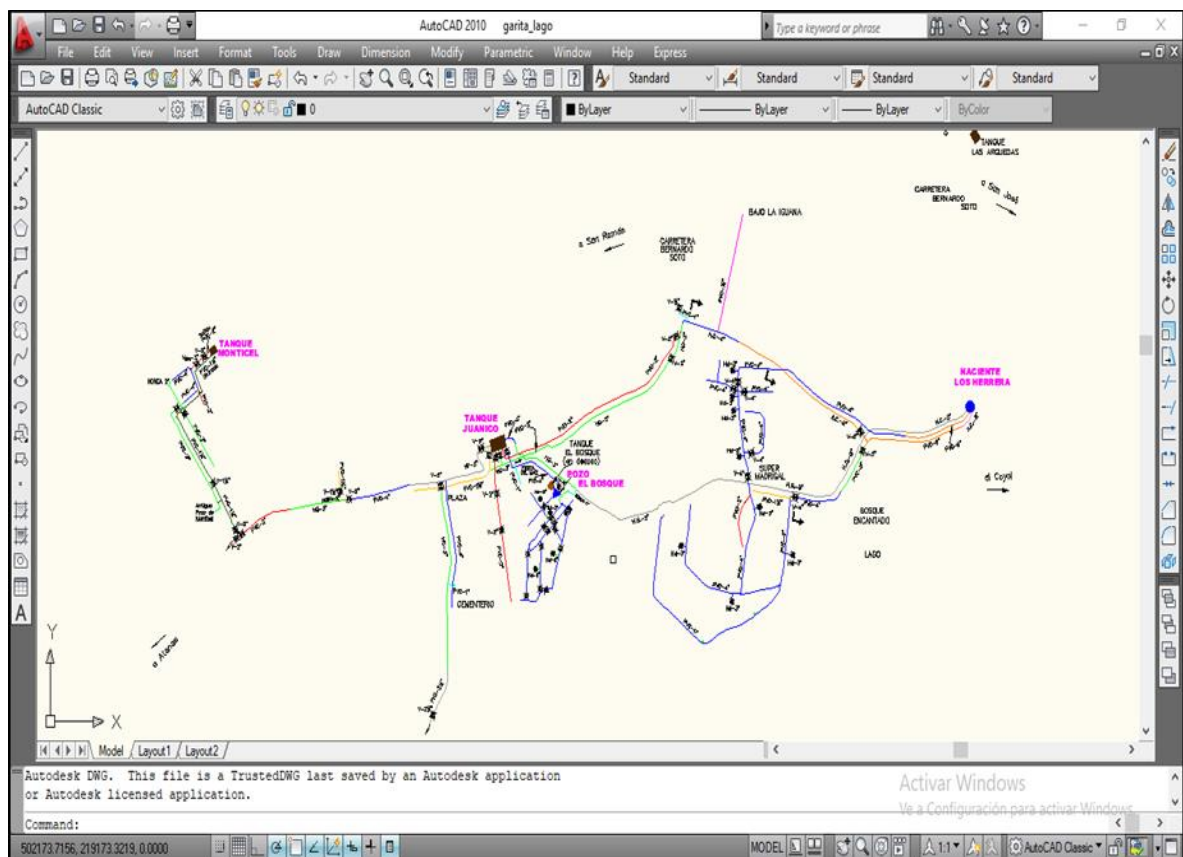


Fig.5 Archivo en formato autocad.dwg

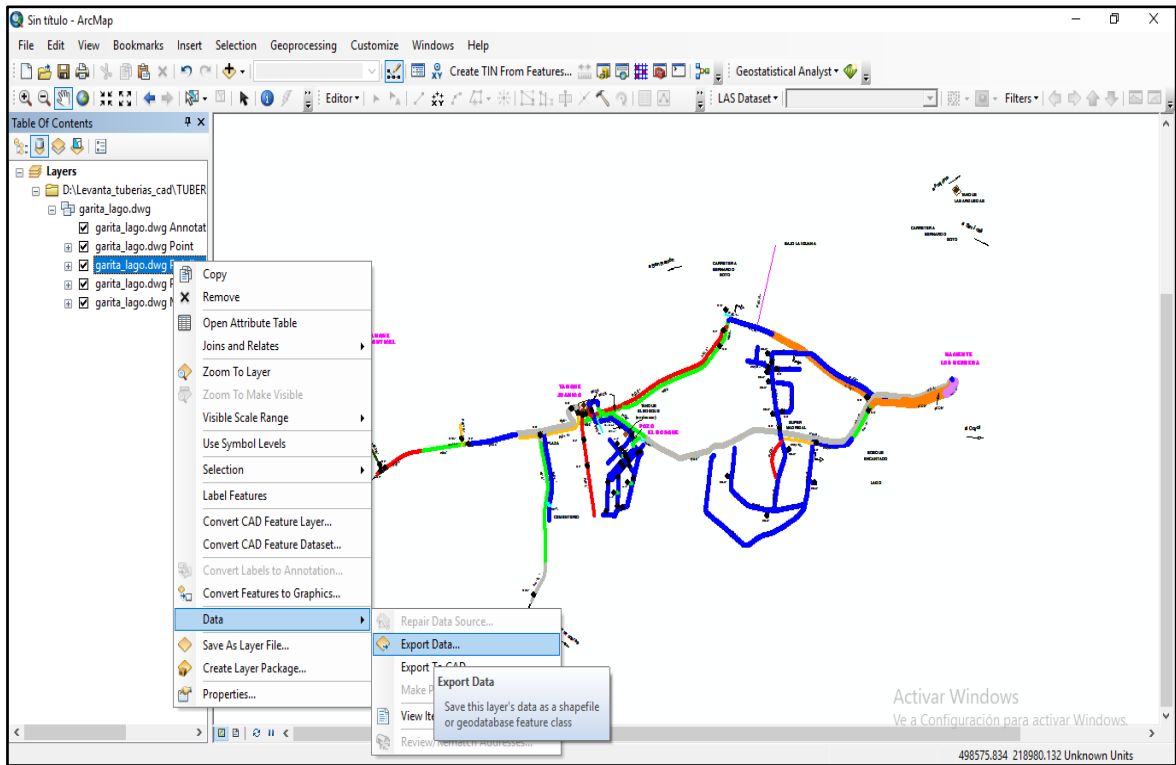


Fig.6 Archivo agregado al Arcgis y luego conver shp

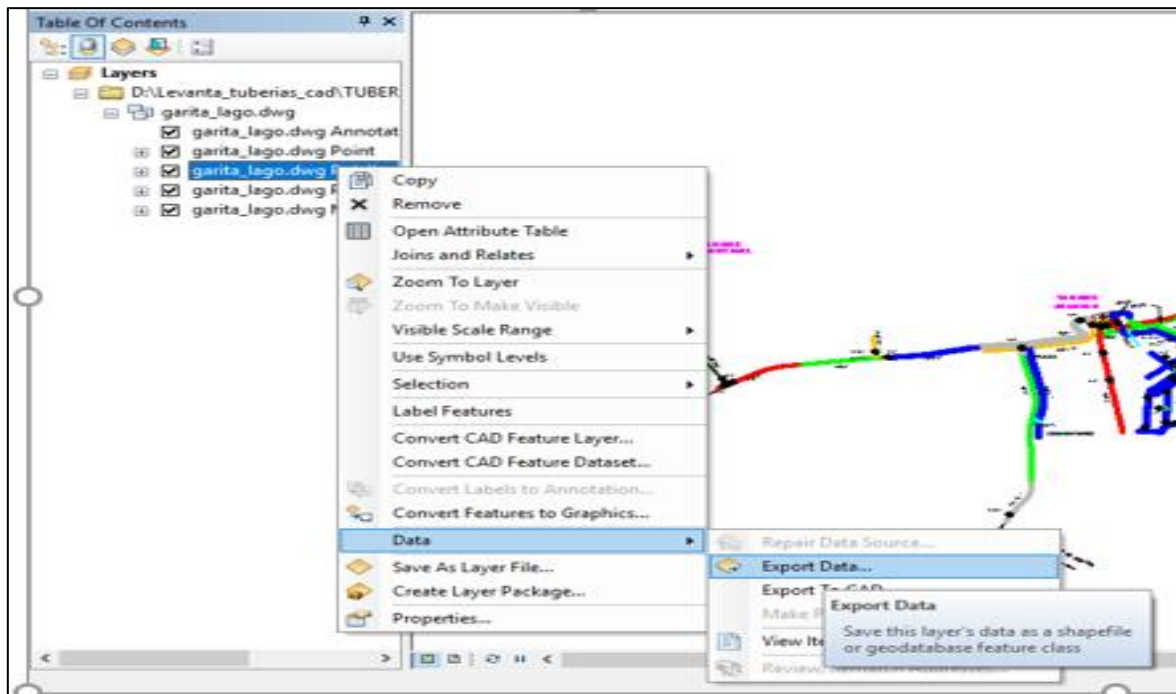
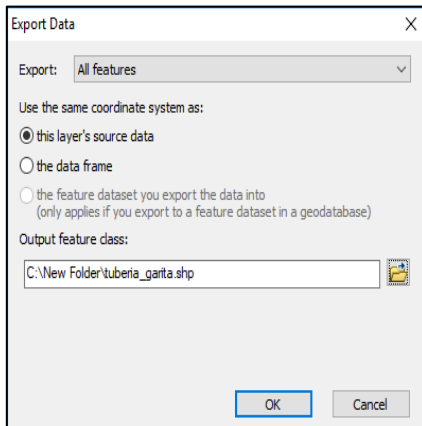
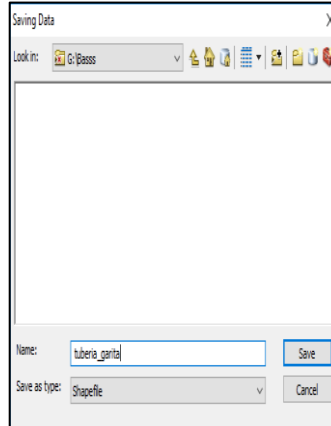


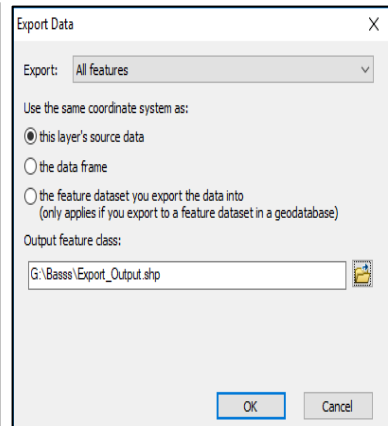
Fig.7selec.exportar arch.shp



**Fig.8 guardar ruta arch.**



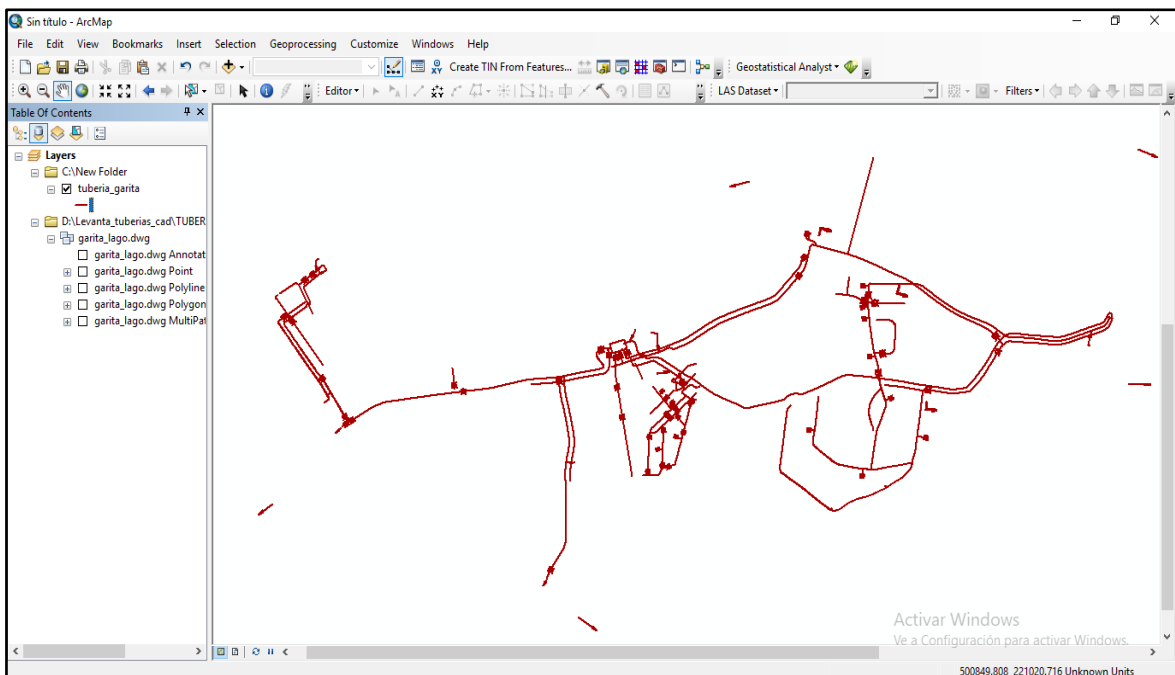
**Fig.9 darle nombre arch.**



**Fig.10. aceptar export**

Posteriormente en la opción de data-->export data se presenta una caja de dialogo en el cual se debe asignar un nombre: tuberías\_garita y guardarlo en una carpeta especifica de elección y se exportan todos los elementos que componen el archivo y se guardara como un archivo shp como se muestra en las imágenes. Luego el sistema pide agregarlo a la tabla de contenidos del Arcgis ya convertido en formato shape(shp). Y de esta forma realizamos el mismo procedimiento para los archivos de polígonos, líneas, puntos en formato dwg para convertirlos a formato shapes.

Proyección del archivo tubería\_garita.shp en el sistema Lamberth Norte



**Fig.11.arch. convertido dwg(CAD) a shp**

Los archivos de autocad.dwg garita están en el sistema de referencia Lamberth Norte por lo cual será necesario llevar a cabo una transformación de coordenadas al sistema de coordenadas CRTM05 (transversa mercator). En el programa ArcGis en la interface de Arctoolbox es necesario realizar una proyección del archivo polylinea recién convertido a formato shape a una proyección Lamberth norte como se muestra en la imagen, para realizar esto en la opción de: data management tools -->projection and transformation-->define projection como se muestra en la imagen se carga en la caja de dialogo el archivo shape tubería\_garita.shp y luego se selecciona la proyección Lamberth Norte y ok.

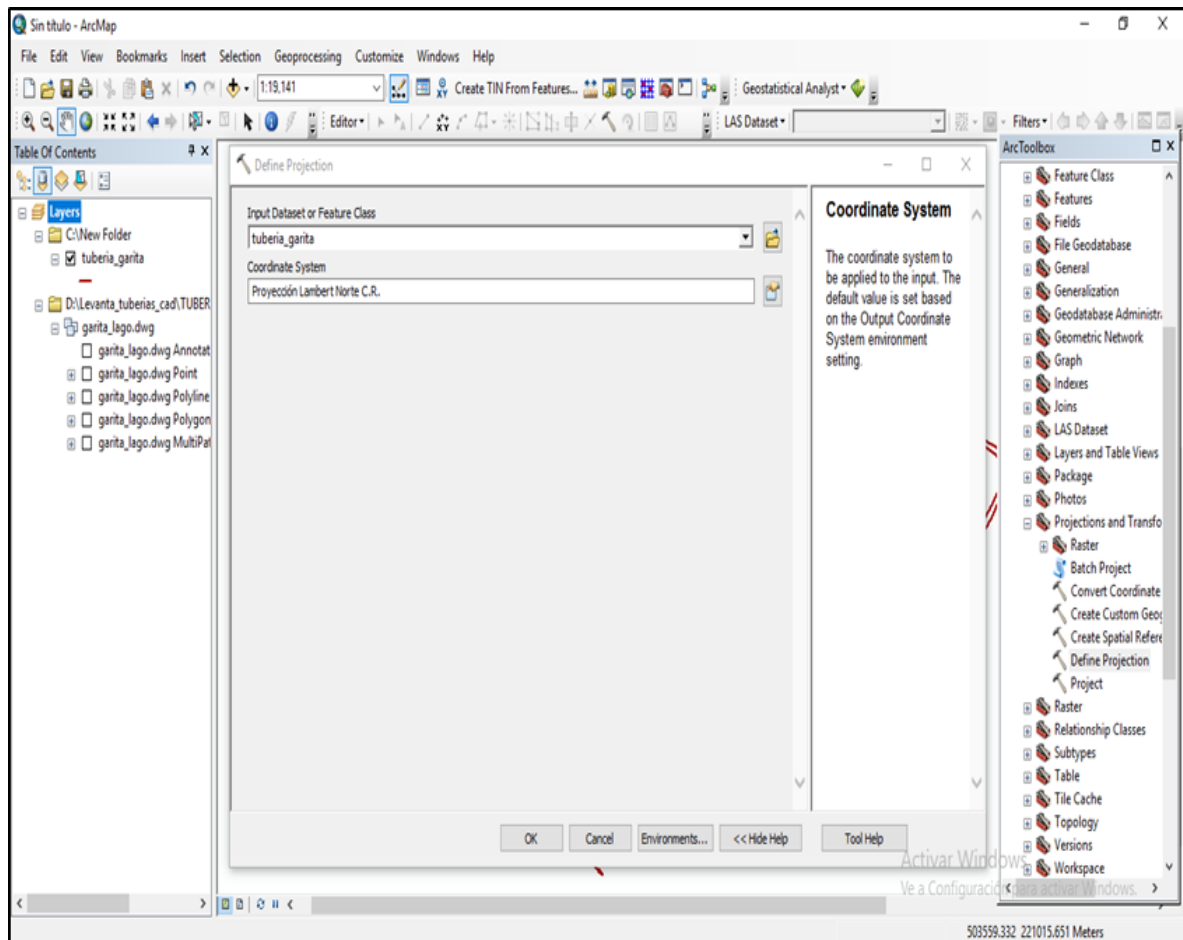


Fig.12 se define la proyec.sist.coord del archiv shp

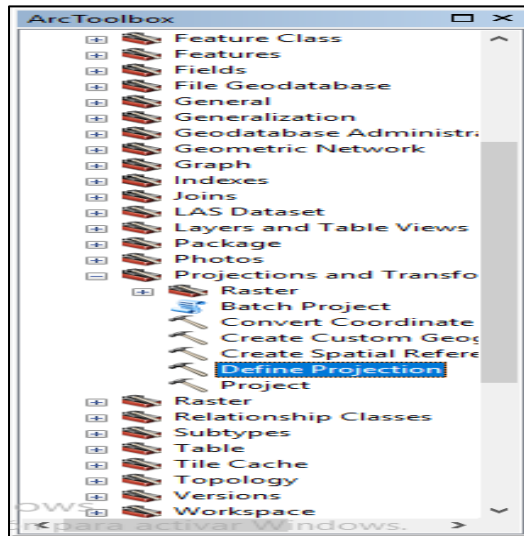


Fig.13.define project del arctoolbox

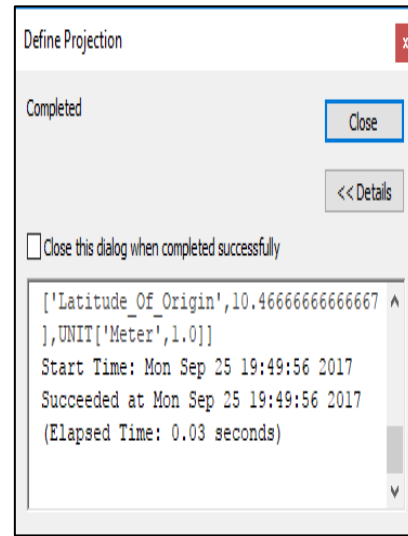


Fig.14.aceptar ok

Al realizar el paso anterior, se deber realizar la transformación del archivo tubería\_garita.shp que está en el sistema Lamberth Norte al sistema CRTM05, eligiendo para este caso la opción Project como se muestra en la siguiente imagen se introduce el archivo shape tubería\_garita.shp proyectado en Lamberth Norte se da un nombre de salida llamado tubería\_garita\_crtm05 se elige el sistema transversa mercator(CRTM05) y por elección se establece el parámetro de transformación de Lamberth a CRTM05 y luego ok.

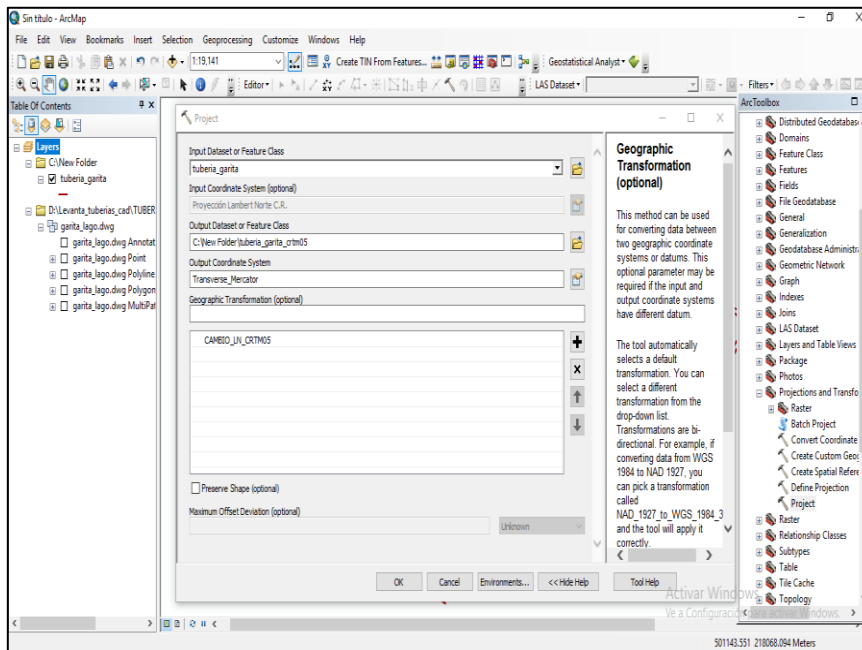


Fig.15.Transformacion del sist. Coord. Lamberth a CRTM05

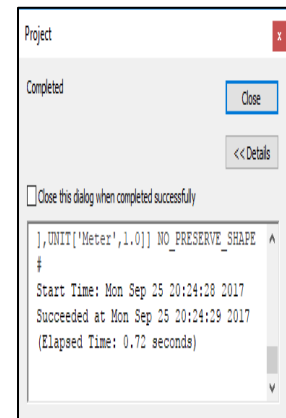
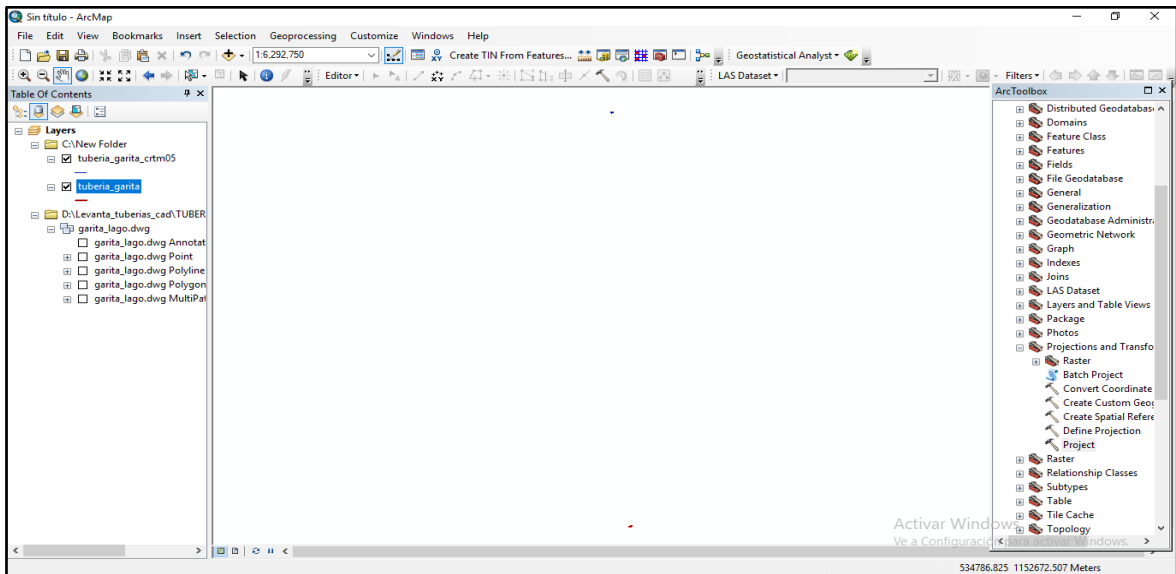
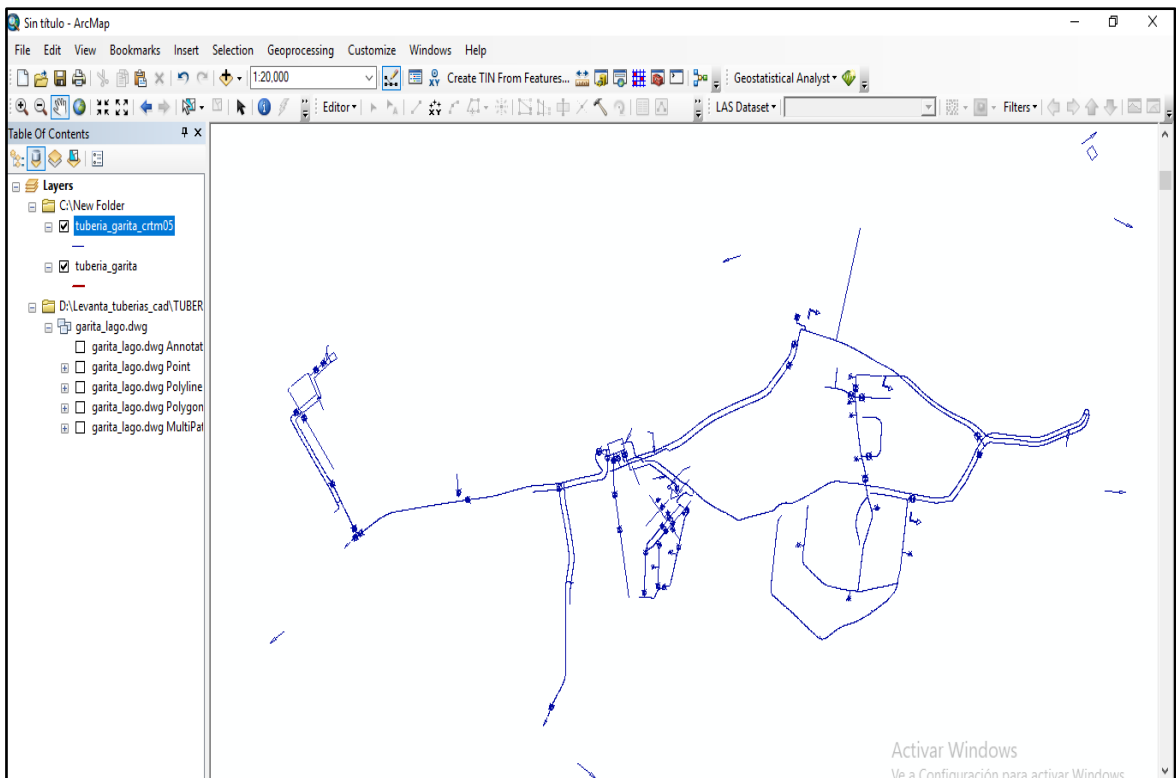


Fig.16 aceptar ok

Al realizar la transformación se aprecia dos puntos de los archivos shapes de tubería\_garita de ambas proyecciones (Lamberth Norte y CRTM05) se realizo con éxito




**Fig.17. Proceso de Transformación de coordenadas realizada**  
Proyección de archivo tubería\_garita.shp en el sistema CRTM05



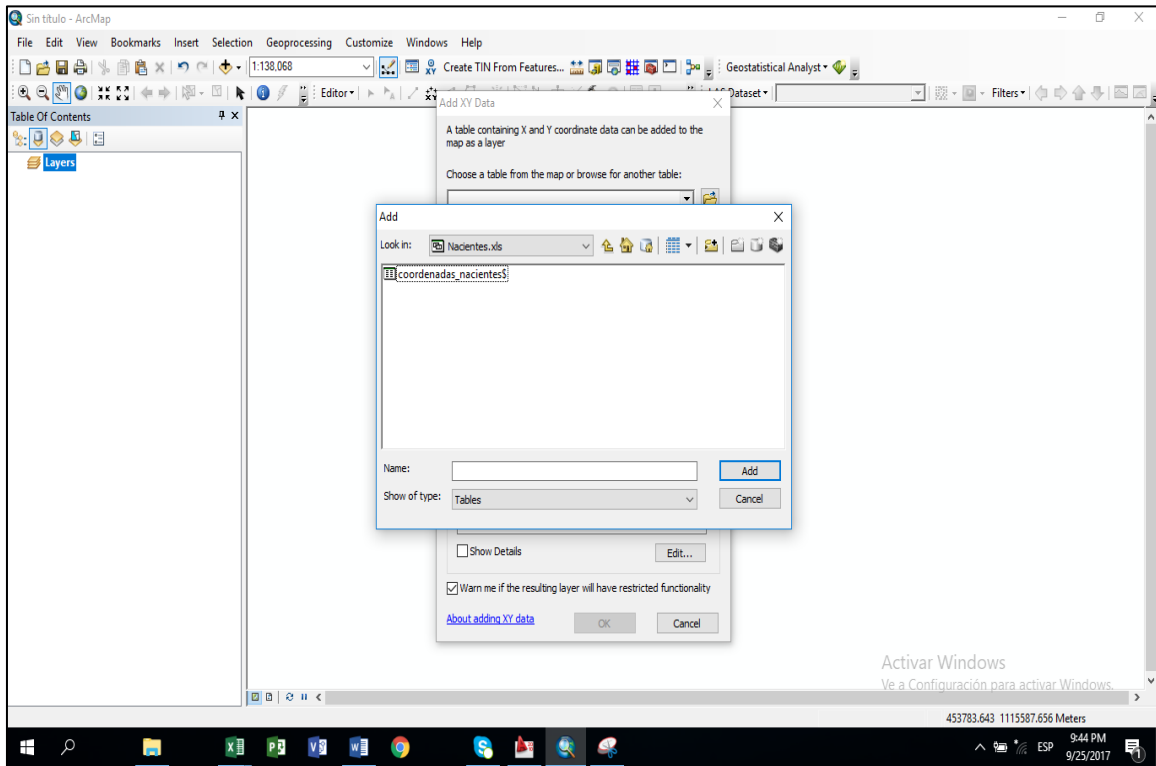
**Fig.18. Transformación del archivo al sistema CRTM05 en arcgis archivo garita distrito 13**

Por este procedimiento se realizarán todas las transformaciones de pasar de archivos Autocad de los elementos que integran el sistema del acueducto municipal al formato de shapes en Arcgis, así como su proyección y transformación al sistema CRTM05. Debemos aclarar que los elementos del sistema del acueducto municipal se encuentran georreferenciados por los cual la capas shapes transformadas se visualizaran en el lugar correspondiente del sistema integrado.

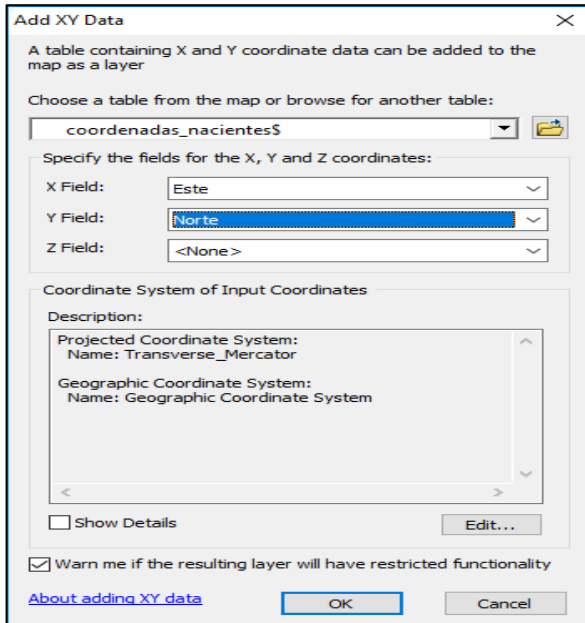
3) En el sistema la información de los datos tabuladas, en tablas de Excel las coordenadas en ( x, y ) que se levantaron con el sistema de coordenadas CRTM05 de los pozos, asadas, tanques de almacenamiento, nacientes en el cantón de Alajuela deberá ser convertidas en un archivo shapefile(shp) del Arcgis para integrarlos al sistema del acueducto municipal, por lo cual debe llevarse a cabo los siguientes procedimientos:

mediante el icono  de agregar coordenadas en (x, y) que se encuentra en barra de herramientas del Arcgis para plotear las coordenadas, el cual reconoce y lee el campo en X y el campo Y ,que están tabulados los datos y mostrara una nube de puntos eligiendo una proyección cartográfica, para nuestro caso el sistema será el CRTM05 (Transversal Mercator para Costa Rica) y que posteriormente se convertirá a un formato Sapas y se exportara a la Geodatabase de medidores de este sistema. Posteriormente se establecerá un radio de protección de 200 m según la reglamentación de plan regulador 2004 de Alajuela, mediante una opción con la herramienta en Arctool box del arcgis llamada Buffer. Este mismo procedimiento se aplicará para los puntos de tanque de almacenamiento, pozos, Asadas.

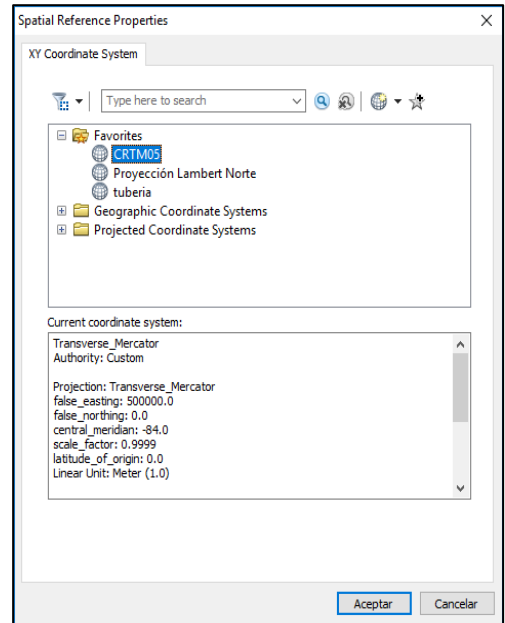
Por ejemplo, las nacientes del Cantón de Alajuela que están tabuladas en una tabla excel, se debe apretar este icono y se busca en la ruta el archivo que contiene esta información mediante un formato con los campos: Nombre, Este(m), Norte(m) tal como se muestra en la siguiente imagen.



**Fig.19.agregar arch.excelde coord conv shp**



**Fig.20.elegir campos x,y**



**Fig.21.elegir proyeccion CRTM05**

En la primera imagen se muestra el archivo excel de la tabla de coordenadas de nacientes del canton de Alajuela y en la segunda imagen se selecciona los campos Este y Norte que contiene este archivo excel como campos y en la tercera imagen se selecciona la



proyeccion CRTM05 y luego aceptar. El cual se aprecia el ploteo de los puntos de las nacientes ubicadas en el canton de Alajuela mediante sus coordenadas.

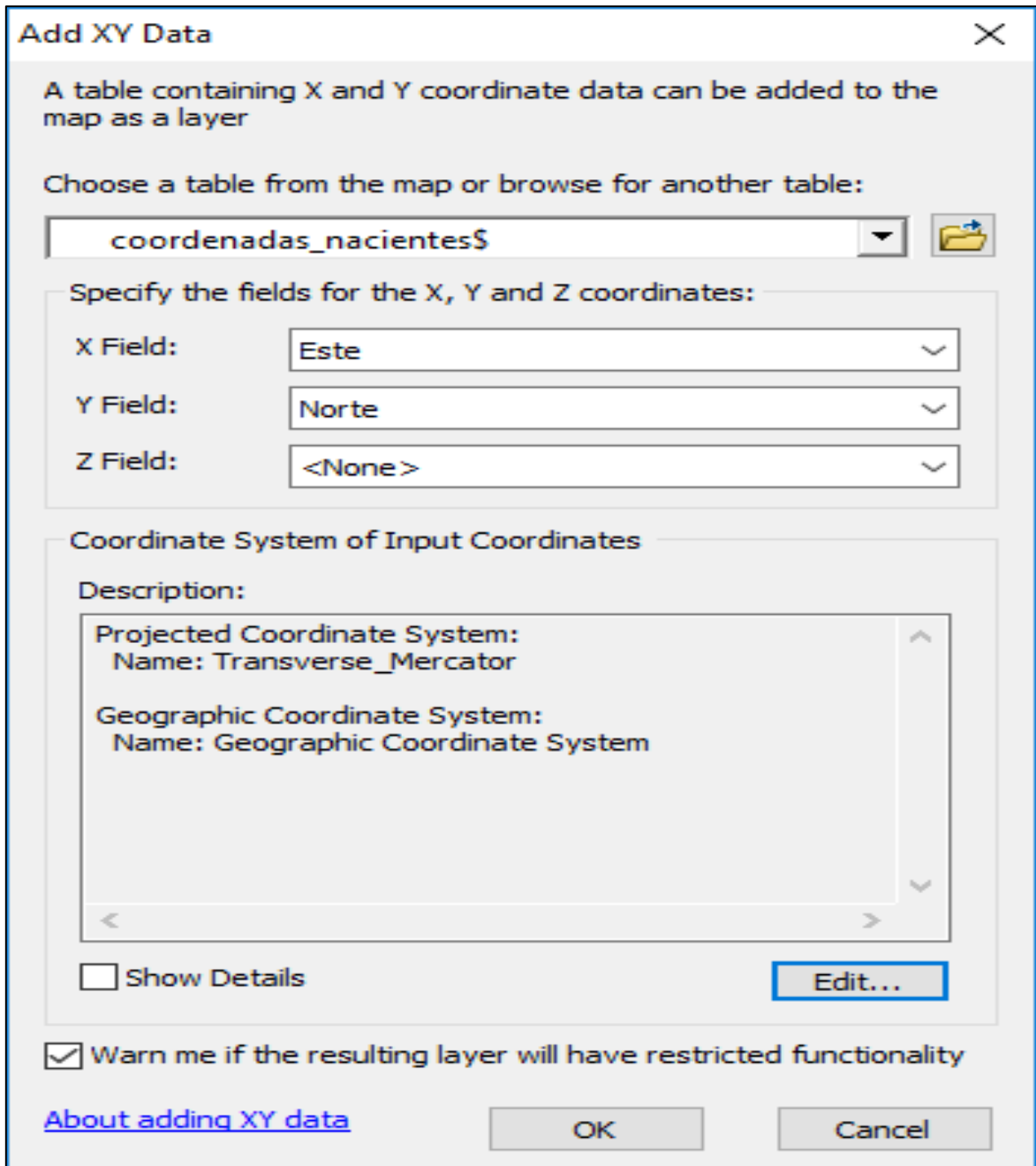
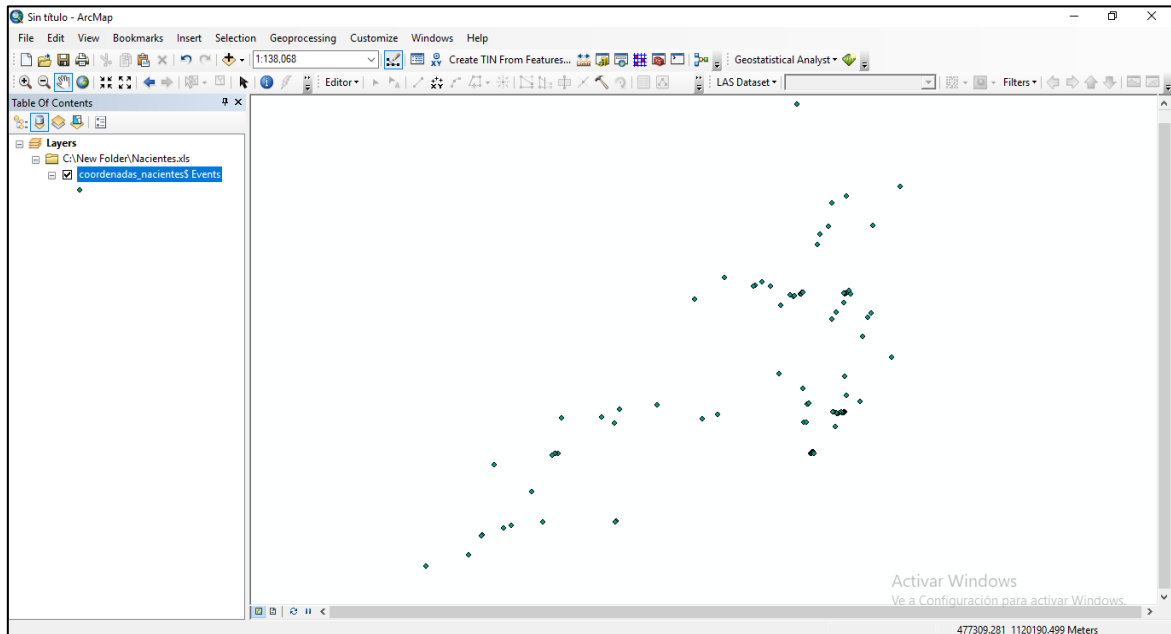
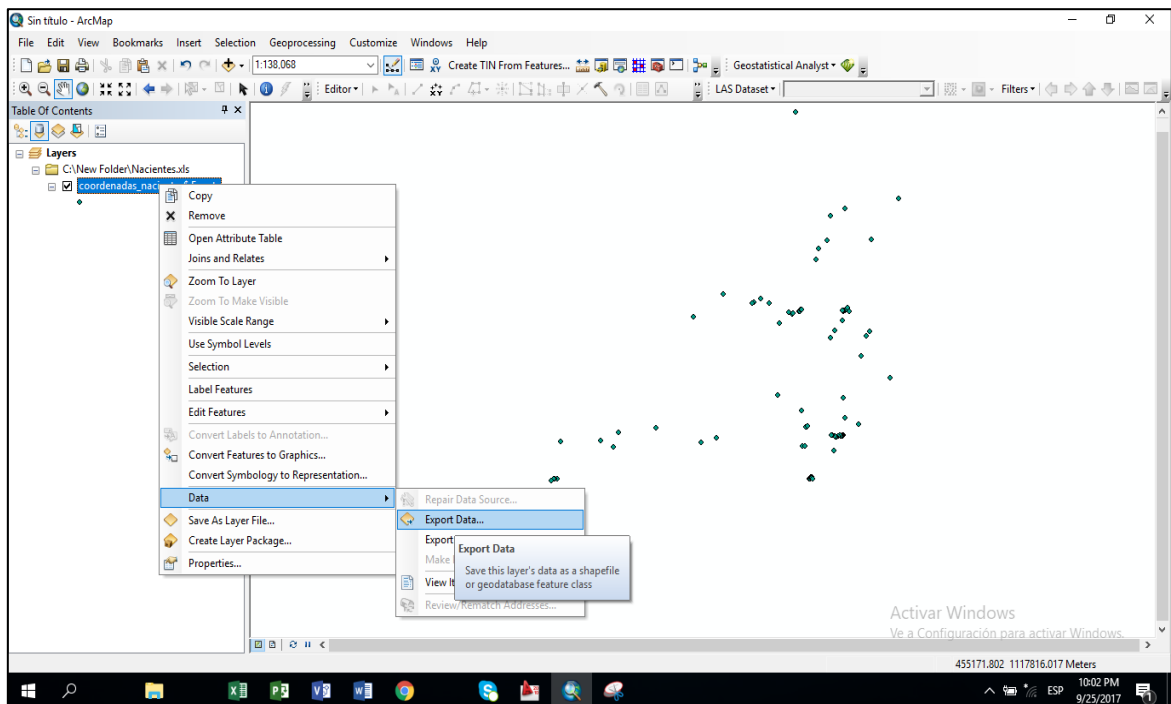


Fig.22. se eligen campos X y Y



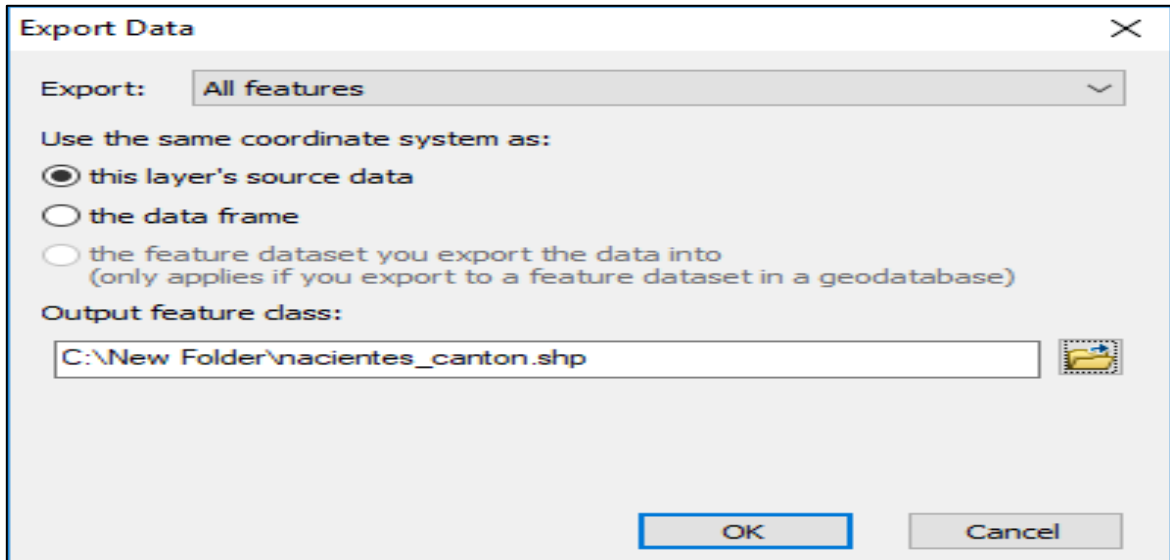
**Fig.23. se forma la nube de puntos planteada de las nacientes**

Posteriormente este ploteo de coordenadas se debe convertir en un formato shape para poder trabajarlo en el programa Arcgis y poderlo editar. Para la transformación a formato shape (shp) se da click derecho al archivo de coordenadas nacientes en la tabla de contenidos como se muestra en la imagen.

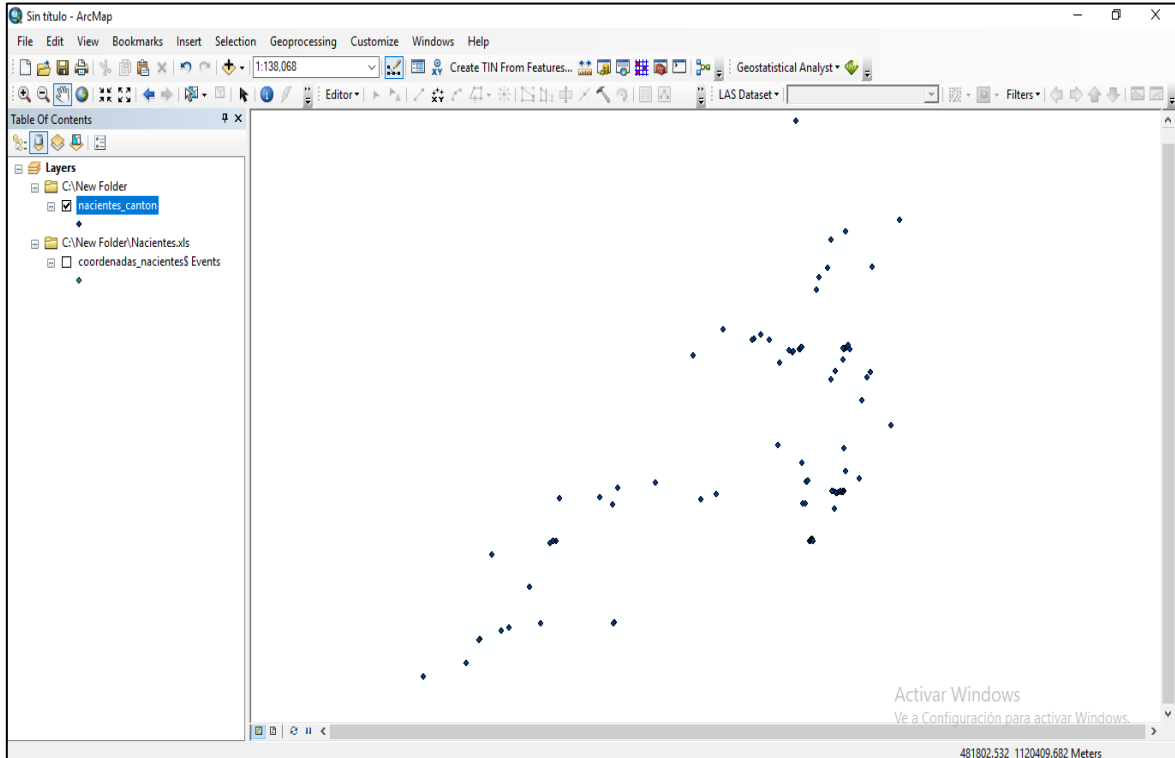


**Fig.24 se exporta esta nube de puntos para conv. en un shp**

Y por medio de **la opción de data**→**export data** se presentan una caja de dialogo en la cual se elige la ruta para guardar el archivos mediante un nombre: nacientes\_canton en una carpeta especifica y se exportan todos los elementos como un archivo shape (shp) como se aprecia en la imagen y se aprecia la tabla de atributos del shape.



**Fig.25 se exporta archivo**



**Fig.26 nube de puntos convertida en formato shp**

FID	Shape *	Nombre	Este	Norte
0	Point	Laguito Phillips	46262	110056
1	Point	Cebadilla (Captación 1)	46503	110189
2	Point	Cebadilla (Captación 2)	46500	110186
3	Point	San Miguel	46595	110218
4	Point	Quiros	46627	110230
5	Point	La Pradera (Captacion 1 y 2)	47076	110247
6	Point	La Pradera (Captacion 3)	47074	110245
7	Point	Siquiaraes (Captacion 1)	46763	110243
8	Point	Los Llanos	46714	110371
9	Point	Los Herrera (Captacion 1)	46827	110532
10	Point	Los Herrera (Captacion 2)	46816	110531
11	Point	Los Herrera (Captacion 3)	46815	110531

Fig.27. tabla de puntos

De esta forma todas las tablas que contienen informacion tabular de coordenadas se aplicara este procedimientos para convertir al formato de archivo shapefile y apreciar las visualizacion grafica de ploteo de puntos de coordenadas en el sistema CRTM05 para los archivos de pozos,asadas, tanque de almacenamiento, y las nacientes.

Para crear los buffers de la protección de las nacientes, según el plan regulador 2004 de Alajuela es de 200 m en Arc toolbox del Arcgis y seleccionar: **Analysis tools→proximity→Buffer** se presenta una caja de dialogo para introducir la capa de nacientes\_canton.shp indicar 200 m y guardar el shape de salidad en una carpeta especifica y ok.

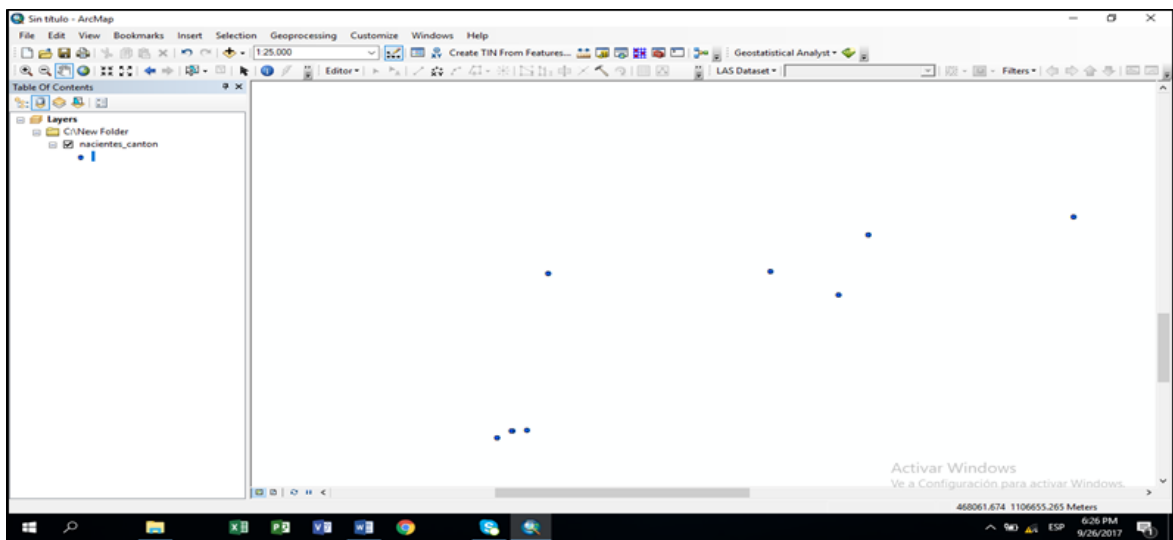
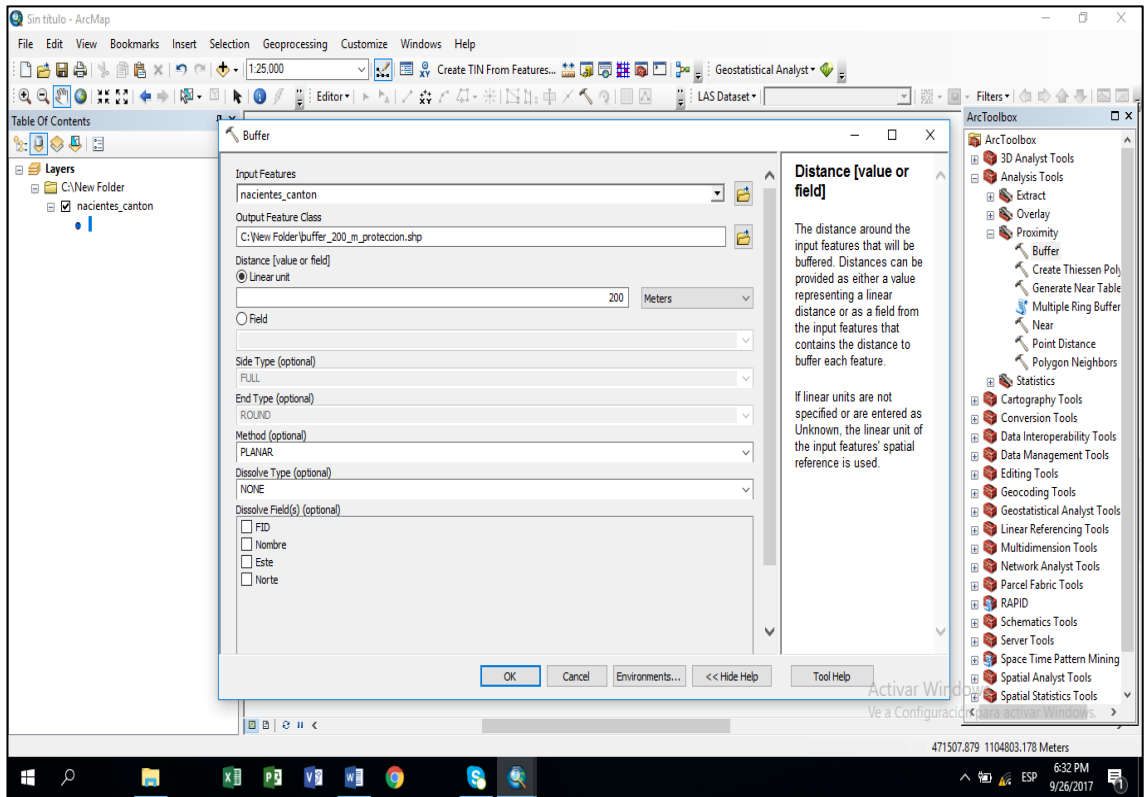
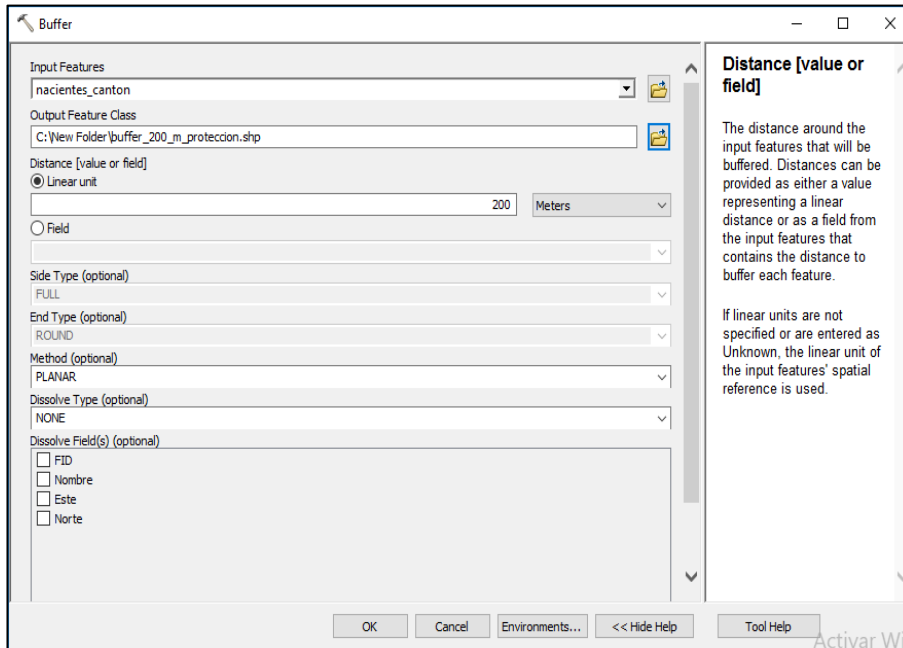


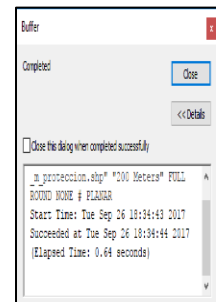
Fig.28 puntos de nacientes del cantón



**Fig.29 crea buffers de 200 m de protección para nacientes**

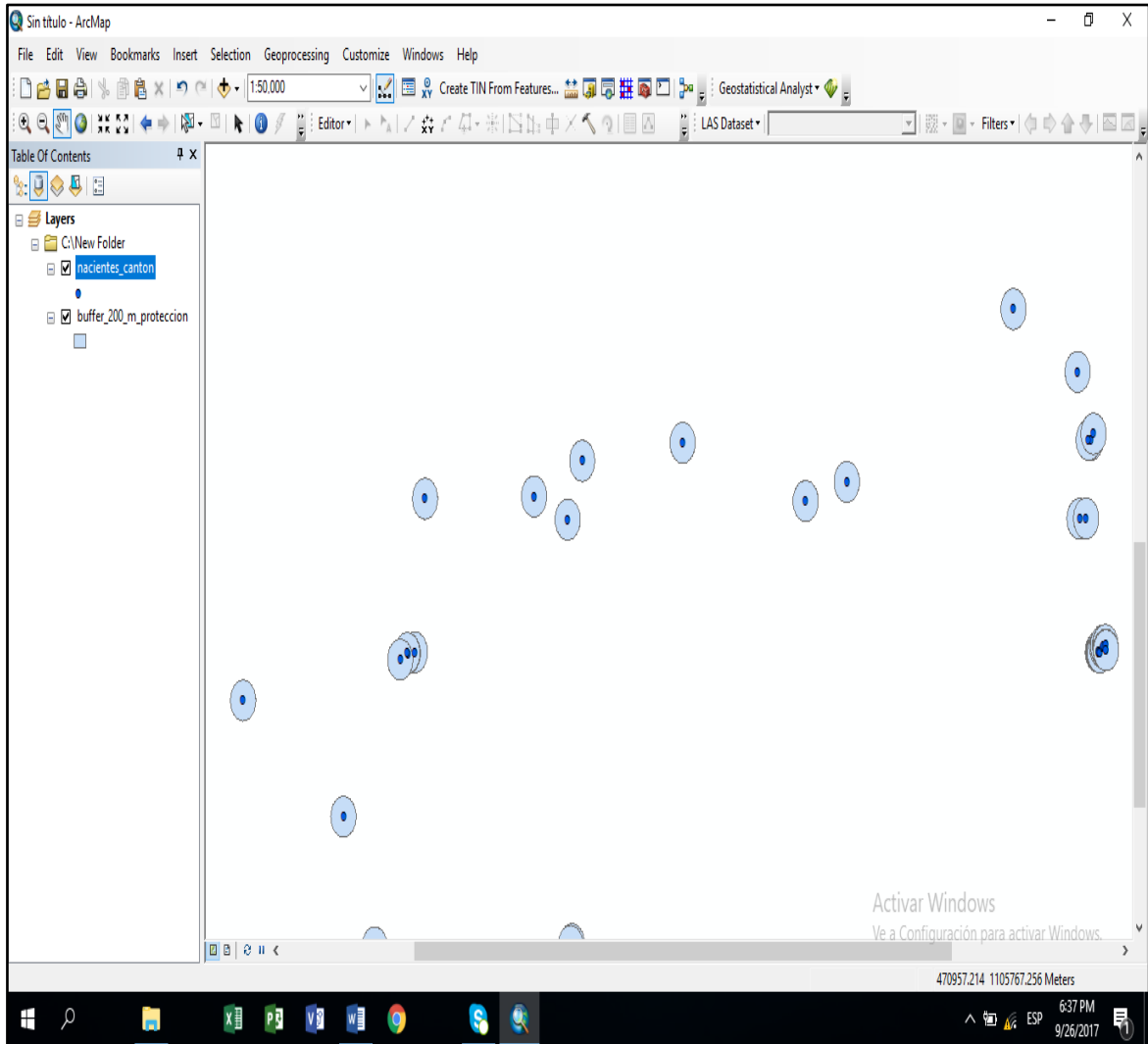


**Fig.30 parametros de entrada crear buffer**



**Fig.31 completado proceso buffer ok**

Luego de realizar el proceso de la opción del Buffer se presenta el resultado: el cual se realiza el mismo proceso para los pozos pero con un buffer de 30 m



**Fig.32** buffer de 200 m de proteccion de las nacientes del canton

4) El Mapa Catastral(predios) del Municipio de Alajuela es de gran importancia para el diseño de este sistema porque se encuentran ubicados todos los lotes, con la información alfanumérica de cada uno de los lotes urbanos y rurales del cantón con sus campos de atributos del número de identificador de cada predio, distrito, provincia, cantón, en el sistema de proyección CRTM05.

5) Se requiere tener la tabla fincas, esta tabla contendrá los campos de atributos como el número de identificador de cada predio, el número de finca, número de distrito, provincia y cantón.

6) La tabla de planos de catastro contendrá los campos de atributos como el número de identificador de cada predio, el número de Plano, Año, número de distrito, provincia y cantón.

7) Con la tabla en formato ( dbf ) de la información de medidores dada por el departamento de acueductos municipal que contiene los campos de atributos de número de finca, número de plano, los números de medidores (Hidrómetros) que contienen paja fija y medida, número de identificador del predio de cada lote, número de cedula del propietario, nombre del propietario, así como como campos nuevos que contendrá esta tabla como son el número trámite o boleta, número de resolución, nombre, cedula, teléfono, aprobación, rechazo del agua, número de medidor, consumo mensual (m<sup>3</sup>), responsable, observaciones de la disponibilidad de agua dado por el departamento del acueducto, un campo si le corresponde a la Municipalidad o a la ASADA del lugar del distrito

8) Los archivos shapes del Plan regulador 2004 proporciona las capas de zonificación de zona de protección y de nacientes y las zonas de densidades en el sistema de proyección CRTM05 para el análisis de la disponibilidad del agua

9) Para realizar la relación entre el Mapa Catastral (predios) con las tablas de fincas y planos, utilizando como campo llave primaria el número de **Identificador** de cada predio del mapa con el número de identificador de la tabla fincas mediante una relación de uno a mucho. Esto se realiza de la siguiente forma haciendo click derecho en la capa predios y con la opción **JOIN AND REALATES --> RELATE** establecer la relación para cada tabla en forma individual como se muestra en la imagen. En esta caja de diálogo elegimos el campo de identificador de la capa y de la tabla para la relación.

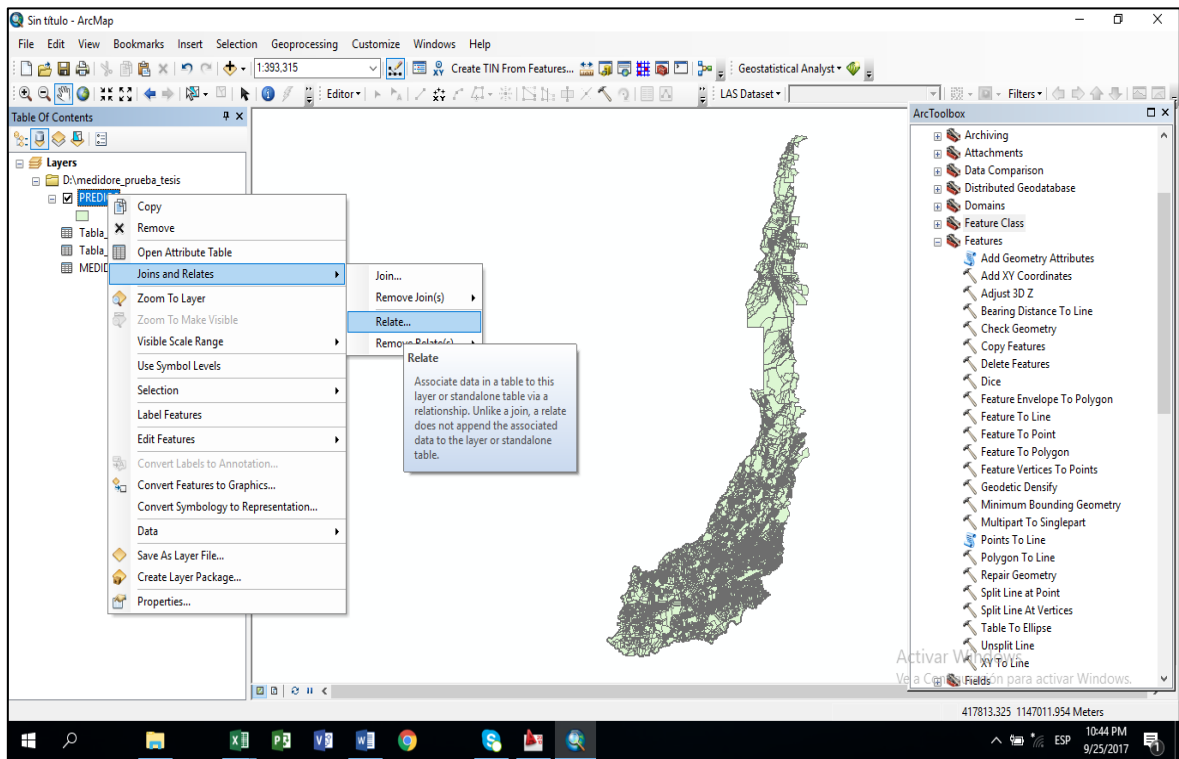


Fig.33 relacionar temas con tablas con join and relates

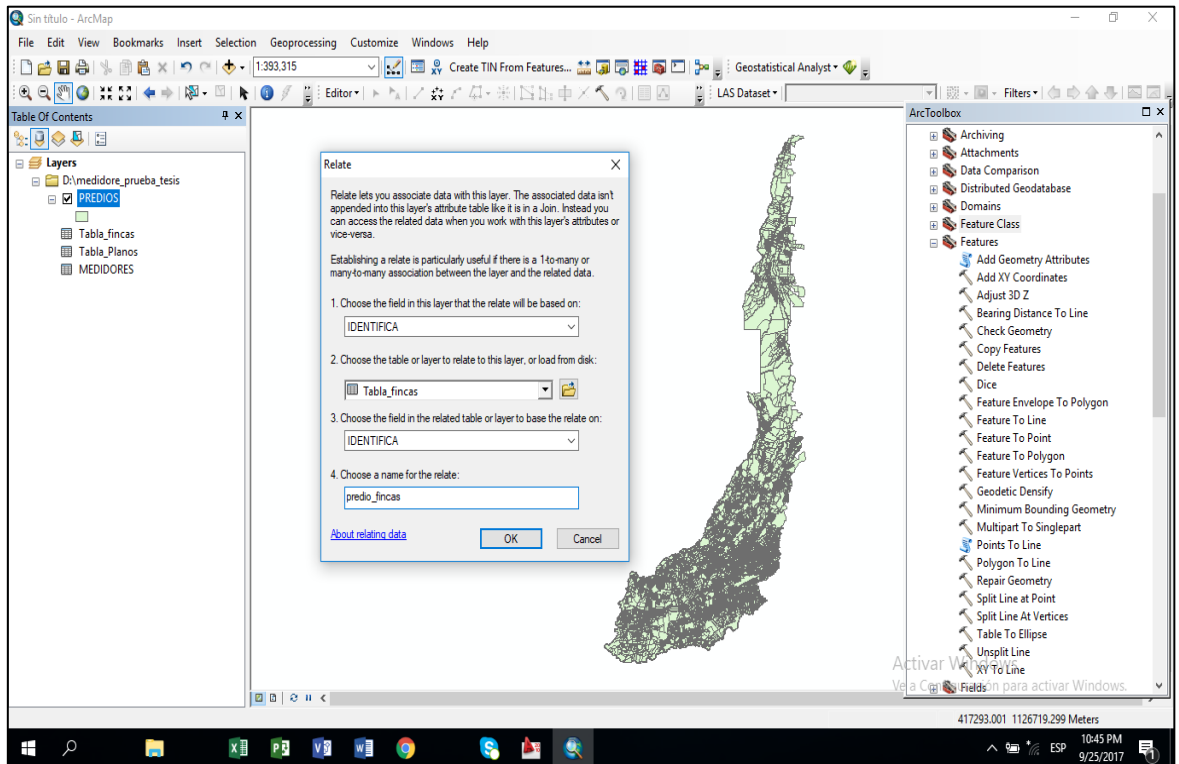


Fig.34 parámetros de entrada de campos llaves relates



10) Resuelto lo anterior establecer nuevamente una relación de uno a muchos del mapa catastral(predios) con la tabla de medidores, utilizando como campo llave primaria el **número de identificador** de cada predios de esta capa, con el número de identificador de predios de la tabla medidores como llave foránea, con el procedimiento anterior mencionado dando click derecho en la capa del mapa catastral(predios) mediante un **JOIN AND REALTES→RELATE**. En esta caja de dialogo elegimos el campo de identificador de la capa y de la tabla para la relación y le damos un nombre: **predios\_medidores**.

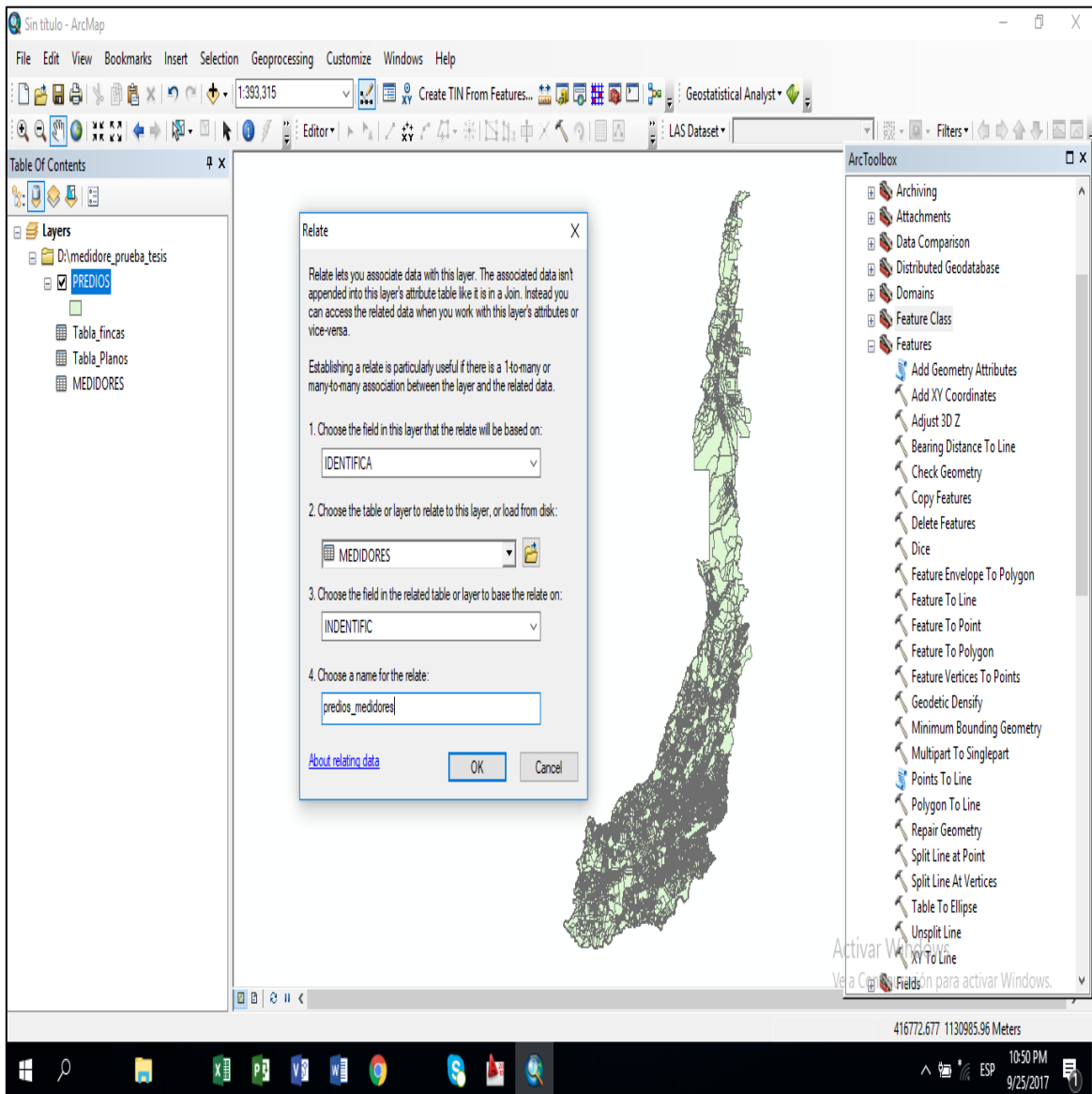


Fig.35 se eligen los campos para relacionar y luego ok

11) Posteriormente realizado los pasos anteriores de la capa del mapa catastral(predios) con las tablas de fincas y de planos e igualmente con la tabla de medidores. Abrir la tabla de medidores y seleccionar todas las fincas o registros y luego mediante una relación espacial ya establecida con la capa del mapa catastral (predios), **en el menú principal de Arcgis en selection con la opción are within (clementin) layer feature o en la misma tabla de medidores con la opción related tables: predios\_medidores** se mostrarán resaltados todos los predios que contienen medidores con un color amarillo por default en la capa del mapa catastral(predios) y luego desde el mapa catastral(predios) haciendo click derecho y con la **opcion data→export data** se exportaran todos esto elementos seleccionados que contienen al menos un medidor para guardarlo con el nombre de **mapa de predio de medidores**. Estos procedimientos se describen en las siguientes imágenes.

### 3.1 IMÁGENES DE ALGUNOS PROCEDIMIENTOS PARA CONSTRUIR EL SHAPE DEL MAPA DE MEDIDORES EL SISTEMA DEL ACUEDUCTO EN S.I.G

En Shape del cantón de Alajuela, dar clic derecho y en join and Relates en relate realizar la asociación con las tablas medidores Fig.36

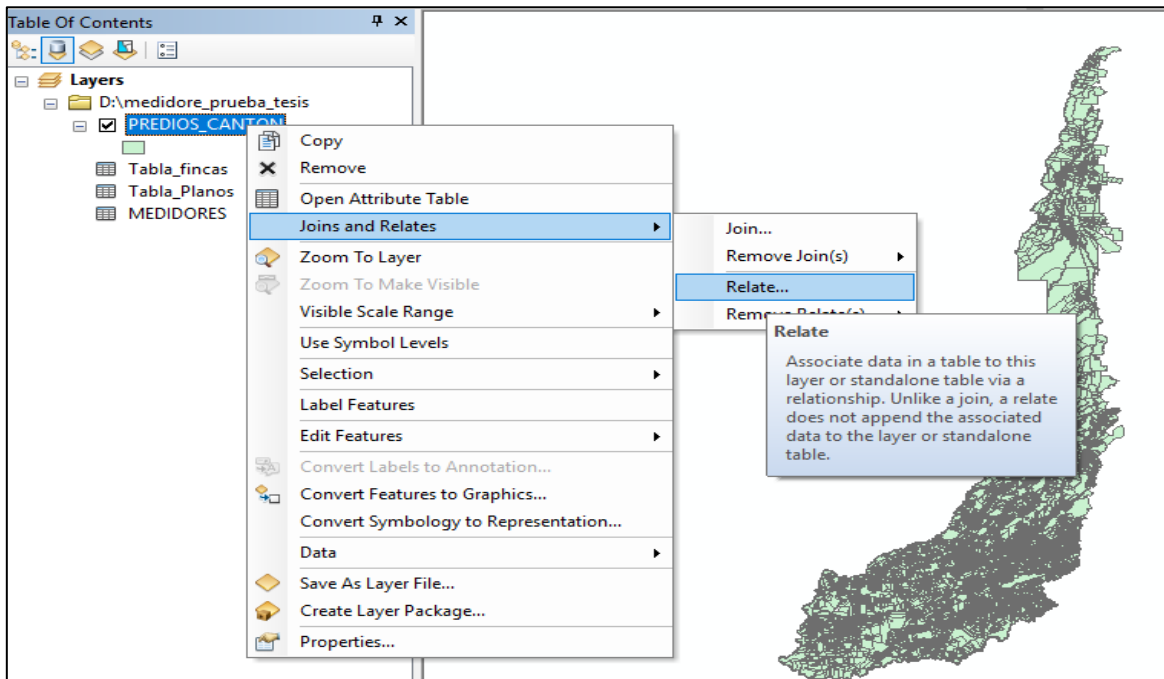


Fig.36 relacionar mapa catastral y tabla medidores

En esta caja de dialogo de relate seleccionar el campo llave primaria y la llave foránea del Shape predio y las tablas medidores Fig.37

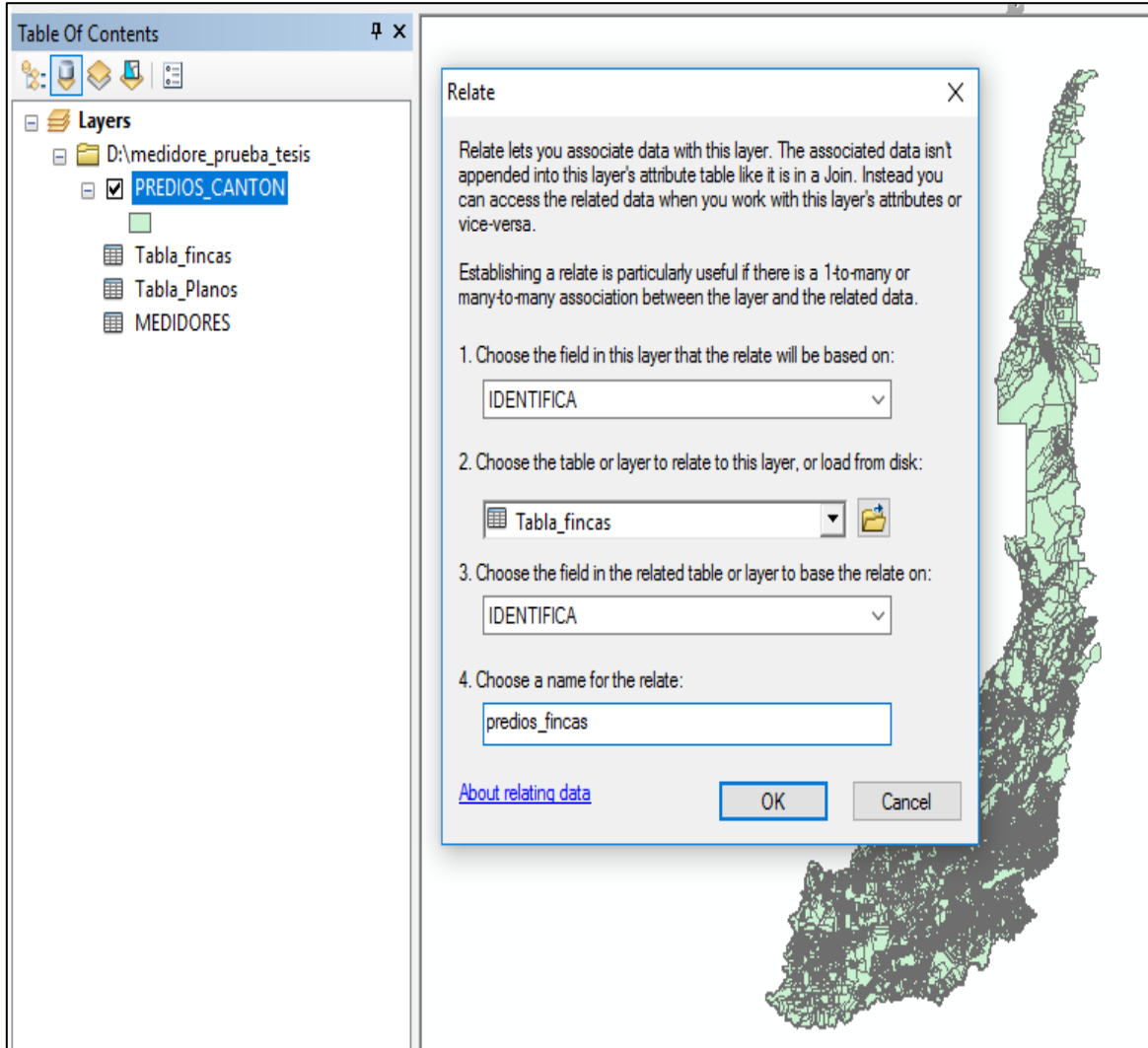


Fig.37 campos llaves para relacionar

realizar las relaciones del shape de predios con la tabla de medidores seleccionar todos los registros de fincas en medidores y activar la relación para mostrar los predios que tiene medidor mediante **related tables** Fig.38

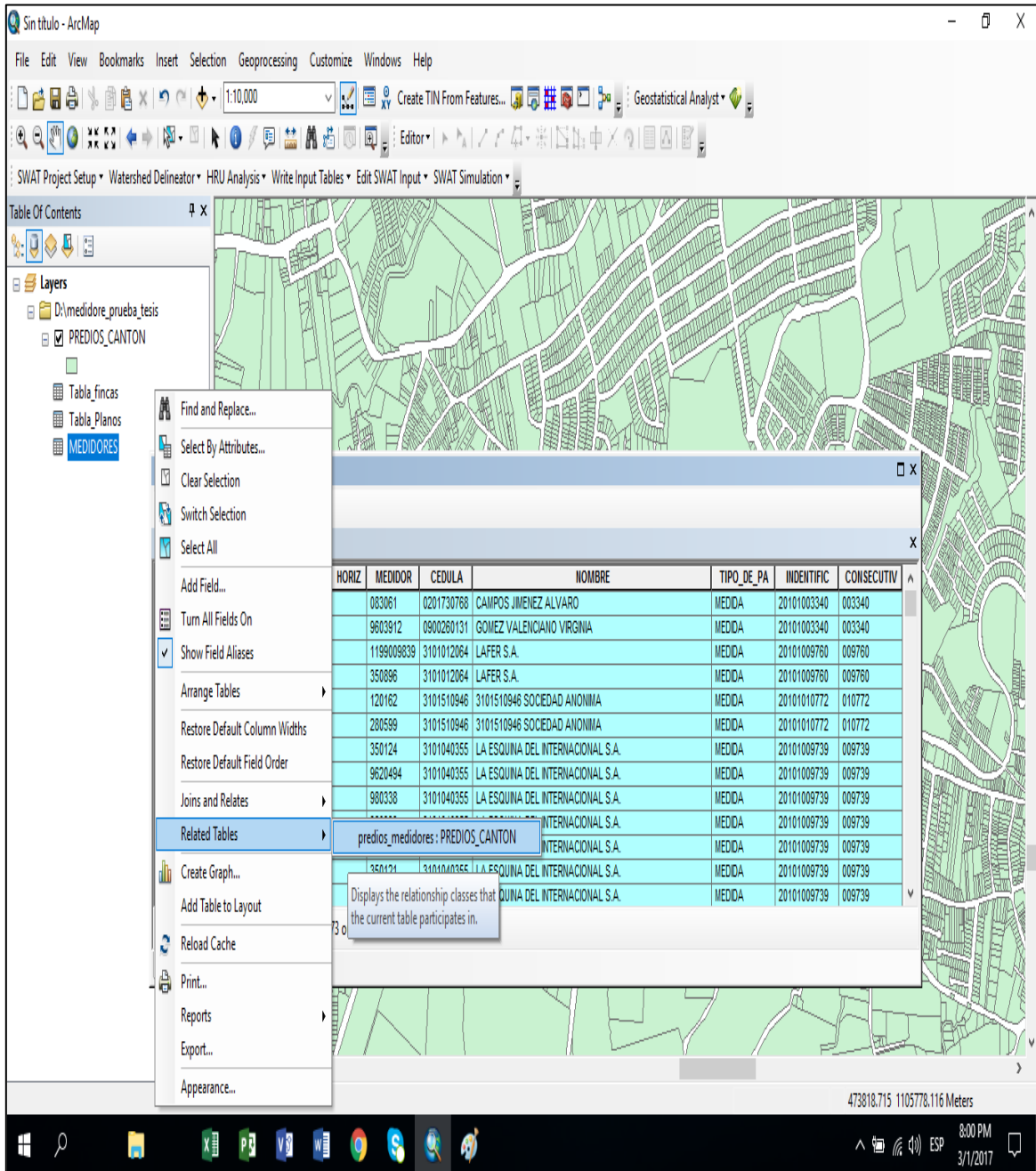


Fig.38 seleccionar todos los registros tabla medidores

Realizado lo anterior se mostrarán todos los predios que tiene al menos un medidor como se logra apreciar entre el shape del mapa catastral I (predios) y la tabla de medidores Fig.39

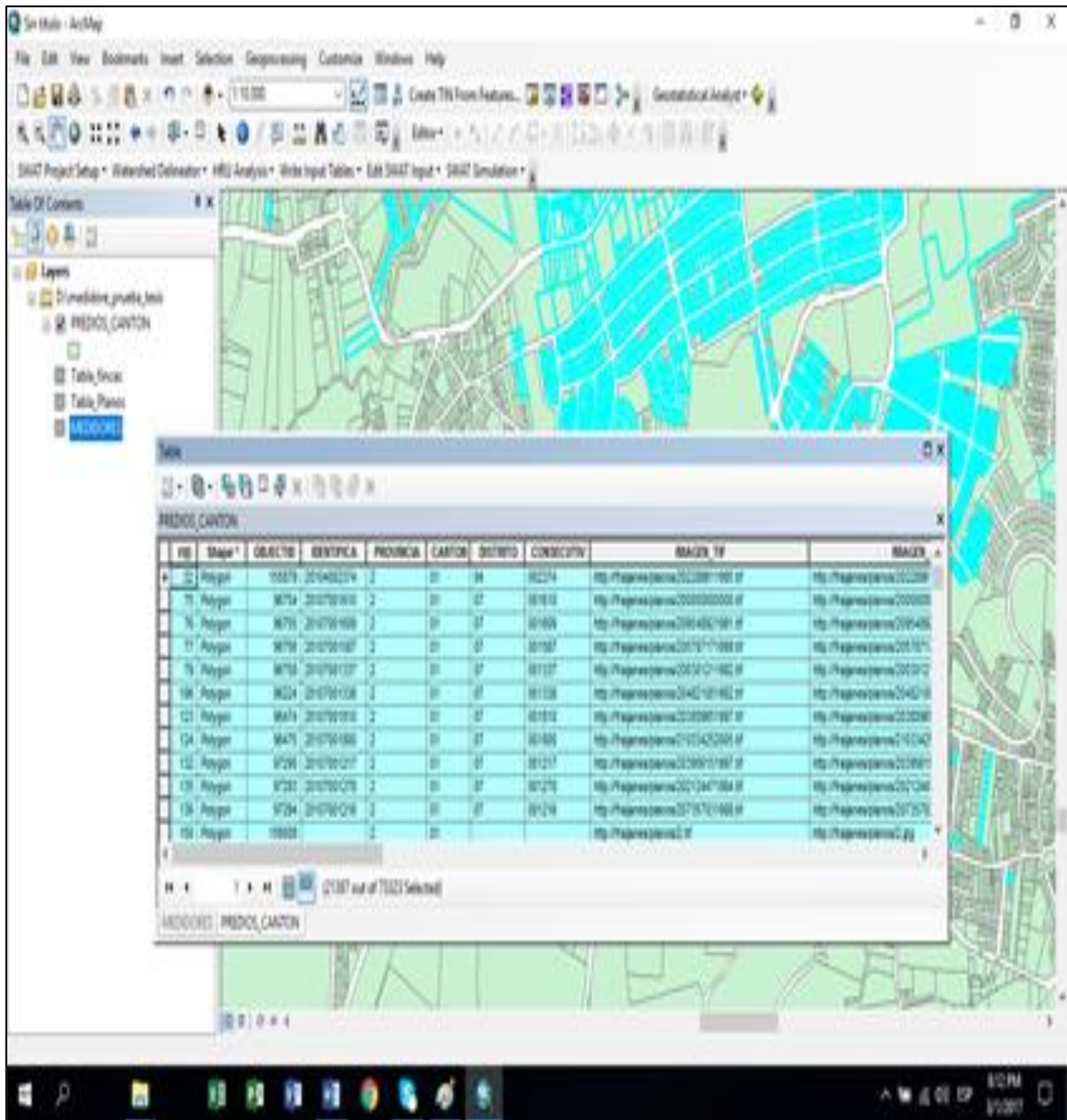


Fig.39 se aprecia predios seleccionados y visualización de mapa catastral

Se muestran todos los predios en el cantón de Alajuela que poseen al menos un medidor donde la municipalidad brinda el servicio de agua potable Fig.40

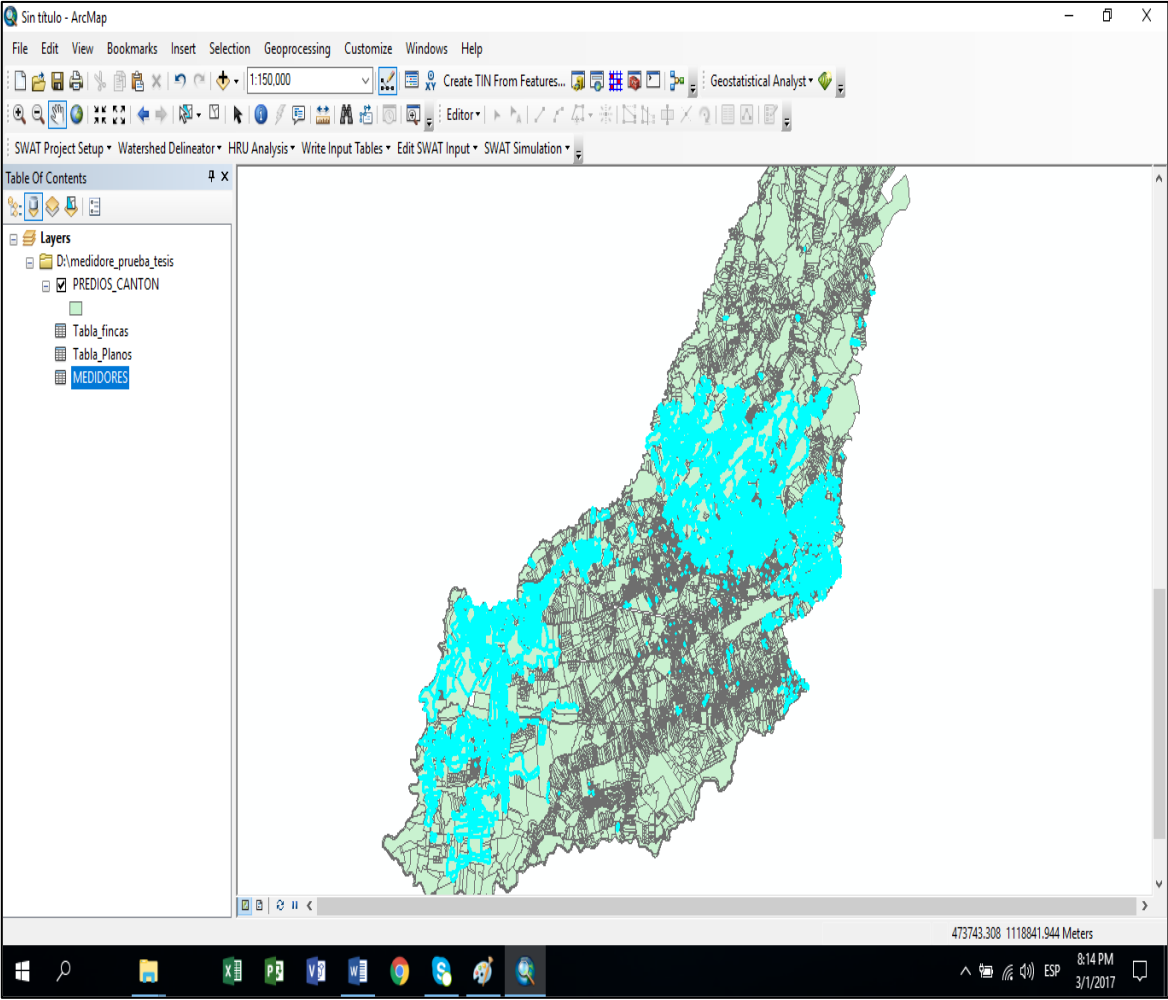


Fig.40 predios selecc.mapa catastral(predios)



Dar click derecho al mapa catastral(predios) y Exportación de los predios seleccionados mediante la opción **data→export data** y luego le damos el nombre de mapa de medidores Fig.41

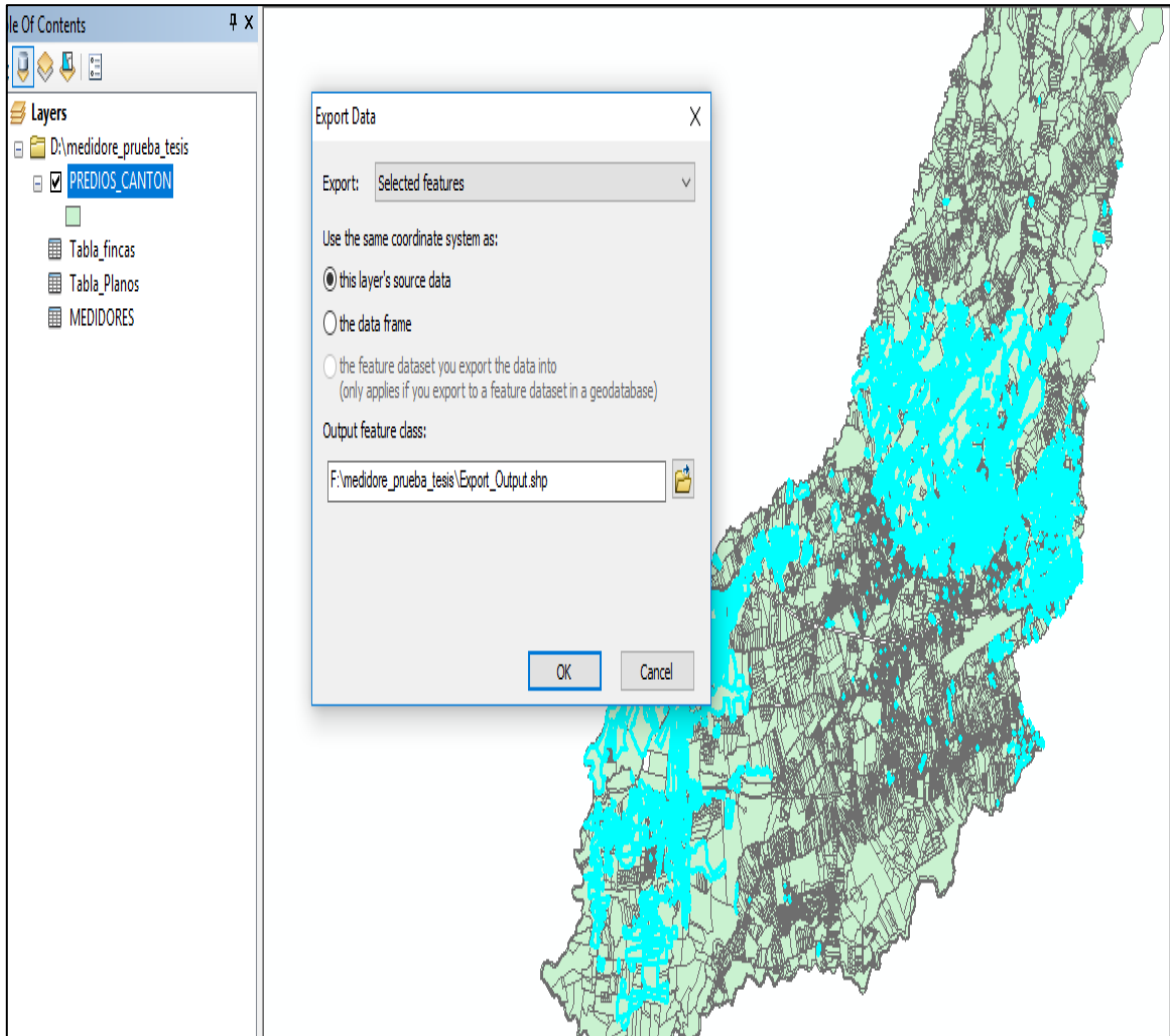


Fig.41 se exportan los predios seleccionados del mapa catastral(predios)

En esta imagen se muestra el mapa de medidores del cantón de Alajuela con base en la relación de la tabla medidores y el shape de predios, la cual posteriormente se exporto dando click derecho en el shape de mapa catastral y con **data→export data** se exportan todos los elementos y se guarda como el shape de medidores Fig.42

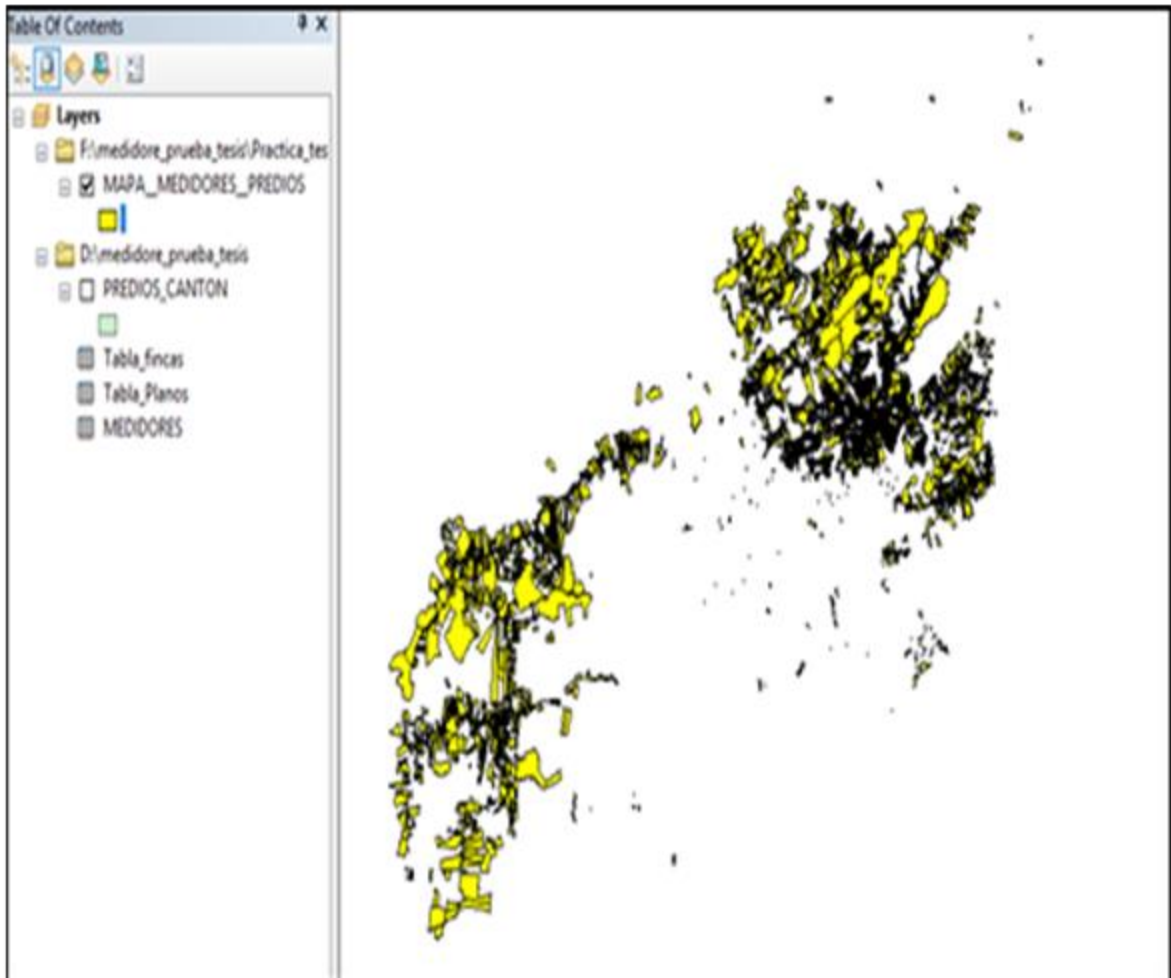


Fig.42.mapa de medidores, creado nuevo shape

12) En este proceso anterior se genera el mapa de predios de medidores del cantón de Alajuela y luego se relaciona este mapa de medidores mediante el campo llave primaria llamado Identificador, con el campo llave foránea de la tabla de medidores llamada también identificador. Ambos servirán de base para posteriores actualizaciones y modificaciones de nuevos medidores que se incorporarán al mapa de medidores y a la tabla de medidores con nuevos registros en los atributos(campos) de la tabla medidores.



13) Para la integración de este sistema se requiere de la creación de una GEODATABASE.gdb (llamada: MEDIDORES) con unas subcarpetas llamadas data set para establecer la topología y organización de las diferentes capas que estarán dentro de ella como son: Polígonos, Línea, Puntos, anotaciones, creadas desde EL ARCCATALOGO utilizando como sistema de proyección el CRTM05, ya que el aumento de la información del acueducto, actualización y mantenimiento comenzara incrementase con el tiempo. La Geodatabase es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica con una alta capacidad de almacenamiento, mediante carpetas llamadas data sets geográficos de varios tipos, para organizar la información contenida en el sistema de una Base de Datos y que permitirá relacionar los Shapes con las tablas mediante una **relationShip class** para el vínculo de agregar e introducir información en los registros de las tablas de nueva información , además permitirá editar para realizar modificaciones en el mapa como dibujar, cortar, unir ,que será necesario para el mantenimiento de la información.

Para crear una Geodatabase se realiza en Arccatalog para exportar luego los archivos shapfiles generados y las tablas. Esta geodatabase se llama: medidores Fig.43 y Fig. 44

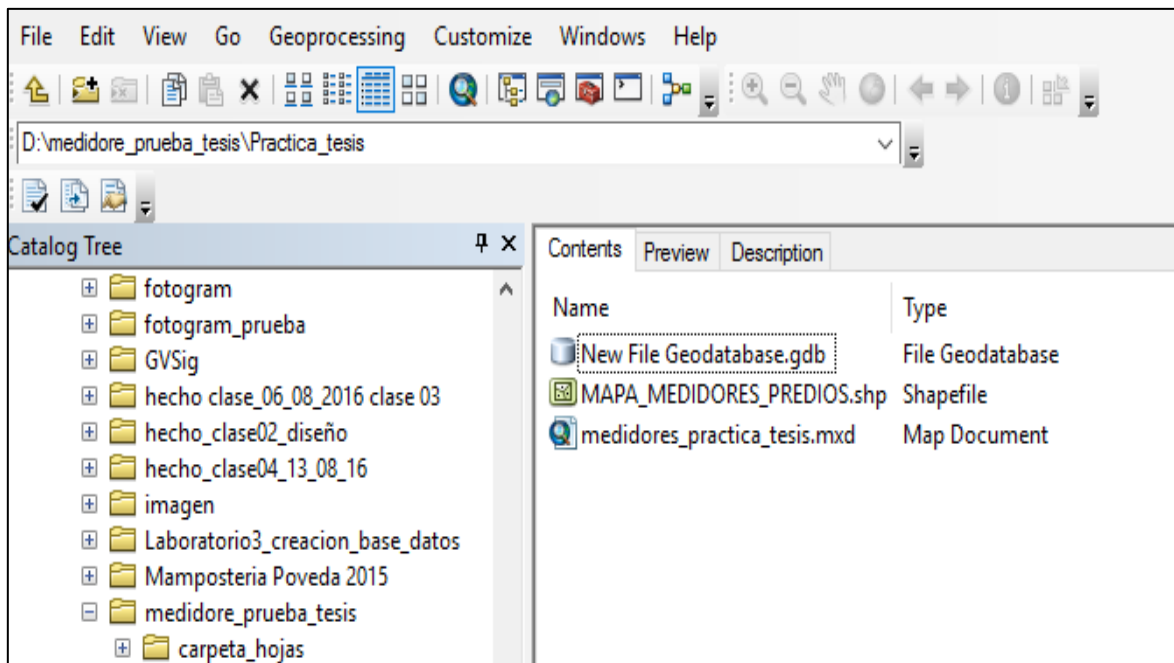
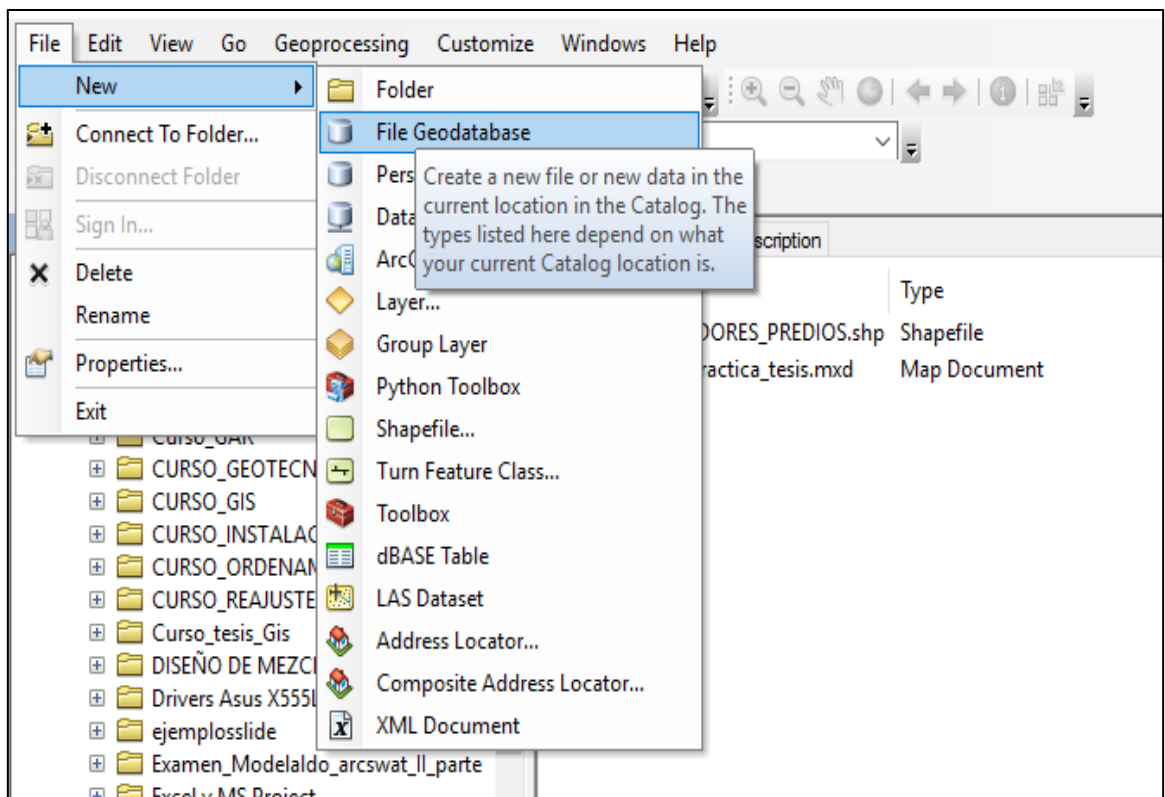


Fig.43 crear un geodatabase en arcctalog



**Fig.44 se crea en arccatalog con opción file geodatabase**

14) Se requiere la importación de todos los archivos shapes y tablas a la GEODATABASE las cuales son el mapa catastral(predios), mapa de predios de medidores generado, shapes del plan regulador y zonas de protección de nacientes, shape de puntos de ubicación de las nacientes, pozos y tanques almacenamiento y shapes de la distribución de tuberías de agua potable captadas de las nacientes, todas las tablas de fincas, de planos y de medidores y ubicadas en los data set según la topología (puntos, polígonos, líneas, anotaciones) esta se realiza desde el ArcCatalog estando dentro de los data set creados y dando click derecho con la opción exportar.

En ArcCatalog dentro de la Geodatabase de MEDIDORES se crean los data set como subcarpeta mediante la opción **new→feature data set...** donde se exportarán los capas y tablas Fig.45 y Fig. 46

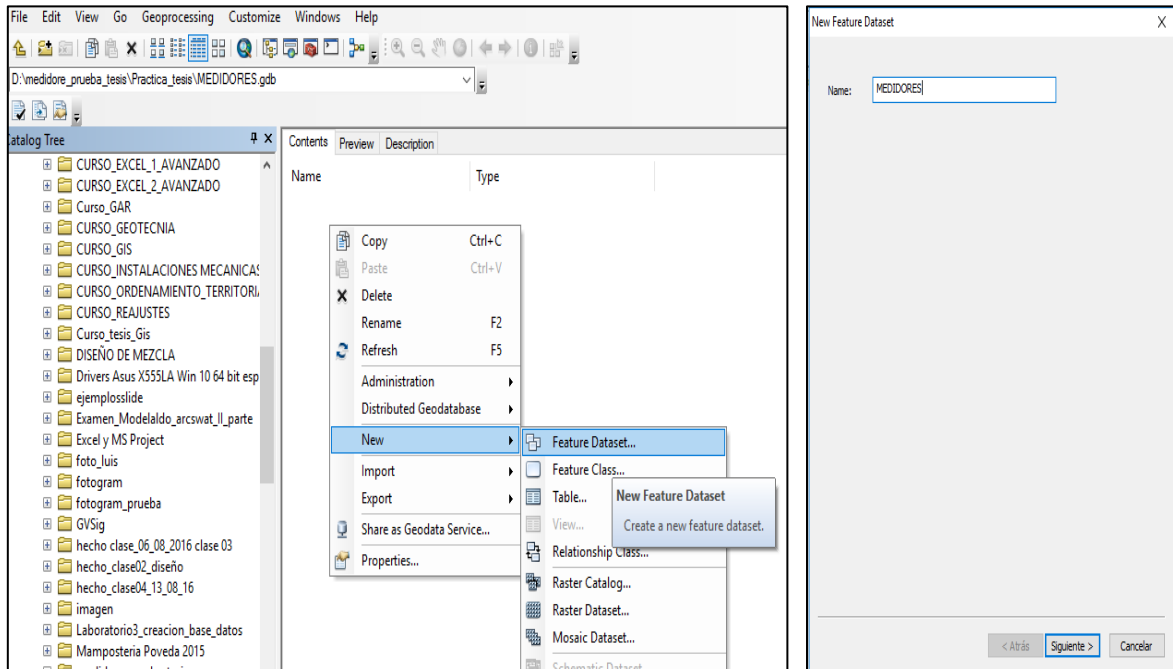


Fig.45 para crear un feature data set en arccatalog

Fig.46 para darle nombre data se (medidores)

Le pide un sistema de proyección, el sistema CRTM05 y siguiente Fig.47

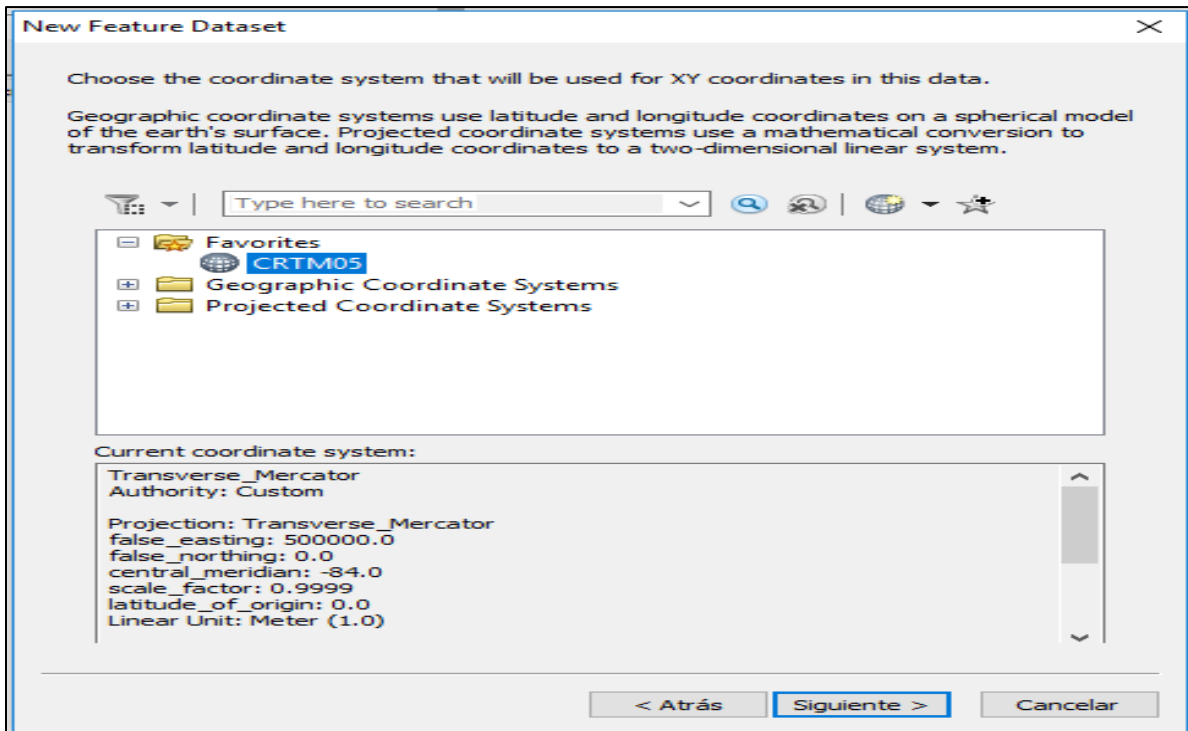
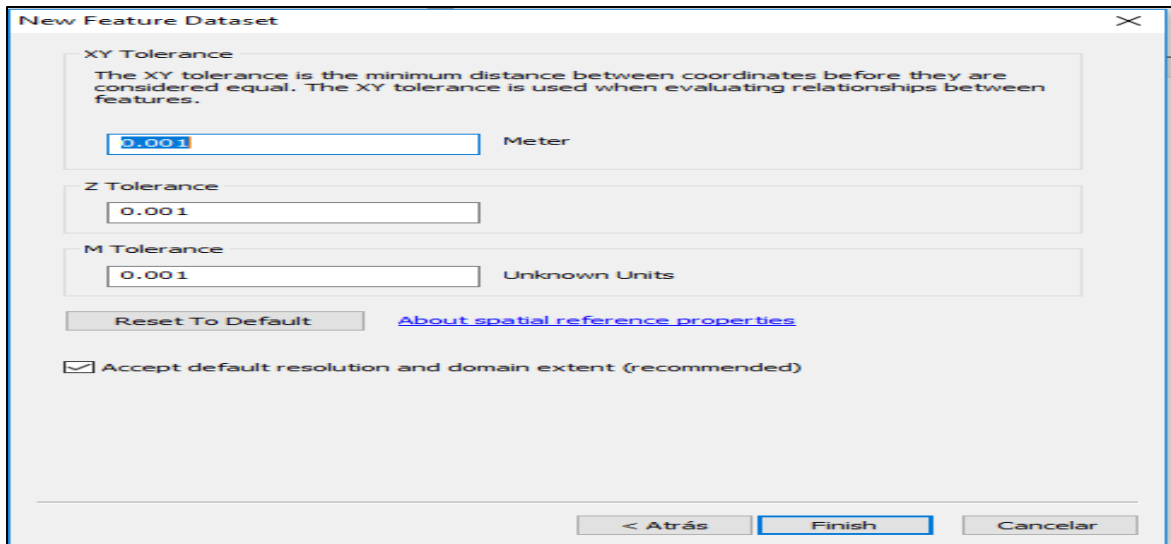


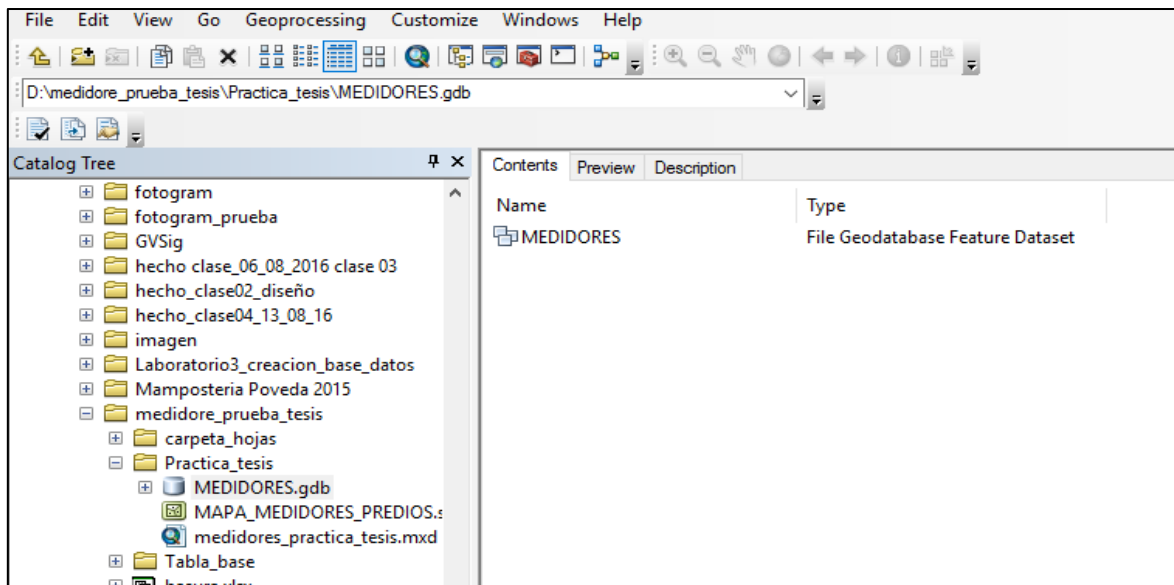
Fig.47 se elige CRTM05

Mantener la tolerancia y finalizar , se crea el dataset Fig.48



**Fig.48 tolerancias igual**

Se crea la data set llamado medidores para luego exportar los archivos necesarios de shapes y tablas para conformar el sistema del acueducto municipal del SIG. Fig.49



**Fig.49 se crea la subcarpeta data set**

Aplicar el mismo procedimiento para crear los data set necesarios para la importación de la demás capas y tablas, para la integración del sistema del acueducto municipal de forma organizada. Este data set creado se llama también medidores

15) Una vez creado la GEODADTABASE y los data set y se importaran los archivos shapes y tablas que conforman el sistema del acueducto municipal. Se podrá establecer una **Relationship class** que se puede realizar dentro de esta geodatabase entre el mapa catastral(predios) y las tablas (fincas y planos). De igual manera con el mapa de predios de medidores establecer la **relationship class** con la tabla de medidores, y mediante la barra de herramientas de edición(editor) realizar las modificaciones de dibujar nuevas tuberías de expansión a otros sectores del cantón, cortar o reunir elementos espaciales y además modificar e introducir la información literal en la tabla de medidores. Y pasar predios seleccionados del mapa catastral(predios) seleccionados en color amarillo al mapa de medidores, mediante **(copy y paste)** y luego en la tabla de medidores mediante un click derecho se agrega un nuevo registro, para introducirles la nueva información a los campos de atributos de esta tabla y realizar el mantenimiento del sistema. Hemos de aclarar que cuando se va a colocar un nuevo medidor se debe consultar en la tabla de fincas el número de finca y una vez localizado está en el mapa catastral(predios) se resaltará mediante un color amarillo por defecto del sistema y mediante un **(copiar y paste)** se deberá resaltar en la nueva capa del mapa de medidores.

Para realizar este procedimiento dentro del data set llamado también medidores realizamos la importación del Shape de mapa de predios de medidores que será igual para el resto de capas y tablas. Damos clic derecho en el escritorio del Arccatalog se nos presenta un menú textual y en la opción **import→elegimos→feature class(multiples)** luego buscamos la capa shape donde se encuentra guardada para ser importada al data set. Y para realizar la importación de tablas es el mismo procedimiento solo que en la opción elige tablas Fig. 50

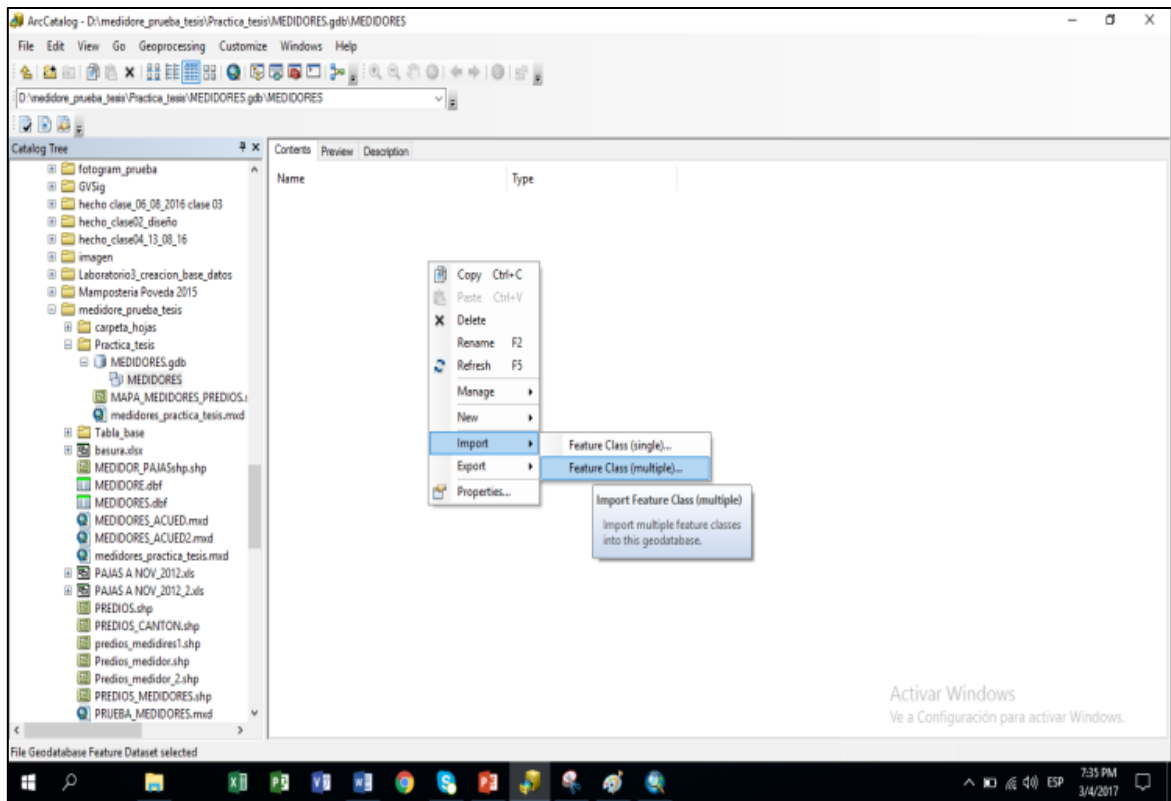


Fig.50 Para importar las capas al geodatabase medidores

Esta es la caja de dialogo que se presenta para realizar la importación de la capa Fig.51

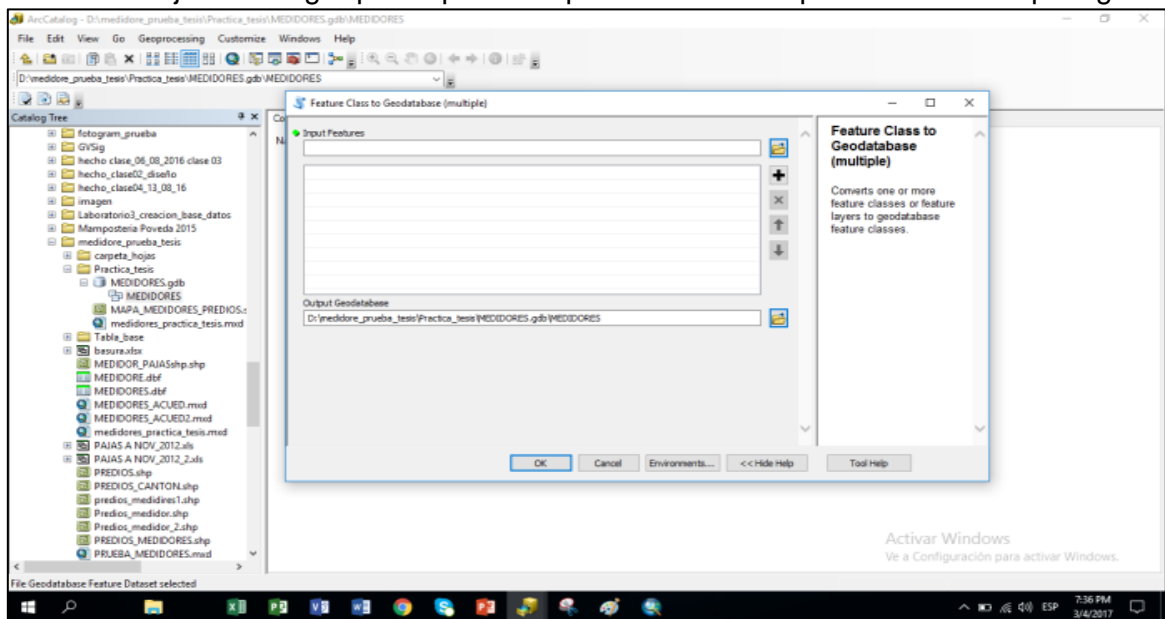


Fig.51 caja de dialogo para seleccionar la capa medidores

se procede a realizar la importación de tablas de fincas dentro de la geodatabase de medidores y el procedimiento es similar a la de los shapefiles en el cual se presenta una caja de dialogo para la importación de la tabla. Para el procedimiento se hace click derecho en el escritorio del ArcCatalog y aparece el menú contextual y con la opción **import→elegimos→table(multiple)** y se presenta una caja de dialogo para realizar la importación de la tabla Fig.52 y Fig.53

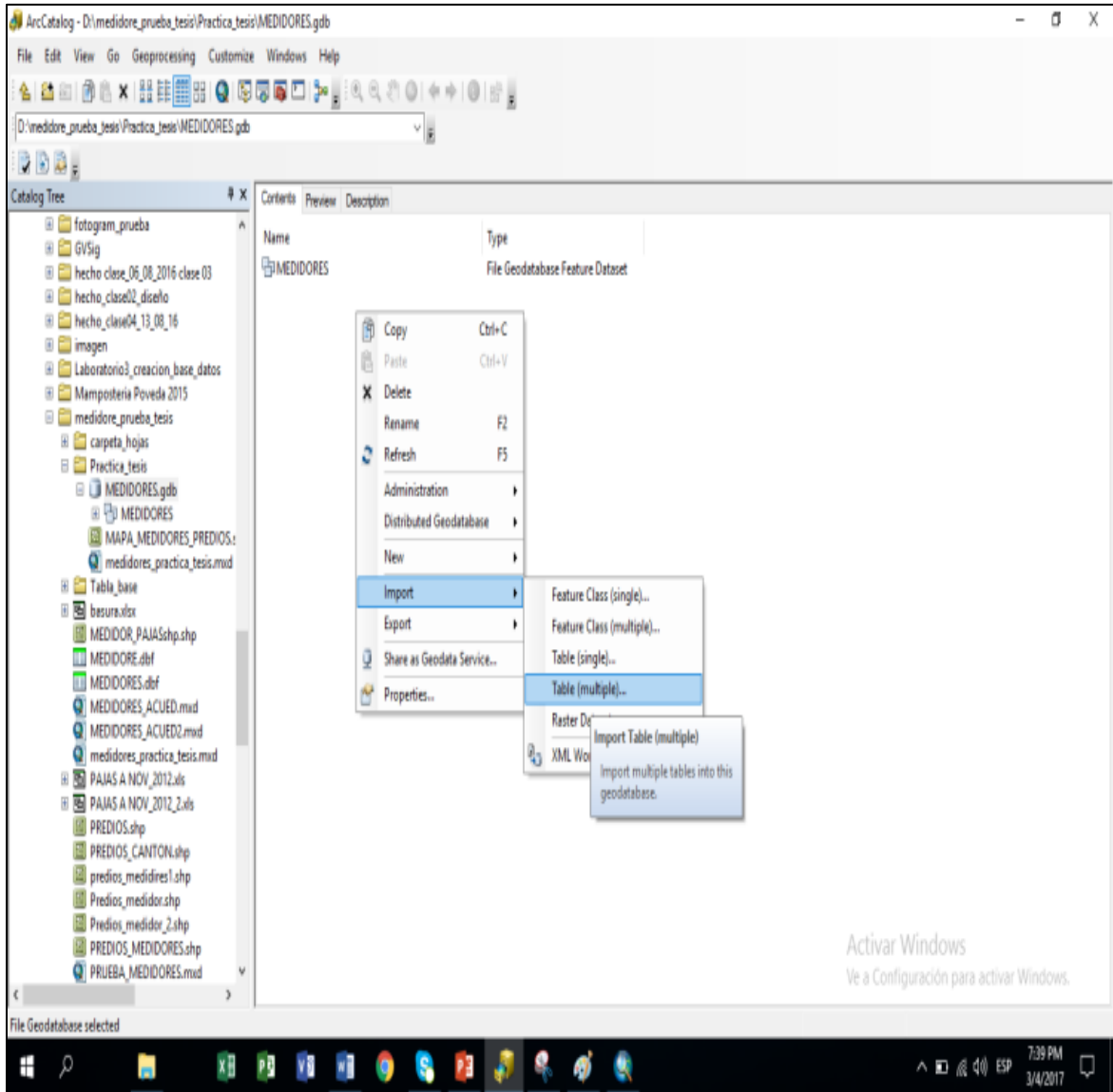


Fig.52 Para realizar la importación de tablas

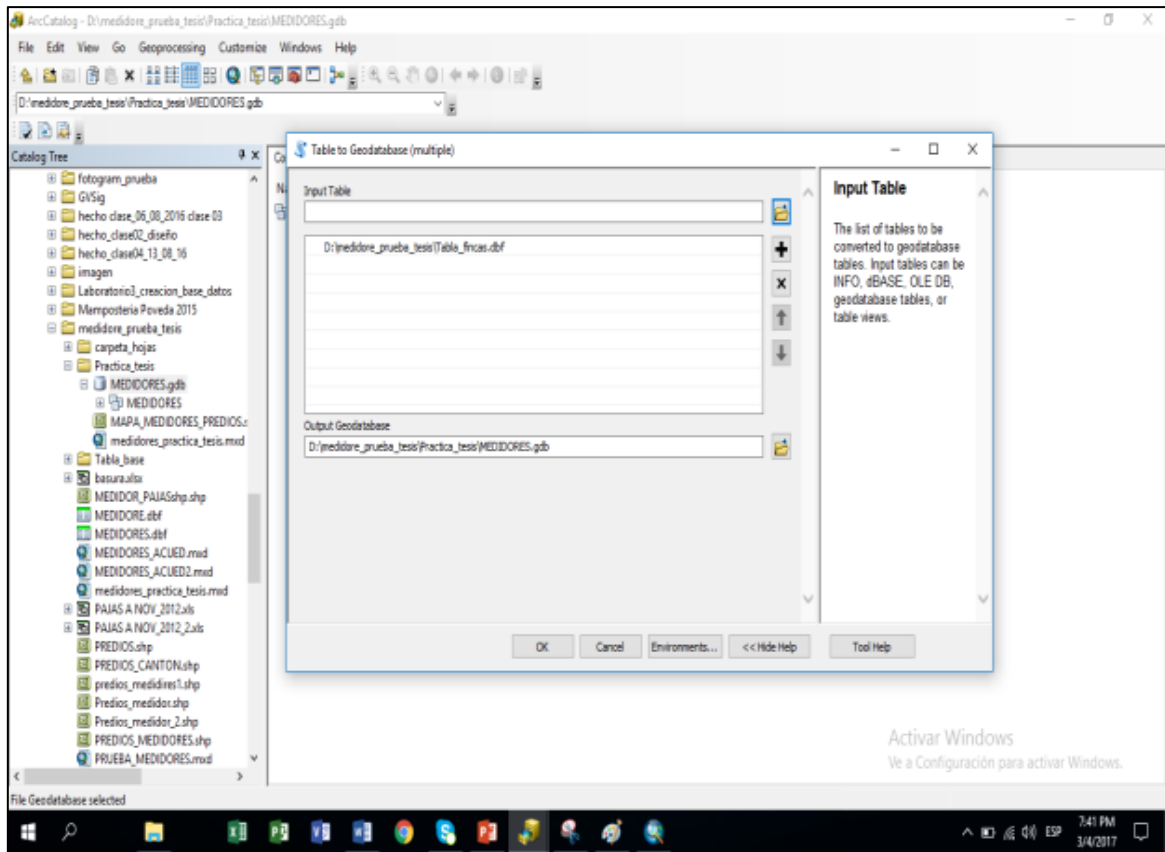


Fig.53 caja de dialogo para importa la tabla

16) Debe ser importado todas las capas y tablas que integran el sistema del acueducto municipal del SIG a los data set dentro de la geodatabase llamada medidores, es importante realizar la **relationship class** en la geodatabase entre la capa del mapa de medidores y la tabla de medidores y la capa del mapa catastral(predios) con las tablas de fincas y planos. Dentro de la tabla de medidores es necesario crear nuevos campos de información los cuales son: nombre, n\_cedula, teléfono, dirección, n\_finca, n\_plano, n\_medidor, n\_tramite, n\_resolución, dispon\_aceptada, dispon\_rechazada, pertenc\_ASADA, consumo mensual(m<sup>3</sup>), responsable, observaciones, donde se introducirá la información de las diferentes solicitudes. Con esta **relationship class** permitirá llevar a cabo modificaciones literales y gráficas para el mantenimiento de la nueva información a al sistema y pasar de predios del mapa catastral(predios) al mapa de medidores mediante la opción de ( **copy y paste** ) cuando sea aprobada la disponibilidad de agua y asignado un nuevo medidor.



Realizar una relationship class se abre el ArcCatalog dar click derecho en el escritorio del programa y aparece un menú contextual y en la opción New → Relationship class Fig.54

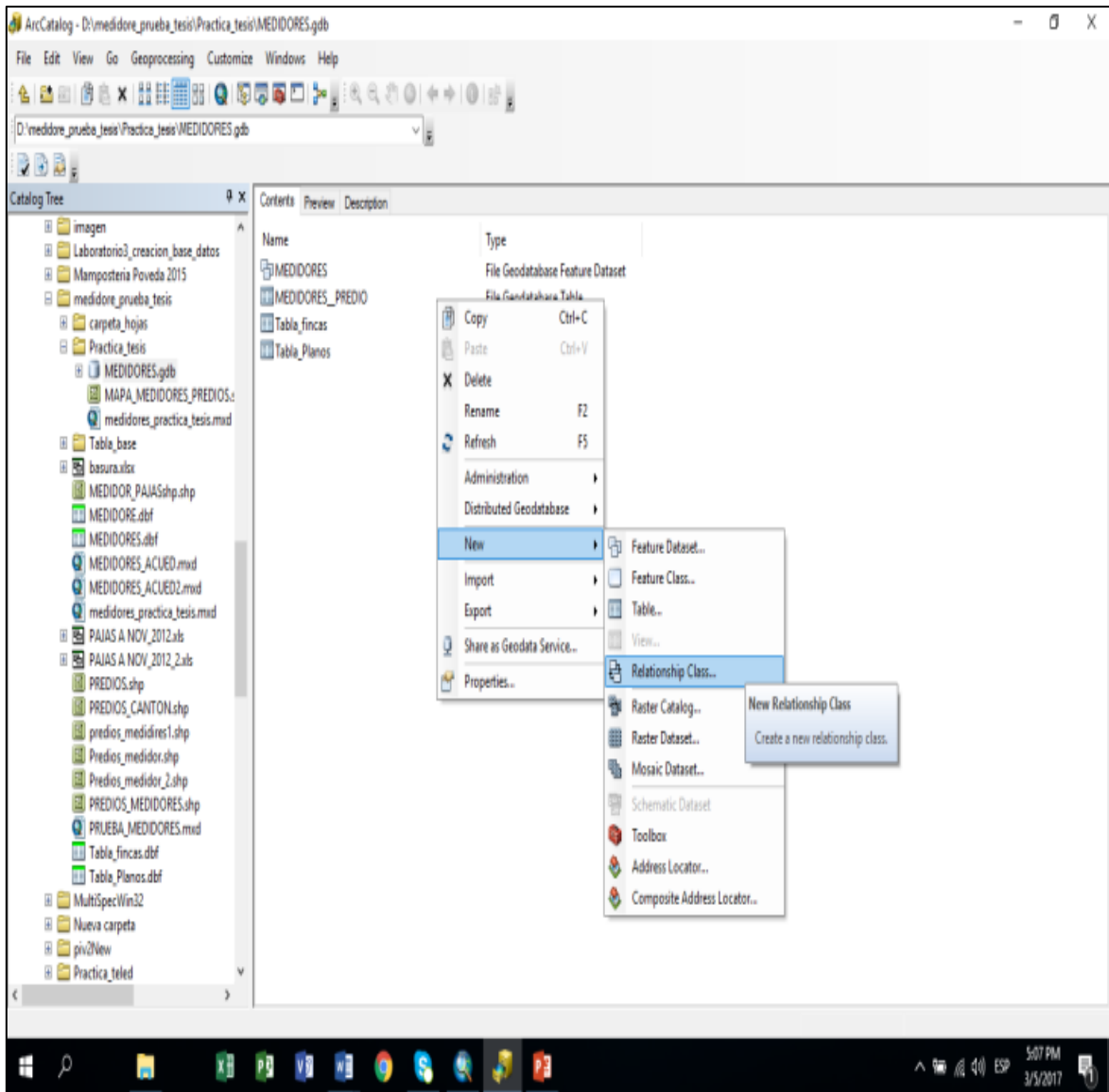


Fig.54 Para realizar la relationship entre capas y tablas

Hacer la relación primeramente entre el mapa catastral(predios) y la tabla fincas en la presente caja de dialogo del ArcCatalog Fig.55

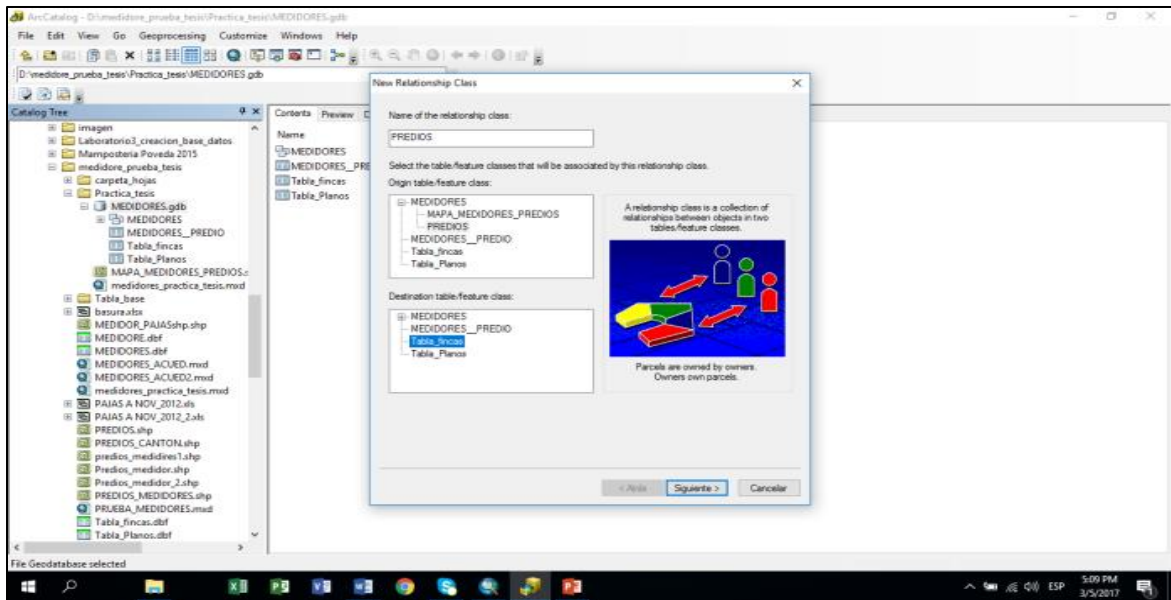


Fig.55 seleccionar capa predios y tabla fincas

En esta opción se elige simple y continuar con el siguiente Fig.56

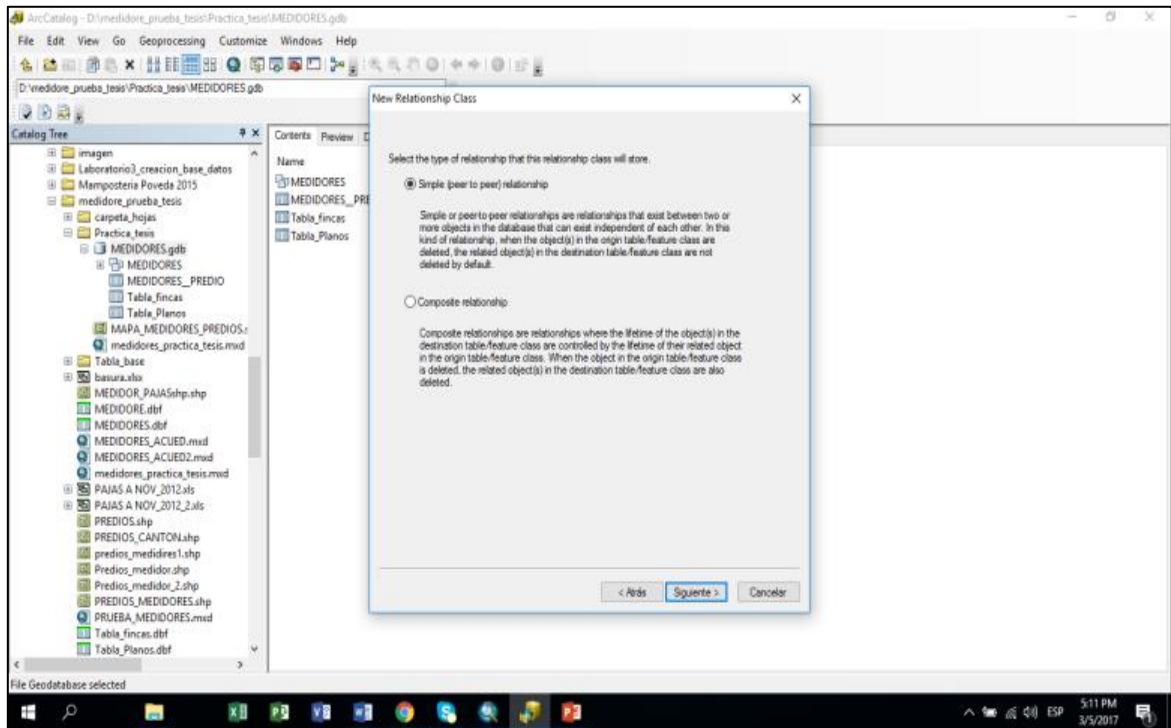


Fig.56 se oprimen opción simple y siguiente

En esta opción se elige que la relación sea para ambos Both y luego continuar siguiente Fig.57

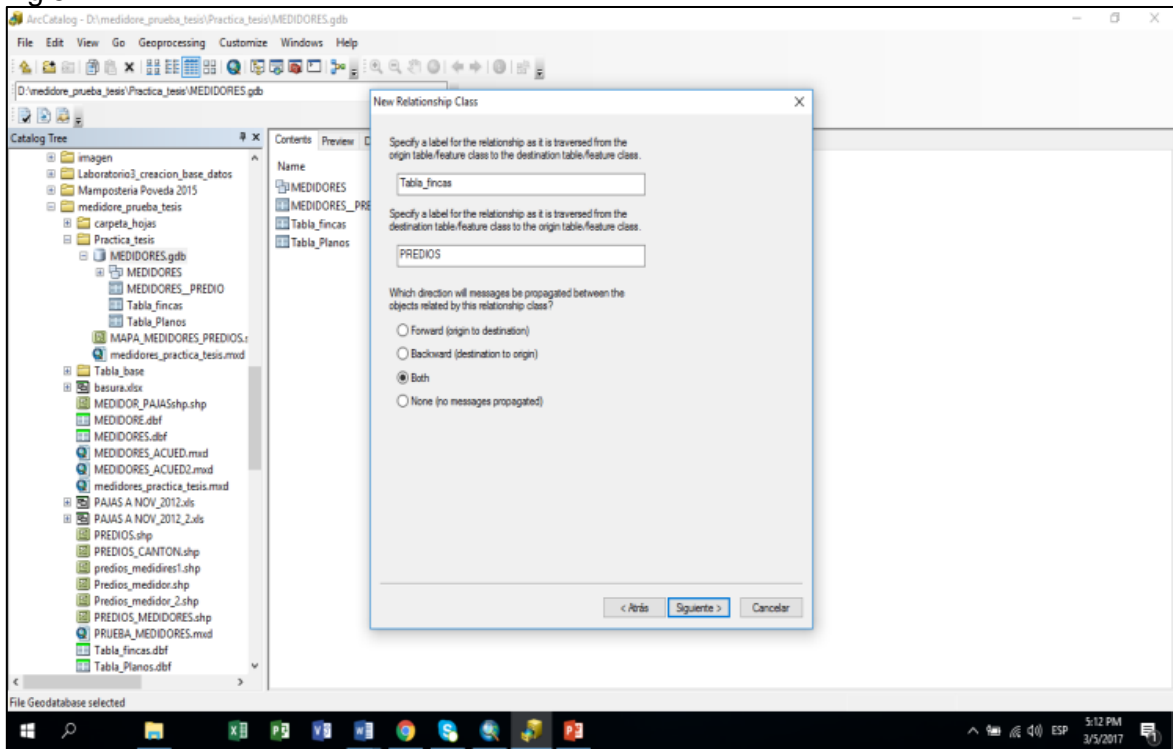


Fig.57 se oprime both y siguiente

En esta opción se elige que la relación sea uno a muchos y se continua con el siguiente Fig.58

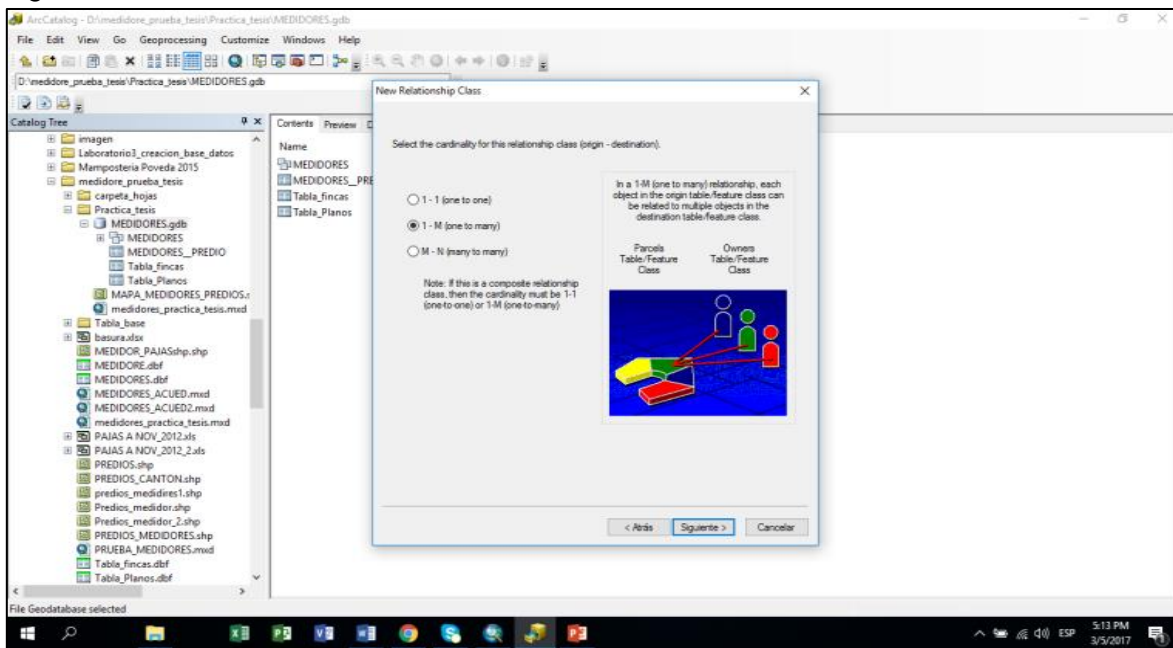


Fig.58 se oprime de 1 a muchos y siguiente

En esta opción se elige No y se continua con el siguiente Fig.60

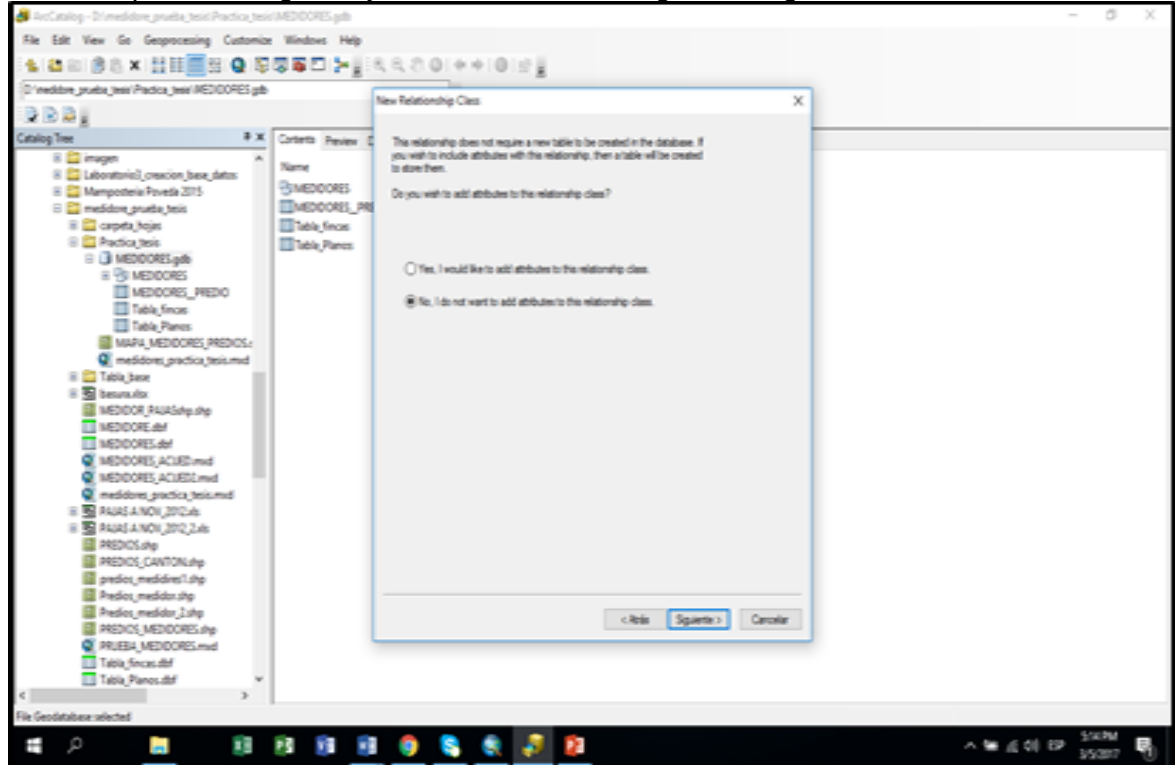


Fig.59 se oprime No y siguiente

En esta opción elegir el campo llave primaria y la foránea cuyo campo en común es el identificador Fig.60 y Fig. 61

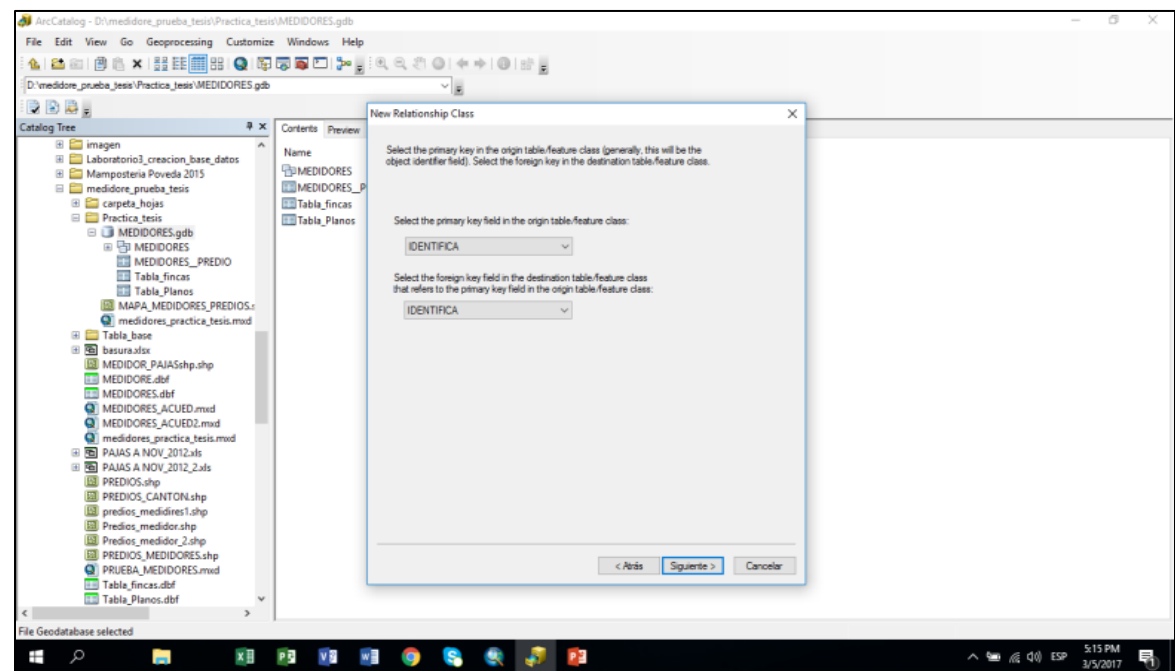


Fig.60 seleccionar campos llaves llamados identificador

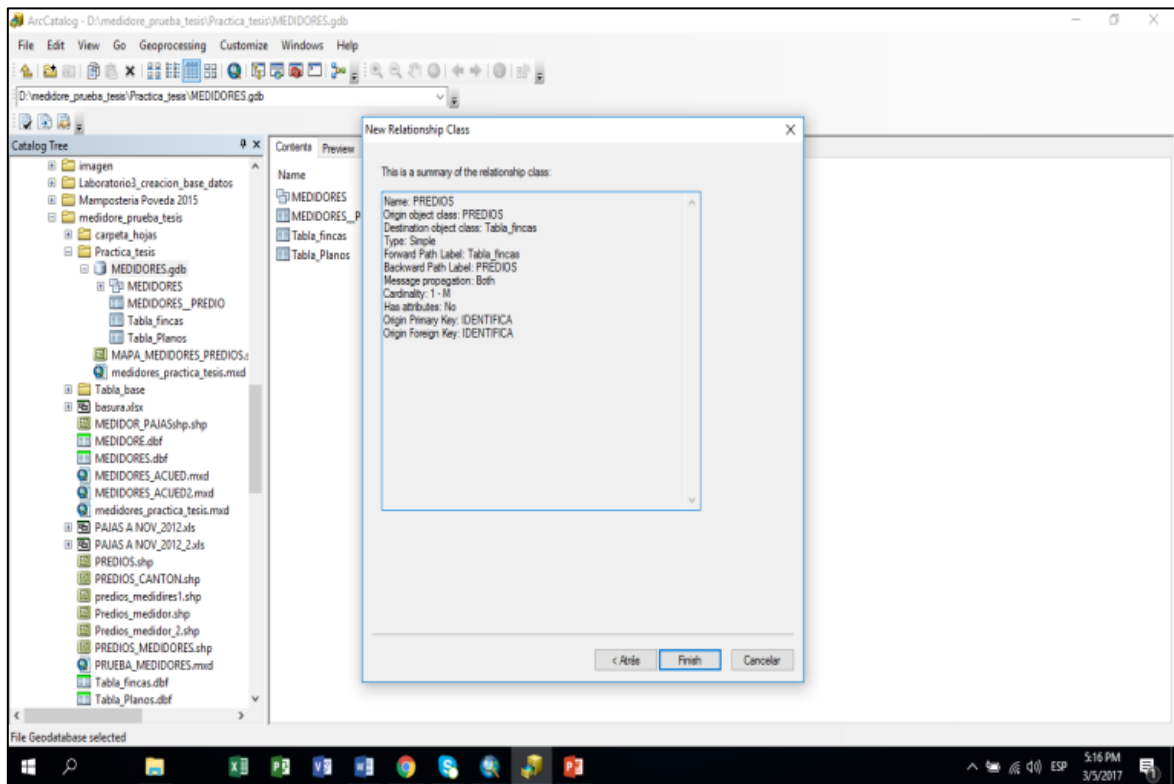


Fig.61 se crea la relationship y finalizar

crear la **relaciónShip class** entre el mapa catastral(predios) y la tabla de finca y el procedimiento será el mismo para las demás relaciones Fig.62

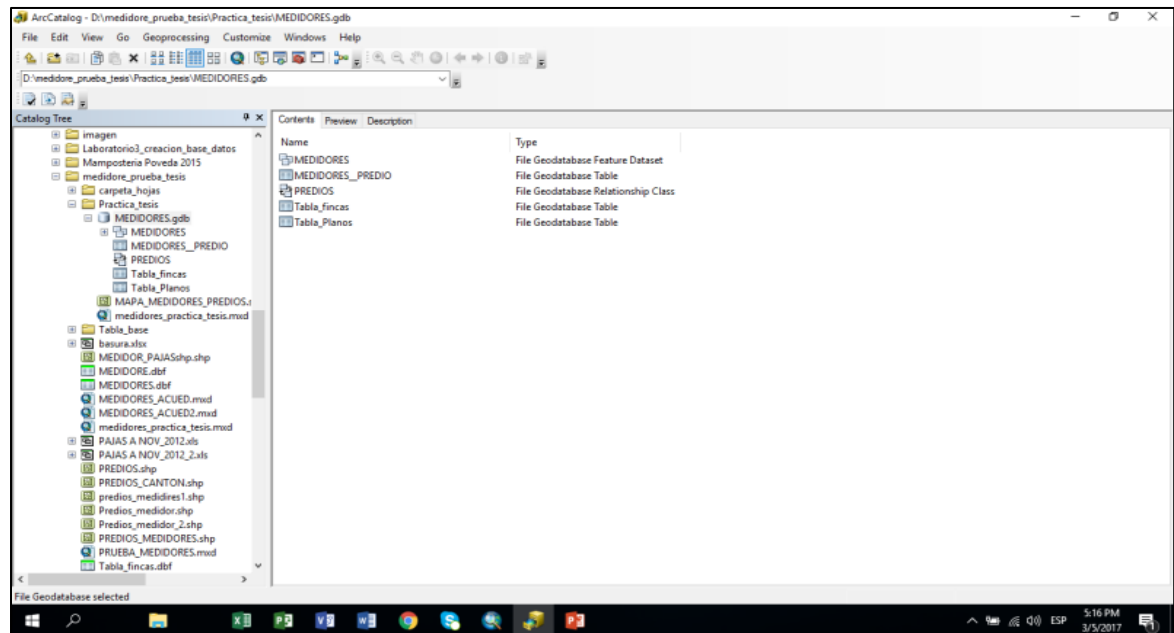
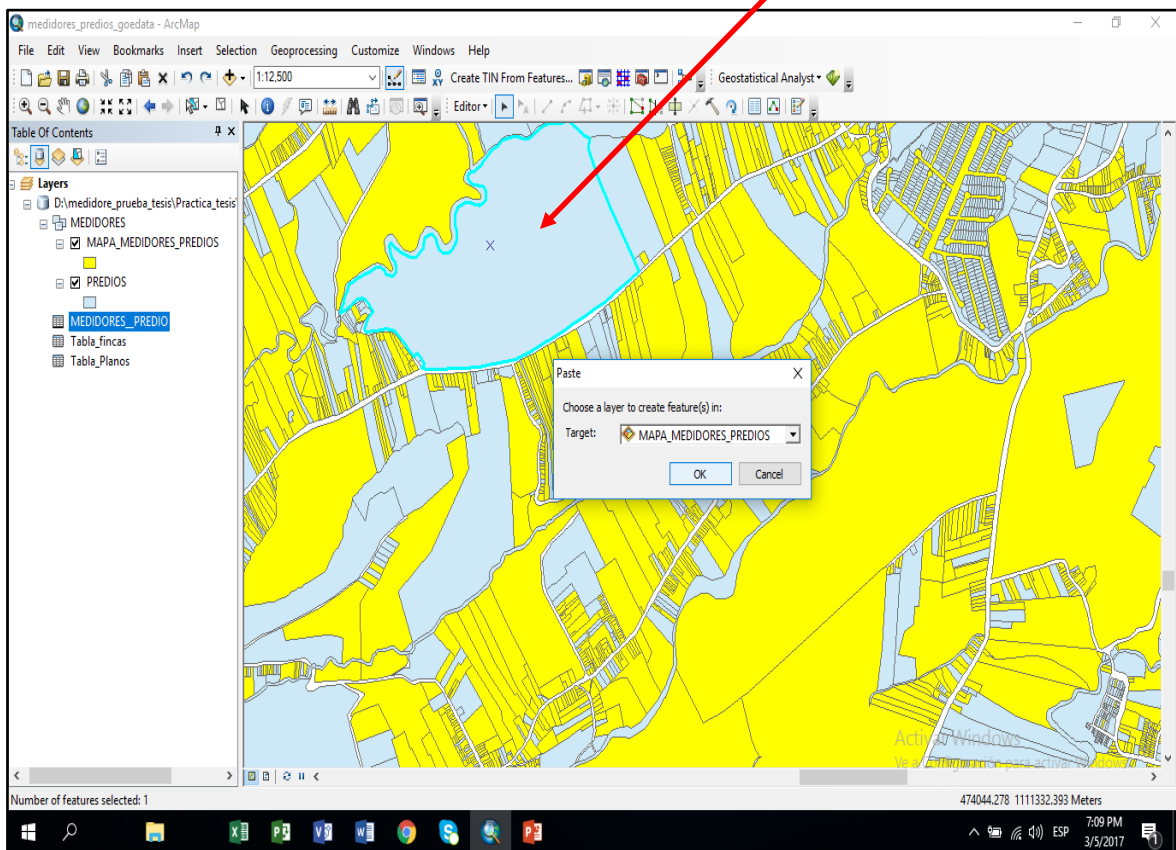


Fig.62 Para establecer varias relationship entre capas y tablas para actualizar información en sistema

Cuando una solicitud de agua potable, se ha aprobado la disponibilidad del suministro para una vivienda o proyecto de desarrollo habitacional, es necesario para el mantenimiento de la información pasar el predio seleccionado de color amarillo por default del mapa catastral(predios) al mapa de medidores mediante un procedimiento simple de un **copy y paste**, con el siguiente procedimiento que se muestra en las imágenes.

En la presente finca seleccionada de color celeste y marcada con un perímetro celeste se aprobó la disponibilidad de agua por el departamento del acueducto municipal se debe colocara un nuevo medidor y se debe pasar del **mapa catastral(predios) al mapa de medidores** con la siguiente opción: en el menú principal del Arcgis se elige Edit → ( **copy y paste** ) y se presenta la caja de dialogo en la cual se elige la capa de medidores y se oprime la pestaña ok. Para realizar esto, se debe activar la barra de herramientas de edición y seleccionar editor de la barra del Arcgis y luego se oprime save para guardar la información en la capa del mapa medidores. Fig. 63,el shape de color celeste de fondo es mapa catastral y el shape de color amarillo fondo es el de mapa de medidores



**Fig.63 Para pasar el predio selec. Del mapa catastral(predio) al mapa medidores con copy y paste**



Ahora el predio anteriormente seleccionado se encuentra formando parte del shape del mapa de medidores con sus atributos, ahora es necesario agregar un nuevo registro para introducir la información en la tabla de medidores y con la opción Add de agrega ese nuevo registro. Para realizar esto se debe activar el editor de las herramientas del Argis y se oprime el icono de registro, luego dar clic derecho a la tabla de medidores y agregar el nuevo registro. Fig.64

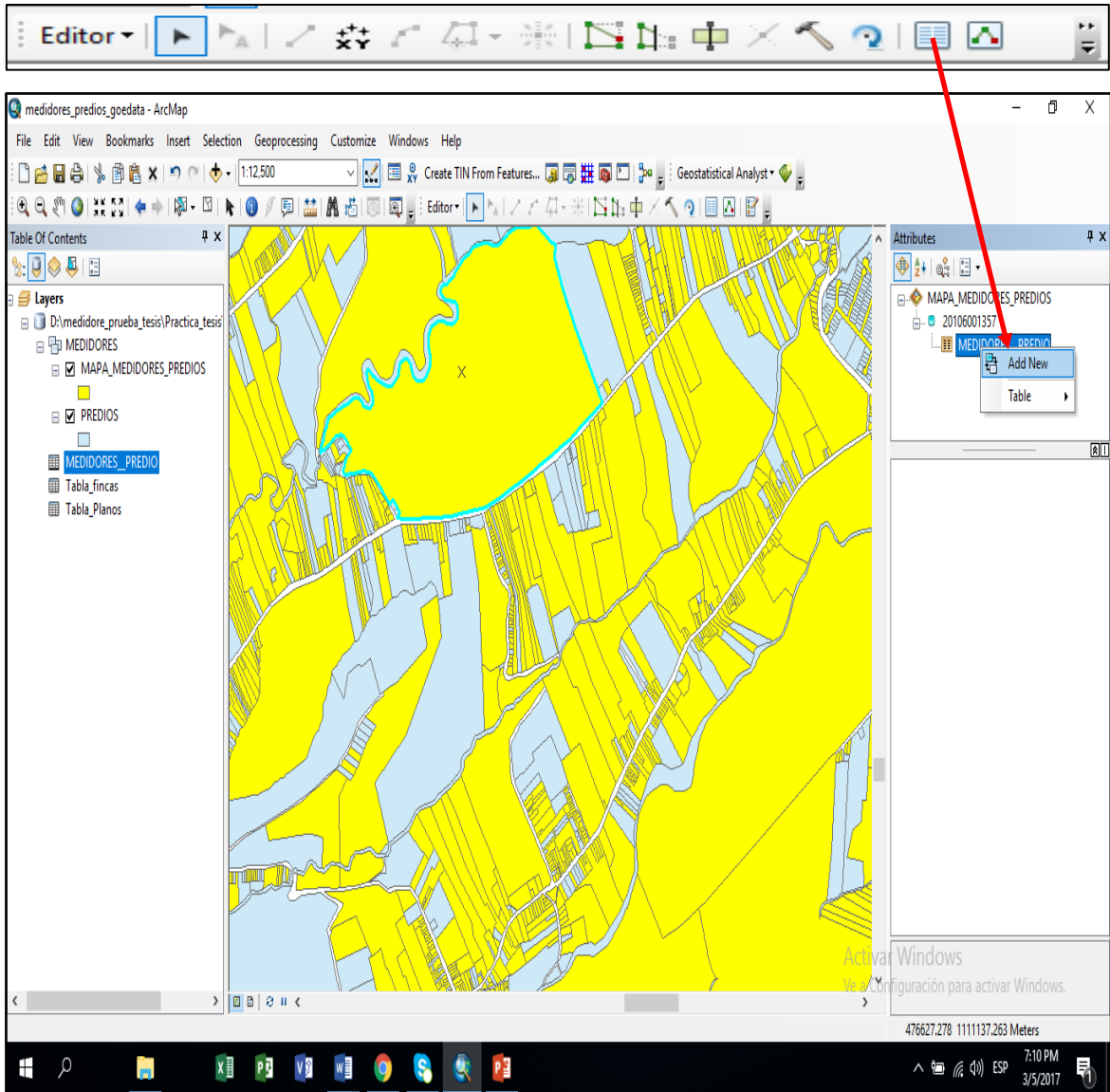
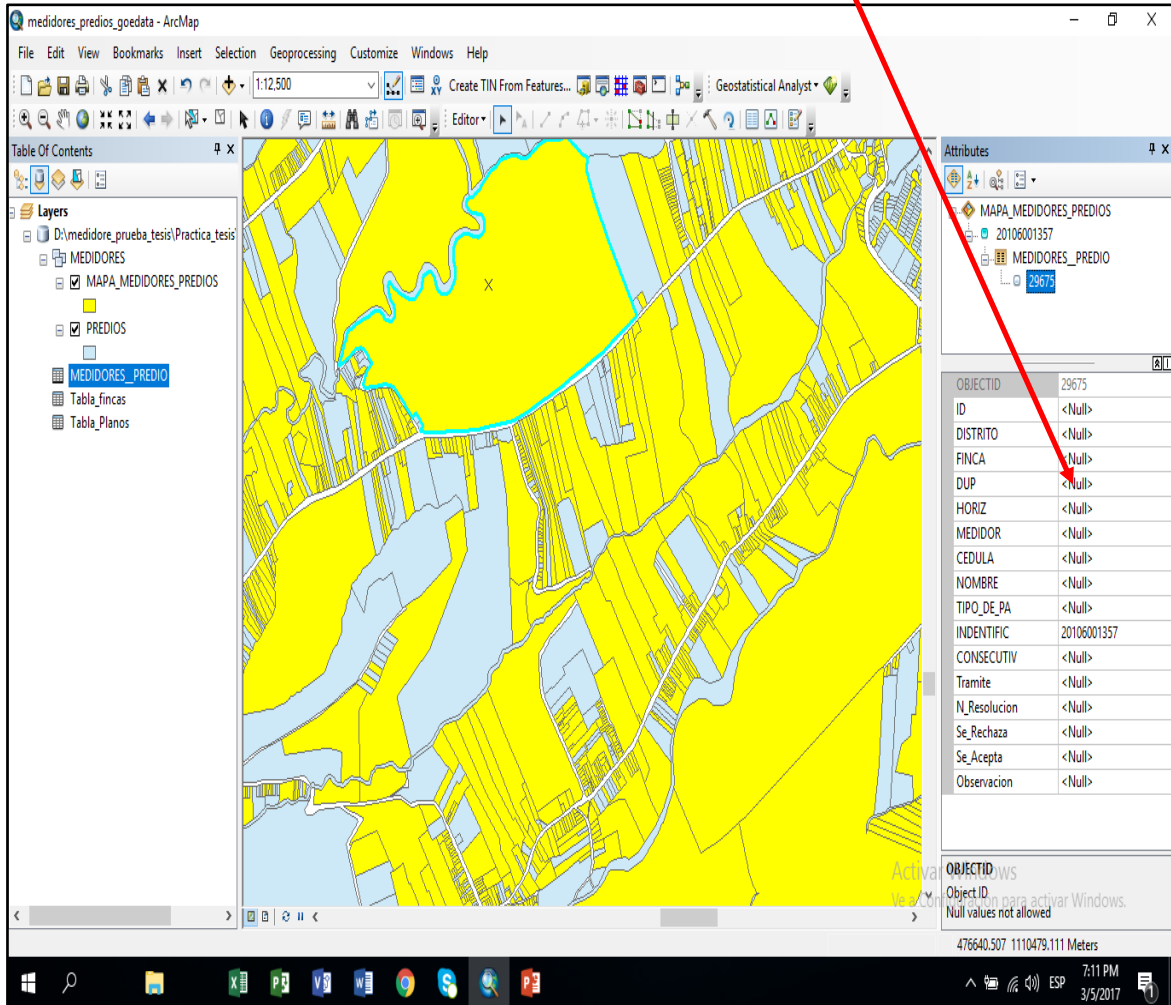


Fig.64 Para agregar un registro a la tabla de medidores

Aparecen los campos de este nuevo registro del predio seleccionado en el cual se introducirá la información correspondiente en los nuevos campos que se crearon en la tabla de medidores Fig.65



**Fig.65 se agrega el registro nuevo y se habilitan los campos para introducir información nueva**

17) Cuando se tiene exportado todos los shapes o capas que conforman el sistema del acueducto municipal en la geodatabase es importante agregar a la tabla de contenidos del escritorio del Arcgis para visualizarlas y apreciar las simbologías que estas representan. Para organizar todo el sistema, deberán mostrarse en la pantalla del programa los shapes: Mapa Catastral(predios), Mapa de medidores, tuberías del acueducto municipal y del AyA para diferenciarlas, nacientes, buffers de protección de nacientes 200 m, pozos, tanques de almacenamiento, Asadas, capa de anotaciones(nombre de sitios del cantón), cuadrícula Lambert North y CRTM05, capas de curvas de nivel 5m, orto fotos 1:1000 y 1:5000, limites



distritales, tablas de fincas, tabla de planos y tabla de medidores y las capas del plan regulador 2004 del cantón de Alajuela. Las cuales se podrán activar o desactivar mediante un check. Estas capas deberán de estar en el siguiente orden capas de puntos, capa de líneas, capas de polígonos y las ortofotos

18) Esta plataforma de consulta del sistema del acueducto municipal podrá ser consultada por funcionarios de otros departamentos, para realizar esto será necesario crear una publicación de todos estos shapes que integran el sistema del acueducto municipal, mediante una extensión que proporciona el programa Arcgis para hacer publicaciones (Publisher) y que la Municipalidad de Alajuela ha adquirido desde hace más 14 años la compra de este programa. Esta publicación podrá utilizar como plataforma el programa ArcReader, el cual permite visualizar las capas y datos publicados y hacer consultas, la cual se deberá instalar en las computadoras de varios departamentos entre estos tenemos departamento de inspectores de control fiscal, departamento de catastro multifinlatario, departamento de gestión ambiental, el departamento de planificación y Control Constructivo para la aprobación o rechazo del permiso de construcción según la disponibilidad del agua dada por el departamento del acueducto municipal, así como la plataforma de servicios, el departamento del acueducto municipal. Toda esta información deberá estar en formato shapes, que serán las capas que formaran el sistema de consulta a los funcionarios y que visualizaran en la pantalla de su computador.

19) Otra forma de realizar la publicación de todas estas capas para consulta es utilizar como plataforma el programa Arcserver, que tiene la municipalidad de Alajuela en su servidor y que mediante un link o vinculo se le envía vía web a cada funcionario a su correo electrónico, la dirección donde se encuentra la publicación y que el funcionario pueda ponerlo en favoritos en la intranet. En tipo de programa se pueden establecer los tipos de consulta mediante una pestaña en que se pueda consultar por: número de finca, numero de plano, numero cedula del propietario, por nombre del propietario, por número de boleta o trámite, numero de identificador de predio, por número de medidor. En la consulta se tiene que indicar que la dotación del servicio de agua para un determinado predio o proyecto de desarrollo, fue aprobado o rechazado por el departamento del acueducto, responsable de esta actividad y que satisfaga las necesidades del Administrado y el funcionario en dar respuesta el menor tiempo posible.

### 3.2 Metodología de los pasos a seguir para realizar el Sistema del Acueducto Municipal (Esquema Resumen)

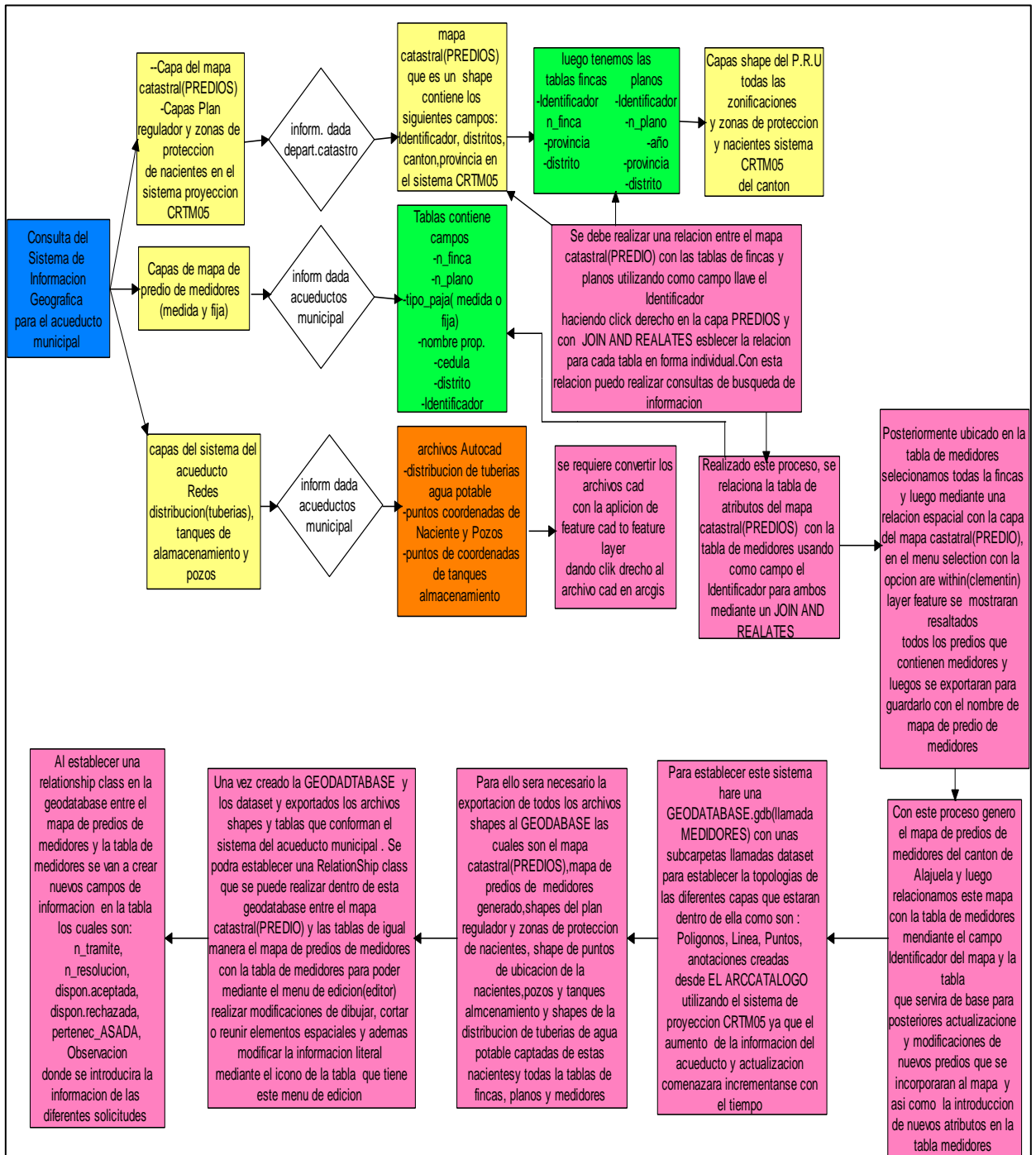


Fig.66. Esquema de los pasos de la metodología del sistema de acueducto municipal

#### **CAPITULO 4. RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS DATOS DEL SISTEMA INFORMACION GEOGRAFICA DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE ALAJUELA.**

Respecto al sistema de información geográfica creado para el Acueducto Municipal de la Municipalidad de Alajuela, donde se integran los diferentes elementos o capas necesarias que se visualizarán en el sistema S.I.G como son: el Mapa catastral, en Mapa de Predios de Mediadores, la distribución de tuberías del acueducto municipal y del acueducto del AyA (Instituto de Acueductos y Alcantarillado) para diferenciar las diferentes coberturas de ambas instituciones referente a la disponibilidad del suministro de agua potable a la población del cantón de Alajuela.

De igual manera estarán en el sistema, las concesiones dadas por el AyA (Acueductos y Alcantarillado) a las diferente Asadas de los distritos del cantón para suministrar y administrar las disponibilidades de las pajas de agua potable, dentro de este sistema también se visualizan los pozos, los tanques de almacenamiento de agua con capacidad de 500 m<sup>3</sup> a 1000 m<sup>3</sup> cúbicos de agua potable, las nacientes y los buffers de protección de los 200 m , los shapes del plan regulador 2004 que rigen en el cantón de Alajuela en cuanto de los diferentes usos de suelo por zonificación, zonas de protección, requisitos para permisos de construcción siendo una de ellos la disponibilidad del agua potable dada por las diferentes entidades mencionadas.

También se introdujeron otros elementos dentro del sistema como la cuadrícula de coordenadas del sistema Lamberth Norte y la cuadrícula de coordenadas del sistema CRTM05 como una guía de búsqueda en caso de no encontrarse el predio por número de finca o número de plano el cual se hará mediante la ubicación geográfica del plano de catastro para aproximarse al sitio de ubicación de dicho predio de estudio y si este se encuentra dentro de las ubicaciones de los elementos de distribución de las tuberías que integran el acueducto municipal de Alajuela para darle disponibilidad o rechazo del suministro de agua.

También previa consulta con los ingenieros de proyectos del acueducto municipal en el plantel, es importante cuando se extienden tuberías para el suministro de agua potable a una determinada región o lugar a fin de expender este suministro a nuevas comunidades

o proyectos de vivienda y desarrollo de condominios y urbanización o cualquier otro proyecto de importancia, que dentro de este sistema se incorpore las curvas de nivel a fin de conocer las diferentes alturas y relieve del terreno, con el propósito de establecer pendiente mínimas y fuerte a la hora trazar las líneas de excavación, perfiles del terreno para la puesta de las tuberías , bombas y válvulas de alivio y realizar los cálculos de los metros columna de agua (m.c.a) en un determinado punto de interés y la presión del agua en ese punto a fin de determinar el caudal de salida del agua potable.

También se presenta dentro de sistema la ubicación de las propiedades municipales en la cual están ubicados diferentes pozos, nacientes y tanques de almacenamiento de agua para la construcción de este tipo de obra en la comunidad, así como su distribución en caso de escases o mantenimiento de corte del sistema tuberías y mejoras de nacientes, por ser este un punto de referencias y uso futuro de construcción de nuevos tanques y pozos dentro de las propiedades del municipio.

El sistema también tiene incorporado un shape de anotación de etiquetas de puntos de ubicación como guía, para saber dónde se encuentra un lugar específico de interés y un shape de barrios identificados dentro del cantón de Alajuela que también cumple el mismo propósito.

La naciente identificada y ubicadas mediante un nombre dentro del cantón, se encuentran plateadas de acuerdo a las coordenadas dadas por medio de un levantamiento de GPS, por los funcionarios encargados del acueducto municipal y protegidas mediante un buffer de 200 m como lo señala el plan regulador de Alajuela, el cual es la fuente principal del suministro de agua potable en diferentes partes del cantón de Alajuela

Con el fin hacer una distinción entre los diferentes distritos que conforman el cantón de Alajuela se incorporó un shape de los limites distritales, para su visualización dentro del sistema de información geográfica para que sirva de ubicación y localización de los diferentes elementos que integran el acueducto que están distribuidos según la cobertura del servicio del suministro.

Al sistema se le incorporo las orto fotos a escala 1:1000 y 1:5000, del proyecto de la unidad ejecutora del catastro nacional, para una mejor visualización de las condiciones de

infraestructura existente del espacio de calles y viviendas y edificios y relieve del terreno, que permitan una mejor ubicación y localización de puntos de interés y de estudio de áreas en el que se extiendan nuevas tuberías y ubicación de pozos y tanques, así como la ubicación mejor de los predios o proyectos que soliciten el suministro de agua a la institución.

Ante todo hemos de indicar que el análisis de los resultados de este sistema de información geográfica para el acueducto municipal de Alajuela que será utilizado y consultado por diferentes departamentos del municipio referente la disponibilidad del suministro de agua potable y a las capas que integran los elementos necesarios de este sistema (S.I.G) para hacer efectiva esta consulta en el momento de otorgar o rechazar la disponibilidad de agua para una vivienda o proyecto de desarrollo habitacional de condominio o urbanización, así como cualquier otro proyecto específico donde el agua es indispensable. Este sistema será habilitado de acuerdo a la funcionalidad de cada departamento según sus necesidades administrativas y operativas dentro de sus procesos y desarrollo de sus actividades. Las dependencias identificadas que utilizaran este sistema de información geográfica en el municipio tenemos: el departamento del Acueducto Municipal, el departamento de Control Constructivo (Urbanismo), departamento de planificación, departamento de inspectores de control fiscal de construcciones, el acueducto municipal operático de llevar a cabo la ejecución de proyecto de la distribución de tuberías y mantenimiento de los elementos del sistema para el suministro de agua potable ubicado en el plantel, el departamento de Catastro Multifinalitario de suplir la información catastral.

Así por ejemplo que el departamento de acueducto municipal será el encargado de llevar a cabo el estudio de disponibilidad de agua mediante profesionales como el geógrafo y el topógrafo de tener el conocimiento geoespacial del territorial y la habilidad del manejo y supervisión de los sistemas de información geográfica en este campo, para realizar el estudio las solicitudes que ingresan a través del sistema de servicio al cliente en la municipalidad la cual será enviada al departamento del acueducto municipal para el análisis de la disponibilidad o rechazo del suministro de agua potable de acuerdo a la zona o región donde se ubique el predio en el shape del mapa catastral y donde exista según las capas encendidas de la distribución de tuberías amaradas a una naciente del lugar, pozos cercanos o tanques de almacenamiento de agua para suplir el suministro y de

acuerdo a estas características y distancia se le otorga la aprobación o rechazo de la disponibilidad del agua mediante una resolución realizada por el departamento respectivo.

De esta manera los datos introducidos en la solicitud para suministro de agua, por parte del administrado será introducida al sistema S.I.G de acueducto municipal para el mantenimiento y alimentación del sistema con el número de trámite, numero de finca, numero de plano, numero de cedula, nombre, apellidos, teléfono, fecha, numero de resolución, rechazo o aprobación del suministro. Toda esta información se reflejará en la tabla de atributos, de la tabla de medidores y luego mediante un copy page la figura del predio consultada será traspasada al shapes de mapa de medidores para que mediante una publicación que será realizada en el departamento de catastro multifinalitario sea enviada mediante un correo electrónico de la intranet del municipio y un link de la dirección de este proyecto utilizando el Arcserver para realizar la publicación de estos datos y de todas las capas que integran el sistema S.I.G del acueducto a los diferentes departamentos que harán uso de esa consulta.

Para el departamento de control constructivo(urbanismo) será de gran importancia dentro de sus actividades operativas, la disponibilidad del agua potable ya que para otorgar el uso de suelo y el visado municipal será necesario el sello de aprobación del suministro en el plano de catastro y la resolución emitida por el departamento del acueducto municipal ya que este es un requisito importante para dar el permiso de construcción de cualquier obra (vivienda, desarrollo de condominio, urbanización) en el cantón, de esta manera al consultar en el sistema del S.I.G del acueducto municipal ,se verifica la aprobación o rechazo de solicitante en el mapa de medidores y la tabla y este queda registrado en el sistema para posteriores consultas.

### **Resultados del sistema de información geográfica(Beneficios):**

- a) Cumplir que el sistema S.I.G de acueducto municipal puede ser consultado por cualquier funcionario del departamento del acueducto para realizar el análisis de dar la disponibilidad de agua con los elementos o capas shapes que integran el sistema mediante las opciones de búsqueda por número de finca o número de plano.

- b) Permitir reducir la respuesta al administrado pasando de 15 días a 5 días según la cantidad o volumen de solicitudes que ingresan en 15 días al departamento de forma individual de cada administrado o del número de proyectos de urbanizaciones y condominios enviados desde la plataforma de servicio al cliente, que se analizarán según las unidades por proyecto a desarrollar sin recurrir a inspección.
- c) El sistema permitirá que se mantenga actualizada la información tanto gráfica como literal de los administrados en el sistema S.I.G del acueducto con el ingreso de nuevos medidores, número de fincas, números de planos, número de resolución, nombre, dirección, cedula, rechazo, aprobación. Consumo mensual, observaciones, del propietario en cualquier distrito del cantón, así como dibujar, cortar, unir en la capa correspondiente de mapa catastral (PREDIOS) de nuevas segregaciones o predios que se desarrollen de proyectos habitacionales que modifiquen el sistema y luego realizar mediante un copy y page a la capa de medidores.
- d) El sistema permite tener un mejor control del consumo de metros cúbicos ( $m^3$ ) por mes del suministro de agua que se podrá consultar en el sistema para cualquier predio y cotejarla con la tarjeta de levantamiento de campo realizadas por los inspectores en caso de reclamo, así como llevar una estadística de las variaciones de consumo de agua por mes en el caso de extender el servicio para llevar a cabo una planificación en de cortes y mantenimiento del sistema de distribución de la red de agua potable, de igual forma tener un cobertura de la naciente a la que se encuentra conectada la tubería y pozos para brindar el suministro en una comunidad y si en caso de realizarse nuevos proyectos habitacionales tener la capacidad de brindar el servicio.
- e) El sistema S.I.G del acueducto municipal tendrá un mejor control de la recaudación del cobro por concepto del consumo de agua en el que se logrará tener mediante un control cruzado con el departamento de tesorería (cajas) sobre el monto ingresado al municipio en lo que respecta al cobro de este rubro.
- f) El sistema S.I.G del acueducto municipal se encuentra creada en una geodatabase llamada medidores y organizada en subcarpetas llamadas data set donde todas las capas shapes del sistema del acueducto municipal y los shapes de la información catastral están relacionadas por medio de una Relationship class que permitió

realizarlo dentro de la geodatabase, esta relación permitirá darle mantenimiento al sistema con la introducción de nuevos datos de información gráfica y literal, además de poder realizar modificaciones, dibujar, cortar y unir predios de nuevas segregaciones que se presenten de nuevos proyectos en el cantón. Esta geodatabase puede ser instalada en cualquier computadora del departamento del acueducto, para ser utilizada por cualquier funcionario responsable de realizar y revisar las solicitudes de las disponibilidades de agua al administrado. Las capas shapes que lo integran como: mapa catastral(predios), mapa de medidores, nacientes, buffers de zona de protección de 200m de las nacientes, pozos, tanque de almacenamiento, asadas, distribución de tuberías municipal y del AyA, cuadrícula Lambert y CRTM05, predios municipales, shapes del plan regulador 2004, orto fotos 1:1000 y 1:5000, anotaciones,

- g) Es fundamental que la integración que compone el sistema del acueducto municipal, sirva como plataforma de consulta para la toma de decisiones de los funcionarios del acueducto municipal, encargados de dar la disponibilidad del servicio de agua potable en determinada zona del cantón, y que el predio en estudio no se encuentra en una zona de protección de nacientes, de ríos, y zonas vulnerables, y se encuentre cercana a una red de distribución de tubería de agua potable que permitirá resolver la solicitud del administrado de rechazar o aprobar la dotación del servicio en el menor tiempo posible. Además, visualizar en el sistema SIG cuando el predio en estudio le corresponde solicitar la disponibilidad del agua a la ASADA del distrito por la cobertura concedida por el Instituto de Acueductos y Alcantarillado AyA. El alcance del sistema es local y regional, lo cual deberá permitir que funcionarios del departamento del acueducto municipal, editen y alimenten el sistema con la información que ingresa de los trámites sobre la solicitud de la dotación del agua, de aquellos predios o fincas que se aprueban o rechazan. Para que sirva en futuras planificaciones de inversión de obras, y se instalen nuevas redes de tubería para suplir el suministro de agua.
- h) El sistema de información geográfica permitirá apreciar visualmente en el mapa de medidores mediante una selección de aquellos predios donde las fincas poseen una o varias pajas fijas, que durante años el municipio ha tratado de corregir para colocarles un hidrómetro o medidor de agua que por mandato de la contraloría de la república y la Alcaldía Municipal se le había ordenado al departamento realizar estos cambios. Con



este sistema se realiza la selección por fincas que poseen una paja fija y estos se reflejan en el mapa de medidores por lo cual se obtiene la localización de los predios y se verifica en el campo para llevar a cabo el cambio de paja fija a la colocación de un medidor que son cerca de 2175 fincas que están en esta situación en el cantón. Lo cual a su vez este cambio aumentara el ingreso del cobro por concepto del consumo del servicio del agua potable. Podemos apreciar los predios con paja fija mediante las siguientes instrucciones:

Abrir la tabla de medidores en la tabla de contenidos: click derecho en la tabla medidores y luego la opción: **open**: El shape de color fondo celeste es de medidores y el shape en color naranja sin fondo es del mapa catastral(predios)

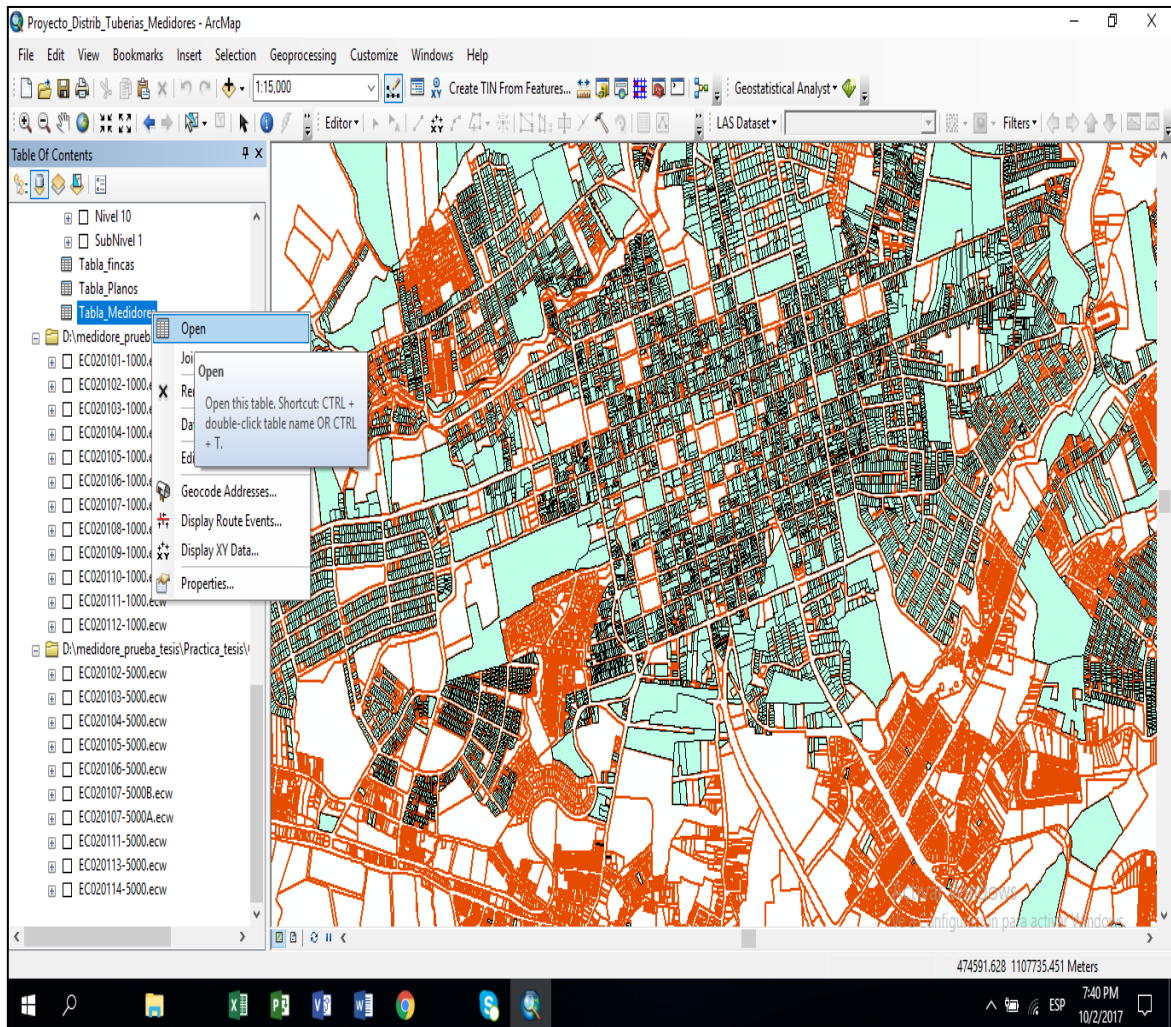


Fig.67 Para abri la tabla de atributos de medidores

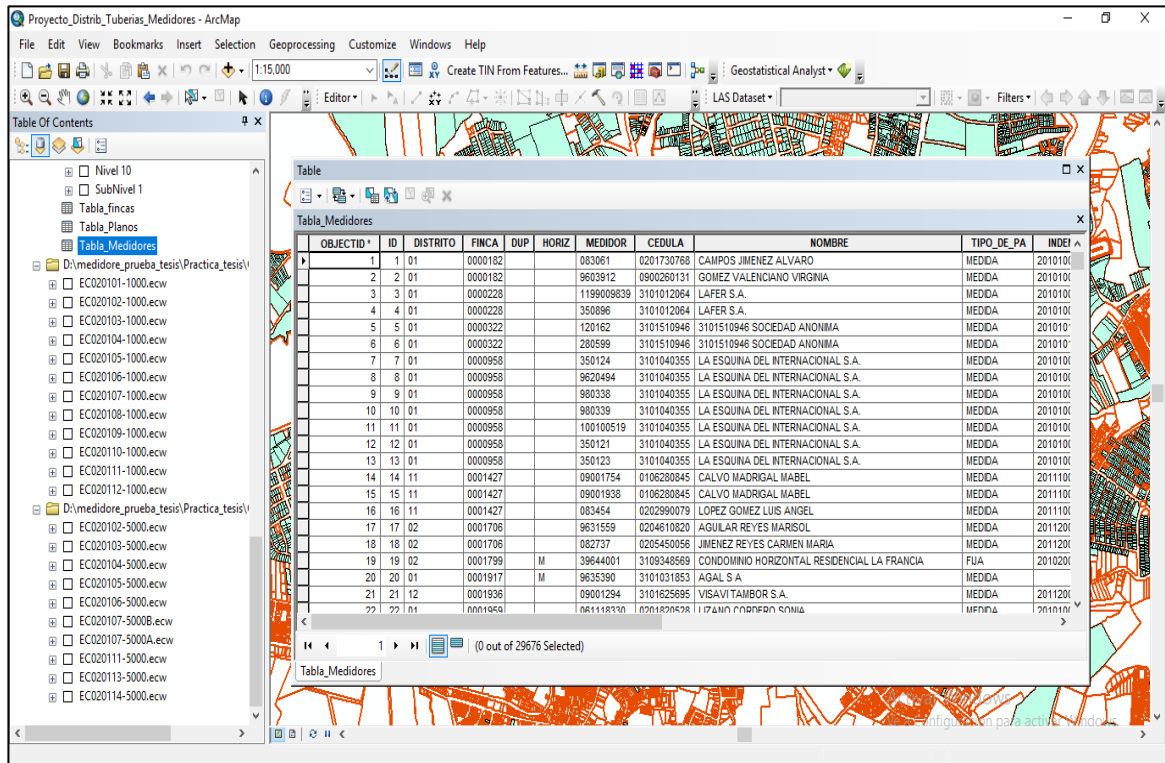


Fig.68 informacion del contenido de la tabla medidores

Luego en la tabla de medidores abierta en **select by atributes** se elige el campo tipo de paja mediante la siguiente instrucción: TIPO\_DE PAJA= FIJA luego apply

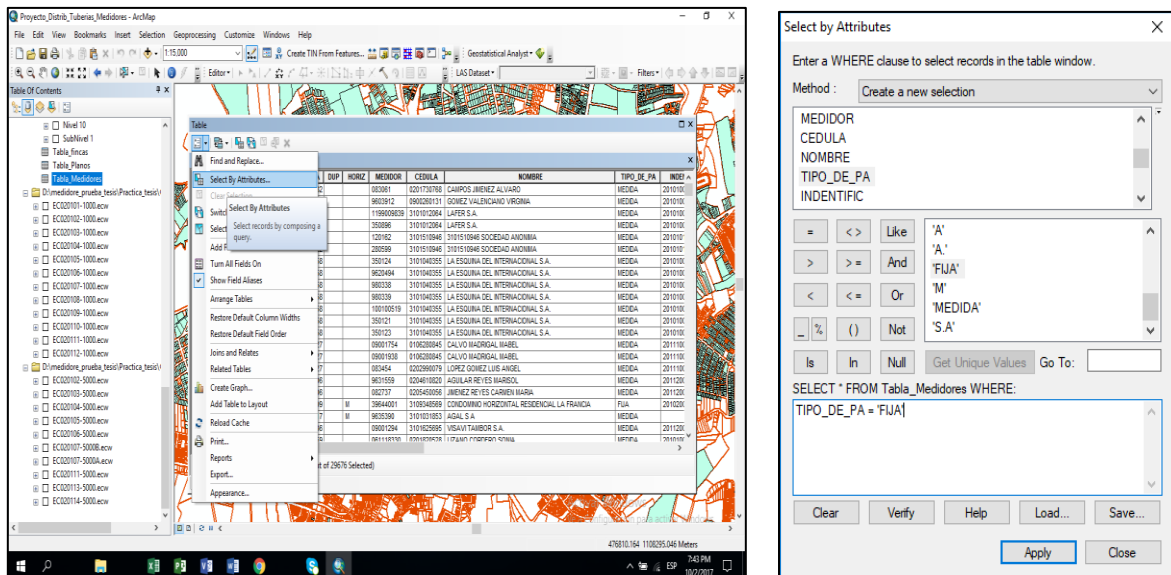
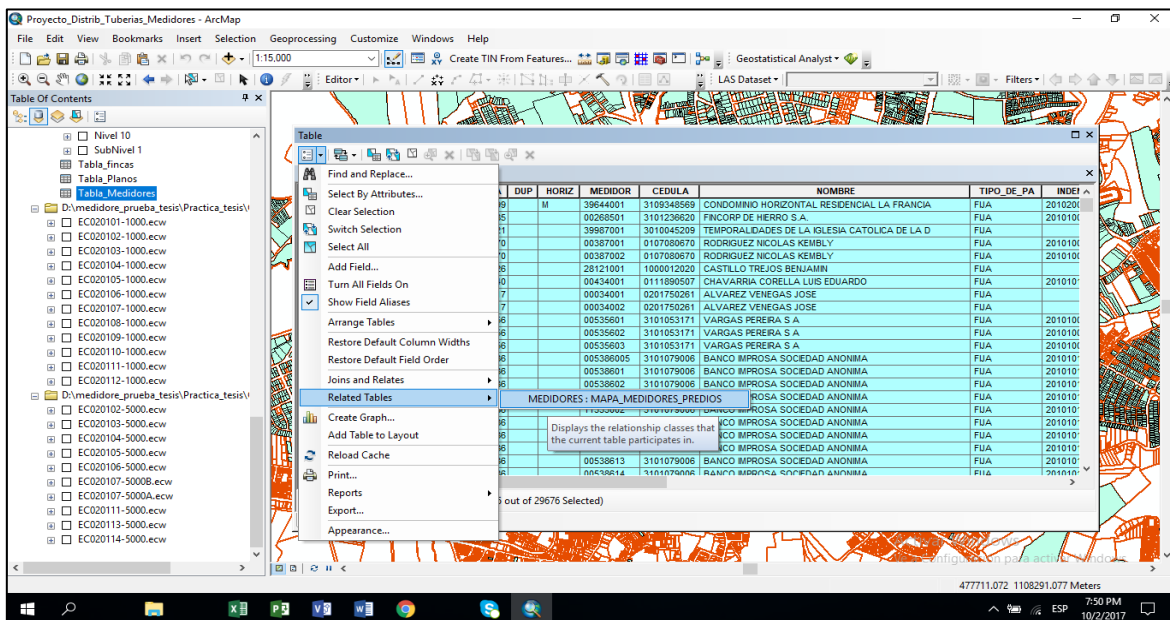


Fig.69 Para realizar una consulta en tabla de atributos medidores Fig.70 selecc.del campos y el atributo a consultar

Se presentan todas las fincas de aquellos predios que tiene un servicio de agua fijo sin tener un control del cobro de consumo por estos administrados y no tener una recaudación junta del cobro por parte del municipio.

OBJECTID	ID	DISTRITO	FINCA	DUP	HORIZ	MEDIDOR	CEDULA	NOMBRE	TIPO_DE_PA	INDEI
19	19	02	0001799		M	39644001	3109348569	CONDOMNIO HORIZONTAL RESIDENCIAL LA FRANCIA	FUA	2010201
34	34	01	0002685			00268501	3101236620	FNCCORP DE HIERRO S.A.	FUA	2010101
74	74	01	0003621			39987001	3010045209	TEMPORALIDADES DE LA IGLESIA CATOLICA DE LA D	FUA	2010101
83	83	01	0003870			00387001	0107080670	RODRIGUEZ NICOLAS KEMBLY	FUA	2010101
84	84	01	0003870			00387002	0107080670	RODRIGUEZ NICOLAS KEMBLY	FUA	2010101
96	96	05	0004226			28121001	1000012020	CASTILLO TREJOS BENJAMIN	FUA	2010101
97	97	01	0004340			00434001	0111890507	CHAVARRIA CORELLA LUIS EDUARDO	FUA	2010101
115	115	01	0004917			00034001	0201750261	ALVAREZ VENEGAS JOSE	FUA	2010101
116	116	01	0004917			00034002	0201750261	ALVAREZ VENEGAS JOSE	FUA	2010101
132	132	01	0005356			00535601	3101053171	VARGAS PERERA S.A	FUA	2010101
133	133	01	0005356			00535602	3101053171	VARGAS PERERA S.A	FUA	2010101
134	134	01	0005356			00535603	3101053171	VARGAS PERERA S.A	FUA	2010101
137	137	01	0005386			005386005	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101
138	138	01	0005386			00538601	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101
139	139	01	0005386			00538602	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101
140	140	01	0005386			00538603	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101
150	150	01	0005386			11333002	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101
154	154	01	0005386			00538617	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101
155	155	01	0005386			00538611	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101
156	156	01	0005386			00538612	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101
157	157	01	0005386			00538613	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101
158	158	01	0005386			00538614	3101079006	BANCO IMPROSA SOCIEDAD ANONIMA	FUA	2010101

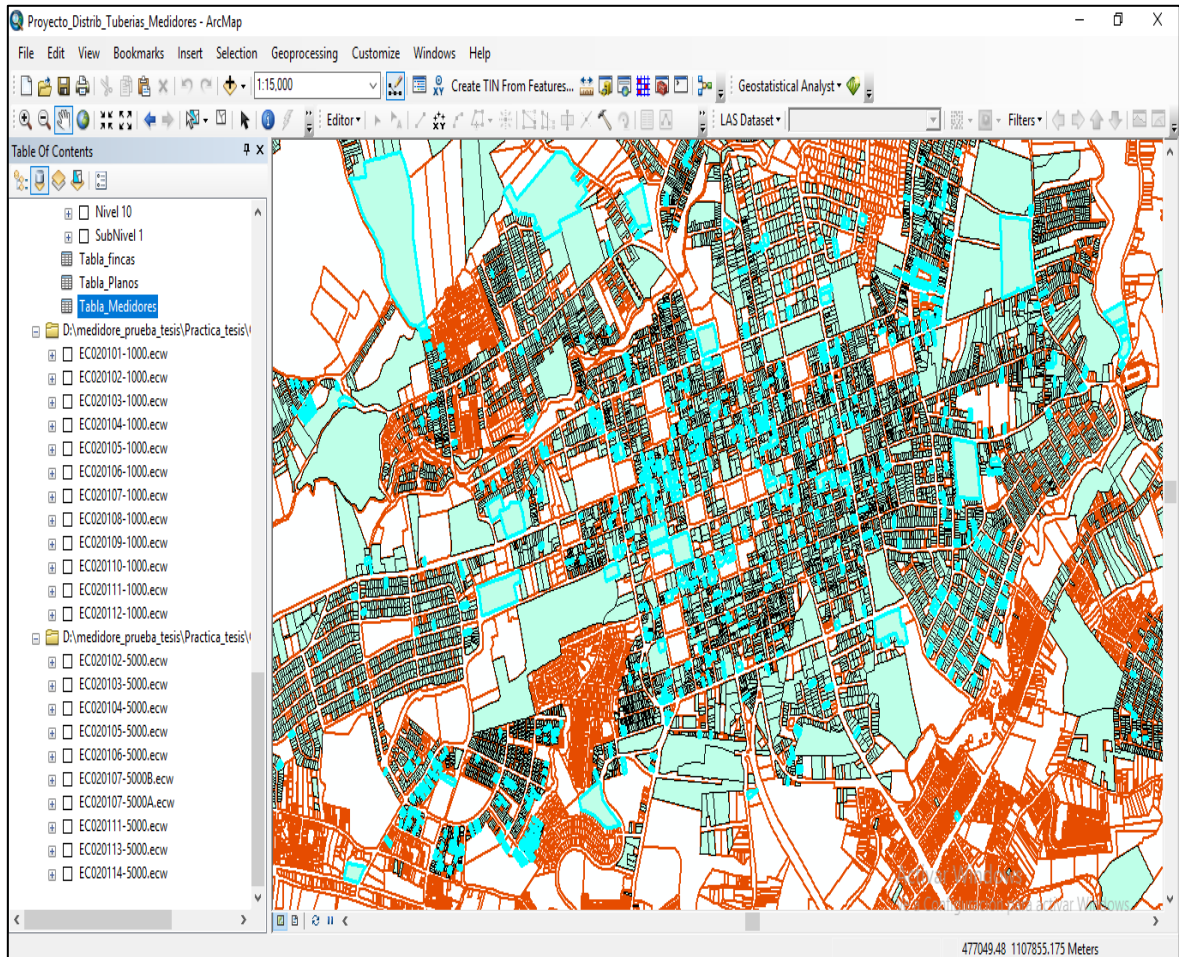
**Fig.71 Información obtenida del atributo consultado de la tabla de medidores de pajas fijas 2145 fincas**  
 Como existe una relación Relationship class entre el tema mapa de medidores y la tabla de medidores se activa esta relación (relates tables) como se aprecia en la imagen para visualizar en el mapa de medidores los predios o fincas, con su localización y dirección más próxima en el cantón de Alajuela, para posteriormente realizar el cambio de paja fija a medidores, por los inspectores del acueducto municipal.



**Fig.72 Para visualizar los predios en el mapa de medidores que contiene paja fija 2145 fincas**



En la siguiente imagen se observan los predios o fincas resaltadas de los predios con paja fija en que se podrá cumplir con la orden de cambio para una mejor recaudación del tributo del servicio de agua en un periodo aproximado por administración de 6 meses cuando se tenía previsto para 2 años.



**Fig.73** visualizar los predios seleccionado con paja fija en el mapa de medidores

i) El sistema SIG del acueducto permitirá tener visualmente aquellos sectores que requieren mantenimiento del sistema de redes de distribución tuberías de agua y de nuevas extensiones, así como la ubicación de nuevos pozos y tanque de almacenamiento de agua para ser localizadas con mayor facilidad y definir áreas y longitudes lineales reales y coordenadas ( x,y ) en el terreno sin necesidad de ir campo, de igual forma permitirá establecer coberturas de las áreas que alimenta una nacientes a una población según la dotación del servicio de agua(pajas) para medir gráficamente el número de viviendas que se encuentran dentro de esa cobertura para una futura planificación de nuevos proyectos

de vivienda de inversión, si existe capacidad de dar o no el servicio según la planificación del departamento del acueducto municipal.

j) Como resultado realizar la búsqueda de información del predio o finca en estudio en el sistema SIG del acueducto municipal donde están integrados todas las capas que componen el sistema, así como introducir nueva información y se modificada de fácil acceso mediante las siguientes instrucciones para la disponibilidad del suministro de agua potable. Abrir la tabla de fincas y dar clic derecho sobre la tabla:

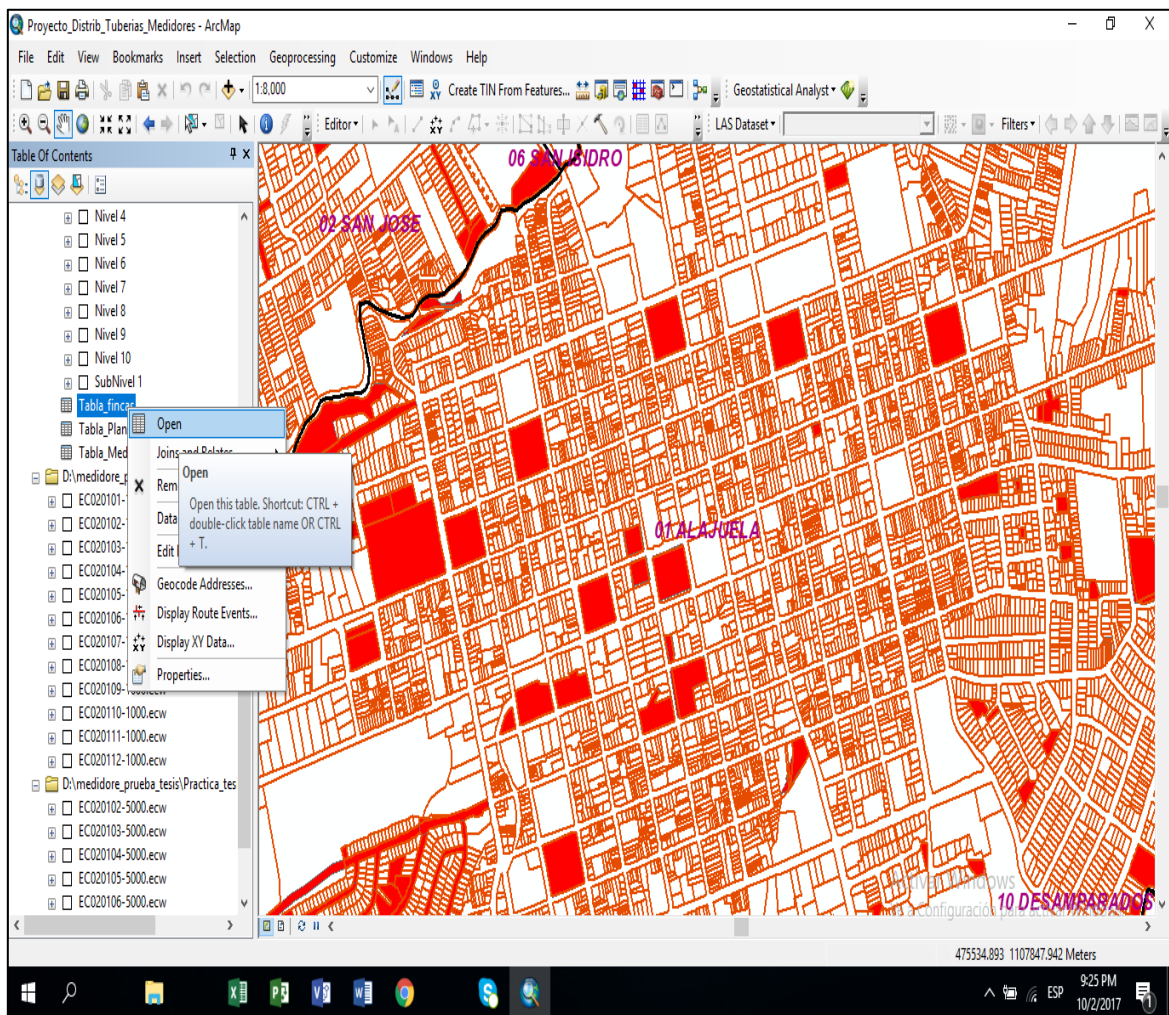


Fig.74 Para consulta una finca se abre tabla de fincas

OBJECTID_1 *	OBJECTID	PROVINCIA	FINCA	DUPLICADO	HORIZONTAL	DERECHO	TOMO	FOLIO	ASIENTO	IDENTIFICA *	DISTRITO	FRENTE
1	260	2	0186052	0	0	0	2826	3	1	20102001260	02	8
2	261	2	0200368	0	0	0	0	0	0	20102001261	02	10
3	262	2	0181415	0	0	0	0	0	0	20102001262	02	16.8
4	263	2	0038103	0	0	0	758	230	1	20102001263	02	34.81
5	264	2	0135801	0	0	0	1939	275	1	20102001265	02	10.75
6	265	2	0181419	0	0	0	2722	175	2	20102001267	02	13
7	266	2	0133071	0	0	0	1891	535	2	20102001268	02	58.63
8	267	2	0129014	0	0	0	1824	259	1	20102001283	02	31.2
9	268	2	0144832	0	0	0	0	0	0	20102001285	02	13.78
10	269	2	0128525	0	0	0	1813	168	12	20102001286	02	13.3
11	270	2	0136436	0	0	0	1952	432	5	20102001287	02	6.57
12	271	2	0136434	0	0	0	0	0	0	20102001288	02	6.92
13	272	2	0173685	0	0	0	0	0	0	20102001289	02	24.31
14	273	2	0166857	0	0	0	2396	563	4	20102000129	02	8.36
15	274	2	0117066	0	0	0	0	0	0	20102001290	02	8.83
16	275	2	0108147	0	0	0	0	0	0	20102001292	02	22.47
17	276	2	0200827	0	0	0	0	0	0	20102001293	02	10.34
18	277	2	0244968	0	0	0	0	0	0	20102001294	02	48.83
19	278	2	0124849	0	0	0	0	0	0	20102001296	02	1.24
20	279	2	0134296	0	0	0	0	0	0	20102001297	02	4
21	280	2	0122877	0	0	0	1705	576	12	20102001298	02	7.3
22	281	2	0117673	0	0	0	1615	68	14	20102001299	02	6

Fig.75 informacion de la tabla fincas

Mediante la opcion de selection by attributes fig.76 se selecciona y se introduce el numero Finca= '0098186' y apply fig.77

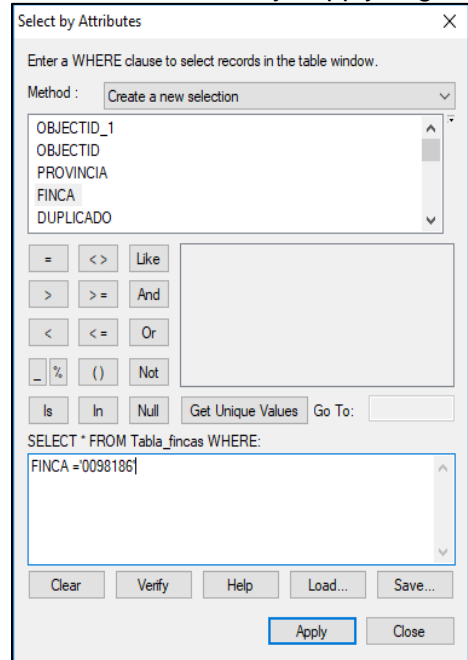
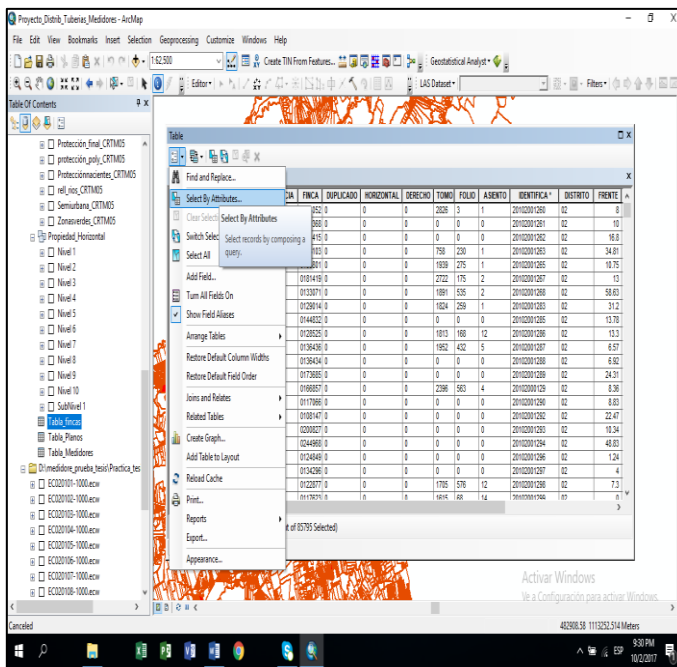


Fig.76 Para realizar la consulta en selec by attribute Fig.77 El campo fincas y el atributo numero 98186

Se observa la finca encontrada en la tabla de fincas la cual procedemos a relacionar este registro con el mapa catastral para ubicarla en el distrito correspondiente en el canton con la opcion **relates** que existen un vinculo de una **relationship class** entre la tabla de fincas y el mapa catastral.

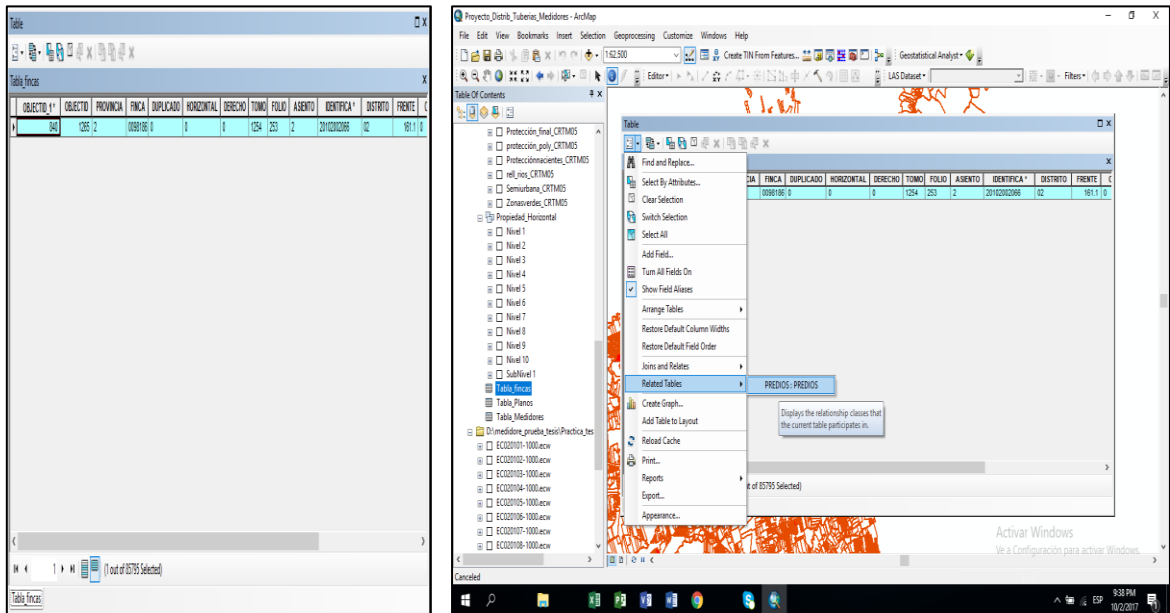


Fig.78 se encuentra el numero de finca 98186 Fig.79 se relaciona con el mapa catastral(predio) y visualizar

En el menu principal en selection dar clic y se presenta un submenu en cascada como se muestra en la imagen. En la opcion **zoom to selected feature** se hace clic y esta opcion mostrara la finca o el predio buscando en el mapa catastral(predios) resaltado de color amarillo por default del programa Arcgis, para realizar el estudio de la disponibilidad del suministro de agua potable solicitado por el administrado

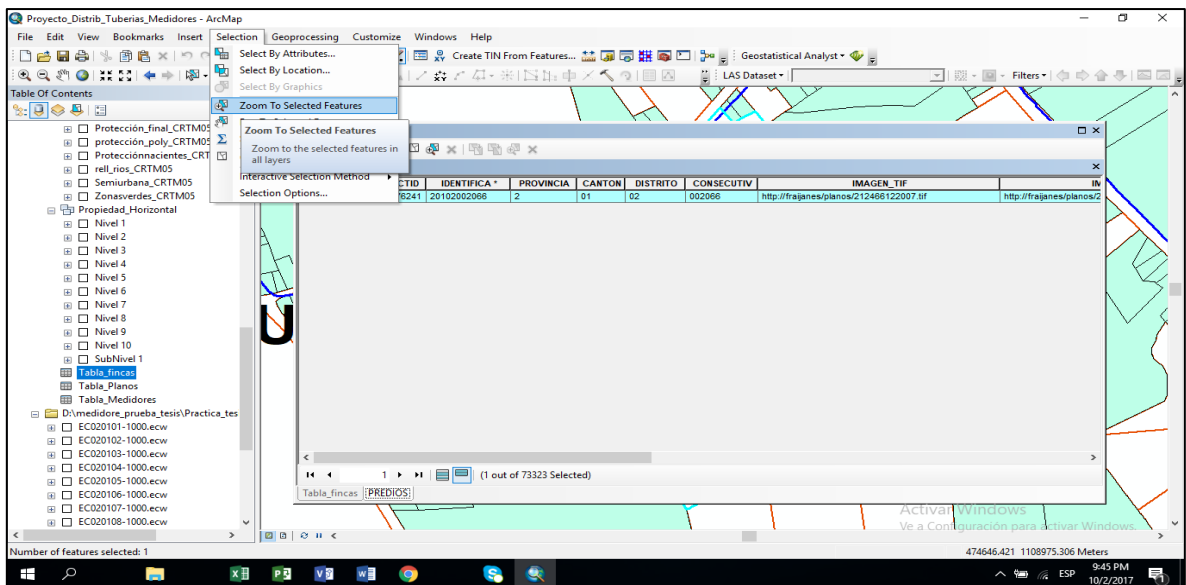
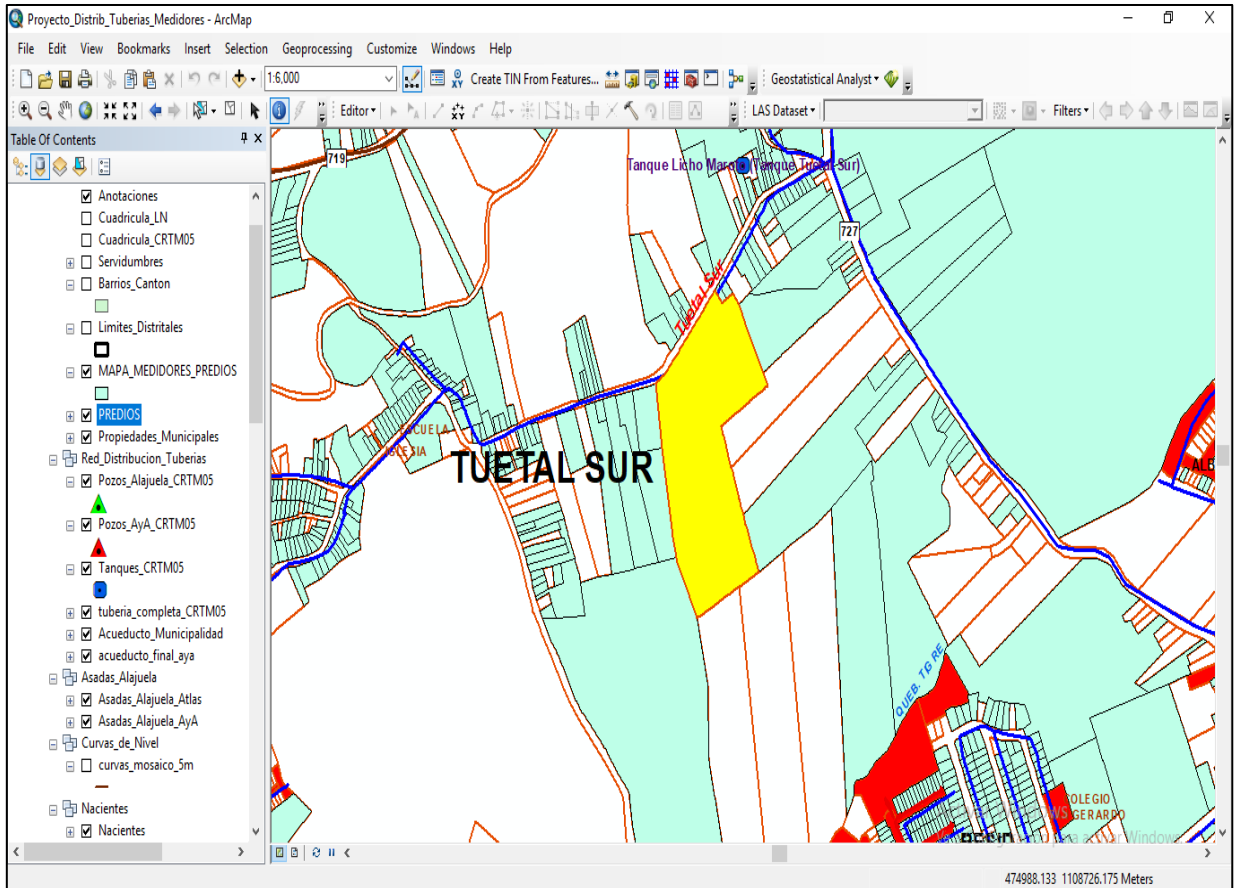


Fig.80 Con el menú principal en selection se oprime Zoom to select feature para apreciar el predio en el mapa



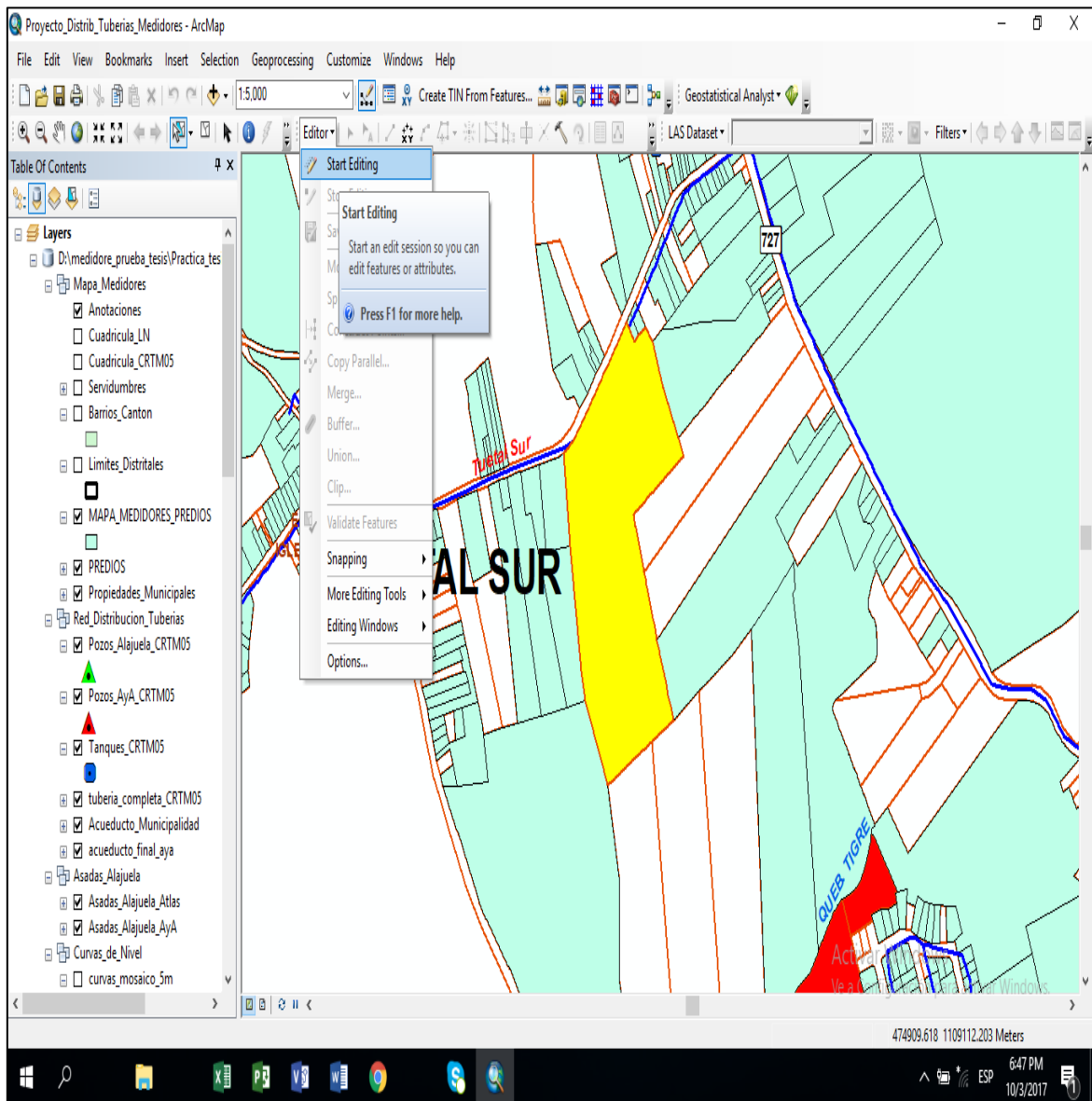
Se activan todas las capas de tuberías, pozos, tanques, mapa de medidores, nacientes y se observa que la finca con número 0098186 se encuentra en una zona donde existe distribución de tubería de agua potable y hay presencia de tanque de almacenamiento de agua y la tubería distribución está conectada a la naciente Quebradas, por lo cual se puede tomar la decisión de forma inmediata que la finca en cuestión se aprueba la disponibilidad de agua. Y hay cobertura del suministro.



**Fig.81** se encuentra el predio para el estudio de la disponibilidad del agua en sistema SIG del acueducto

Aprobada la solicitud del suministro de agua potable de la finca de estudio es necesario trasladar este predio del mapa catastral(predios) que esta seleccionado en color amarillo por default al mapa de medidores para el mantenimiento de la nueva información que debe ingresar al sistema SIG. Para realizar este proceso se activa la barra del editor de las herramientas del Arcgis como se muestra en la imagen.

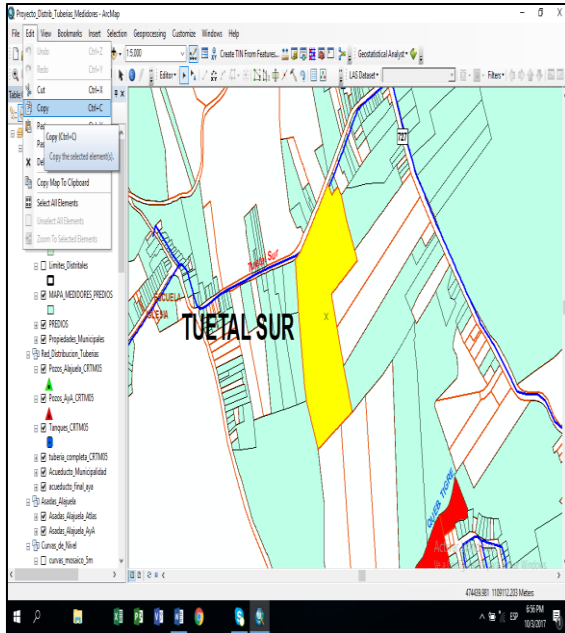




**Fig.82 se activa el editor con start editing de la barra de herramientas**

En el menú principal del Arcgis en la pestaña de edit en el submenú de cascada seleccionar la opción **copy y luego paste** para trasladar el predio de forma gráfica y sus atributos del mapa catastral(predios) al mapa de medidores, en proceso se presenta una caja de dialogo en el cual se elige mediante una pestaña la capa de mapa de medidores como se muestra en las imágenes.

Se elige la opción copy Fig.83



Luego se elige la opción paste Fig.84

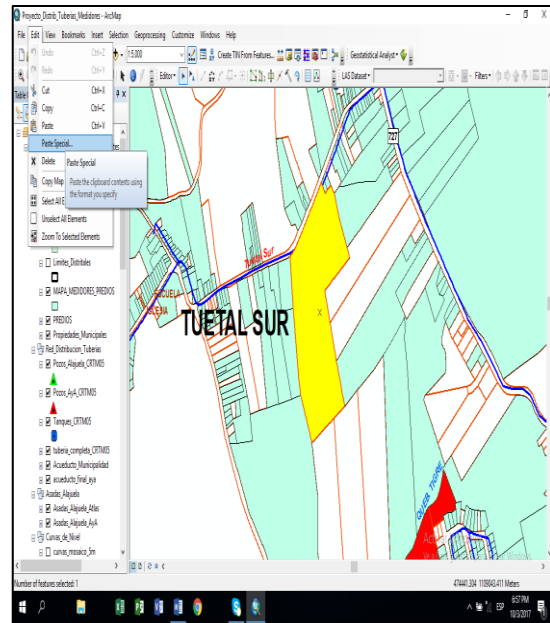


Fig.83 En el menu principal se oprime copy paste

Fig.84 Luego en menu principal se oprime

Se presenta la caja de dialogo para pasar de la capa mapa catastral(predios) a la capa de medidores y luego ok

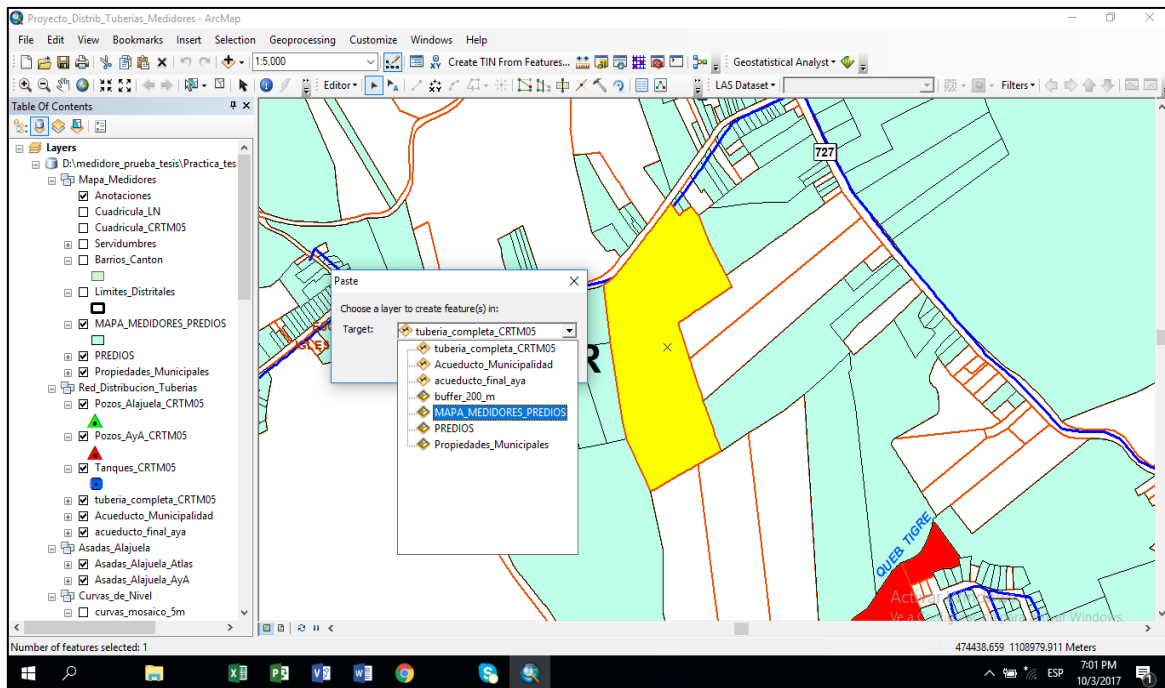
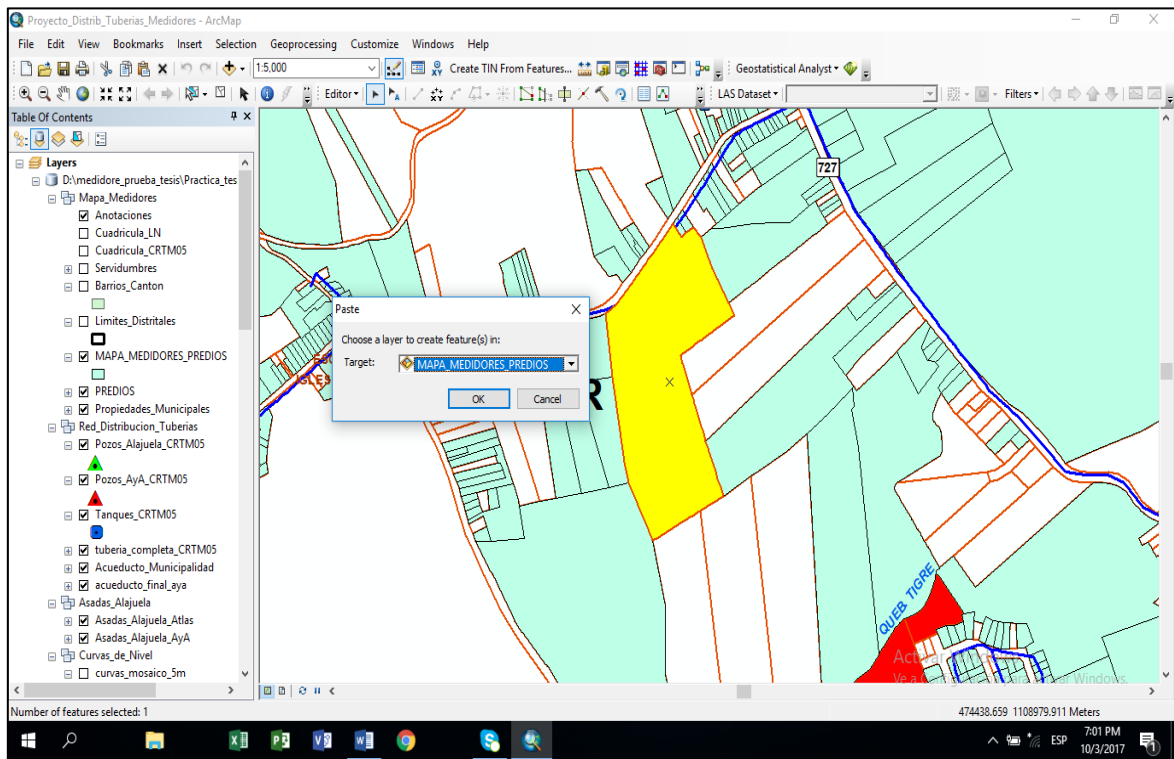
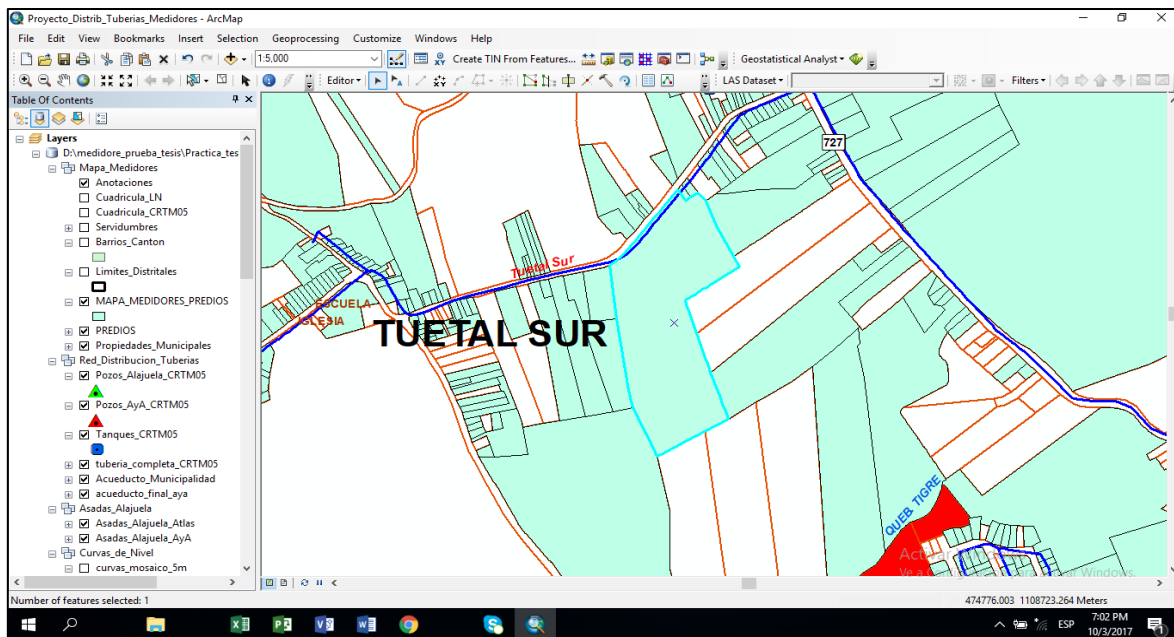


Fig.85 En caja dialogo elegir mapa medidores



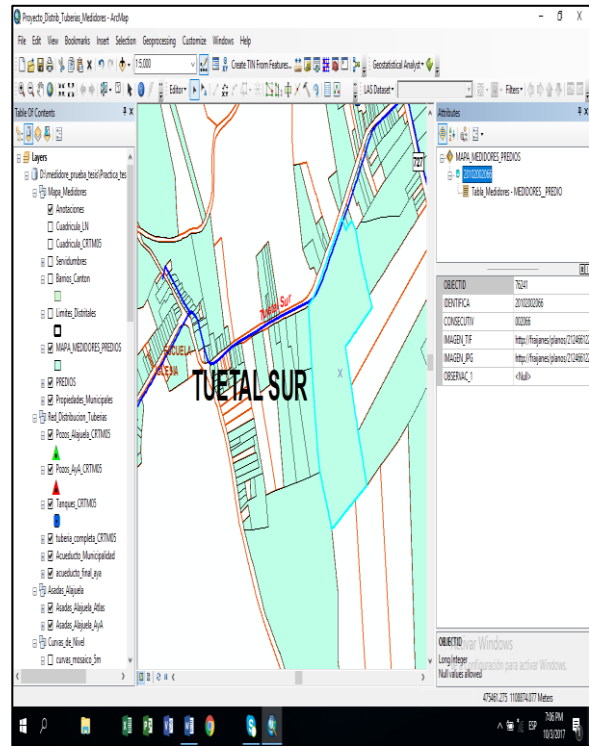
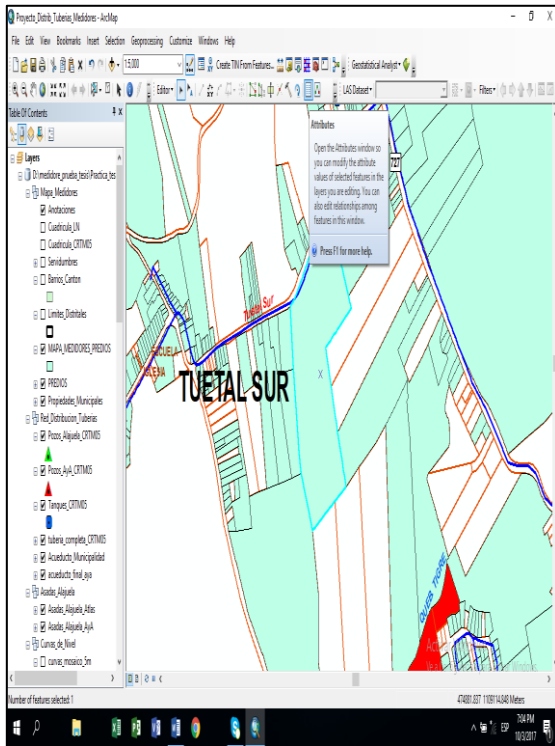
**Fig.86 En caja dialogo elige mapa de medidores ok**

El predio o finca en estudio se traslado a la capa de medidores ya que cambio por el color celeste de la capa de medidores como se muestran en la imagen.



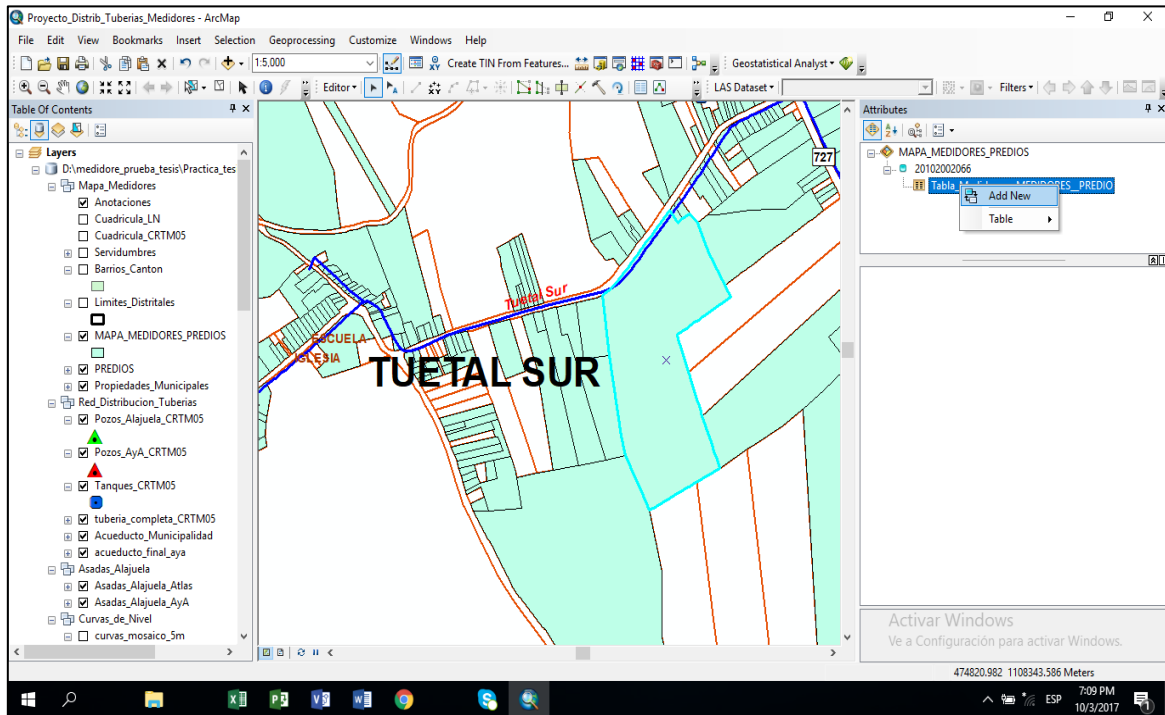
**Fig.87 Predio marcado esta en el mapa medidores**

Luego en la misma barra del editor en el icono de tabla de atributos se se hace clic y se presenta la tabla de los atributos donde se debe de introducir la informacion en los campo de la tabla de medidores que deben ser llenados

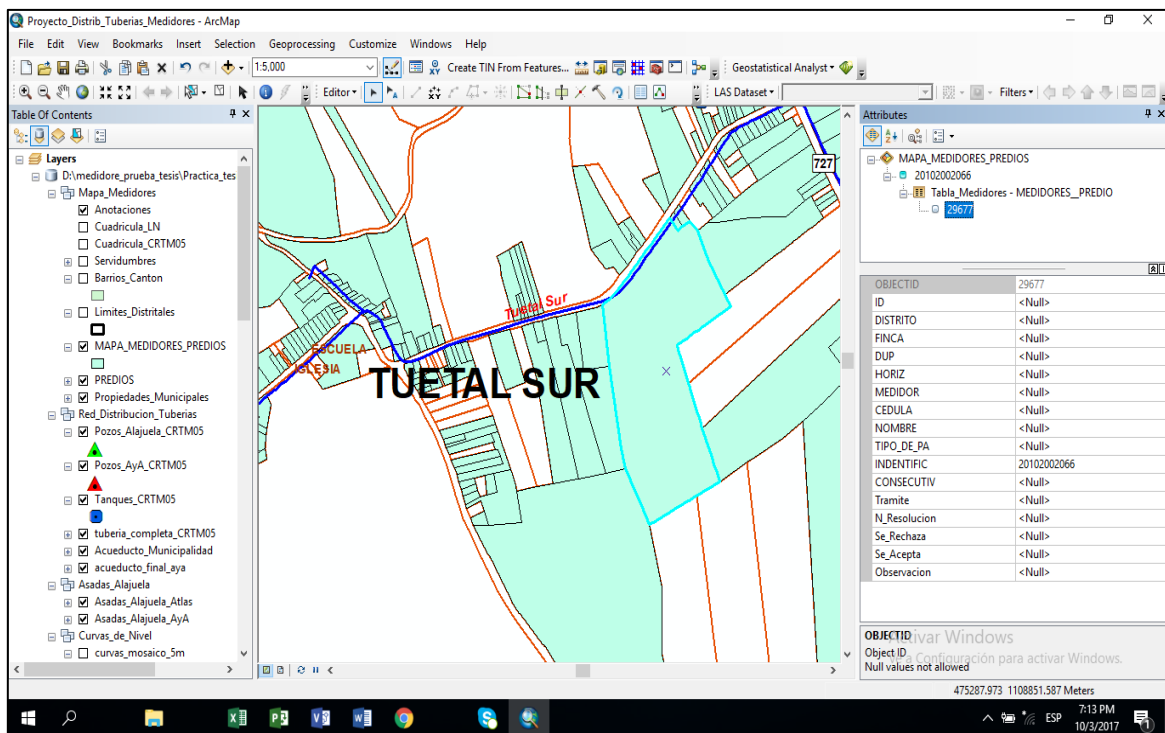


**Fig.88 se oprime la tabla de atributos del editor** **Fig.89 aparece tabla de atributos con identificador de predio**

Para realizar la introduccion de informacion a los campos, se hace clic derechos en la tabla de medidores y se elige **Add New** para agregar un registro a la base de datos en los campos de la tabla de medidores



**Fig.90** se agrega un registro con click derecho en tabla de medidores y aparece add oprimir  
Se muestra un nuevo registro para introducir la información en los campos de la tabla medidores



**Fig.91** se activan los campos de la tabla del nuevo registro para introducir información

Se introduce la información correspondiente a los campos de la tabla como se muestra en la imagen

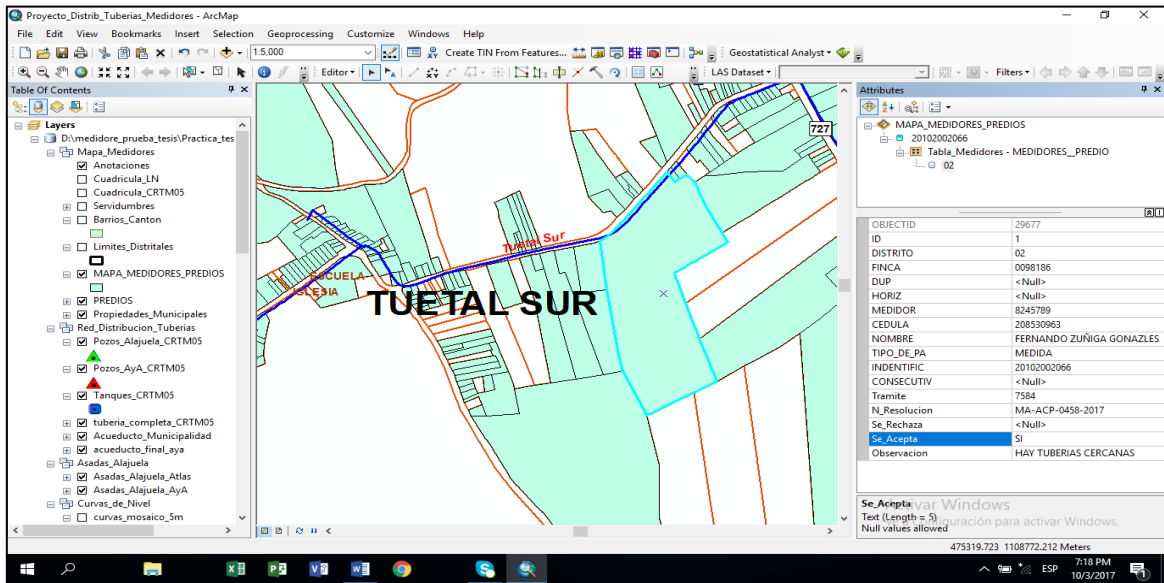


Fig.92 se llenan los campos activos con información del nuevo predio para asignar medidor

Se salva la información en el sistema y se para la edición y se consulta con el icono de identificador (i)

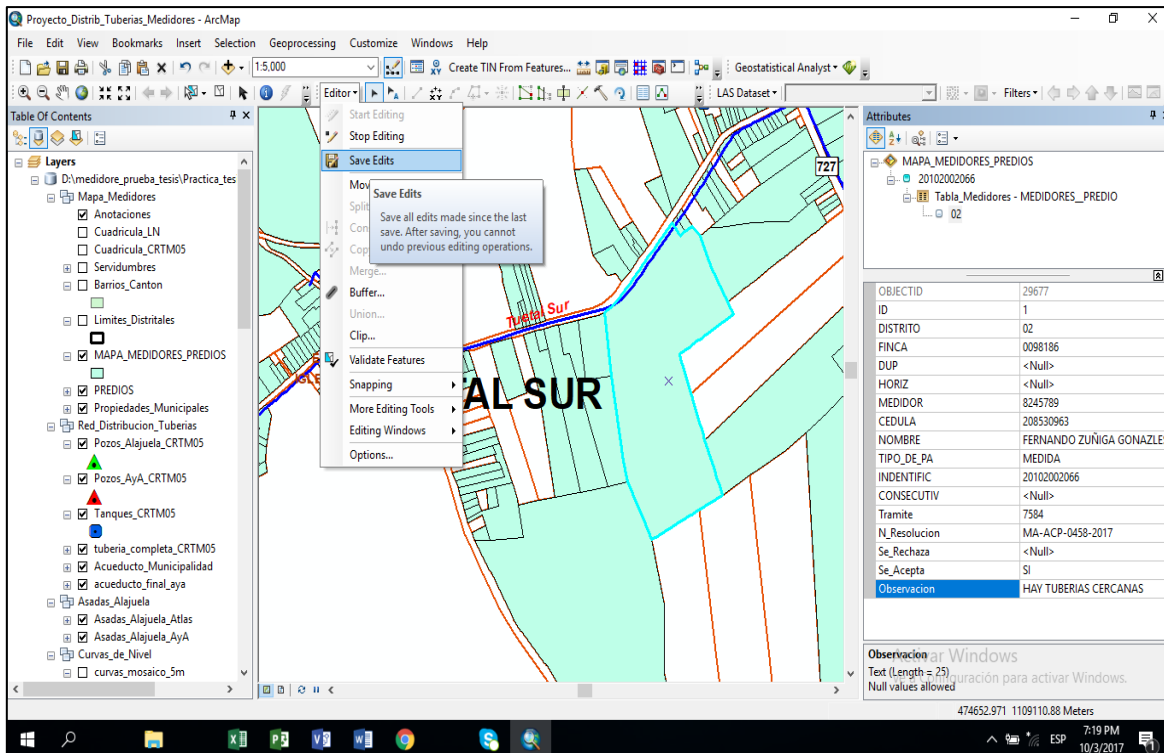
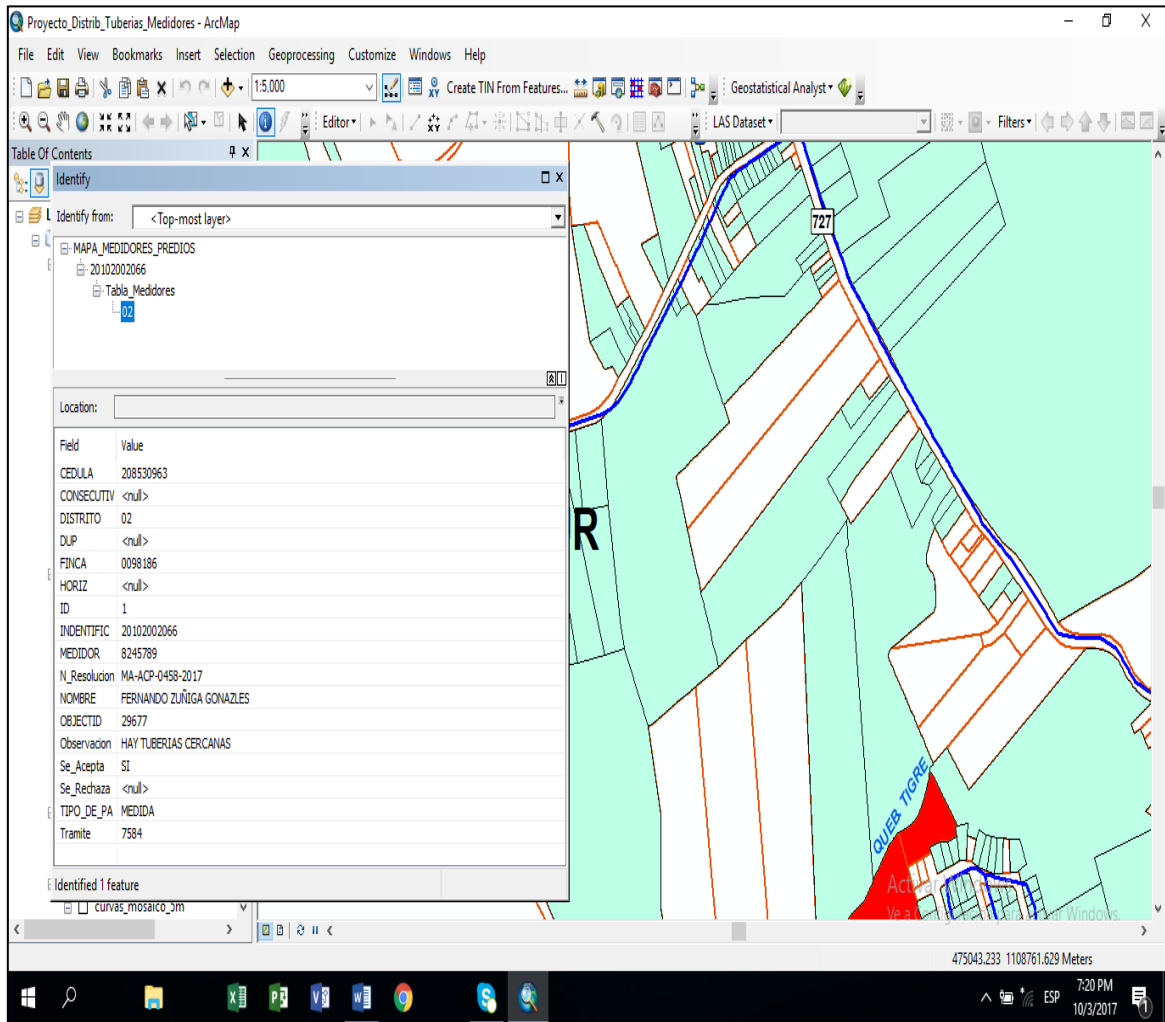


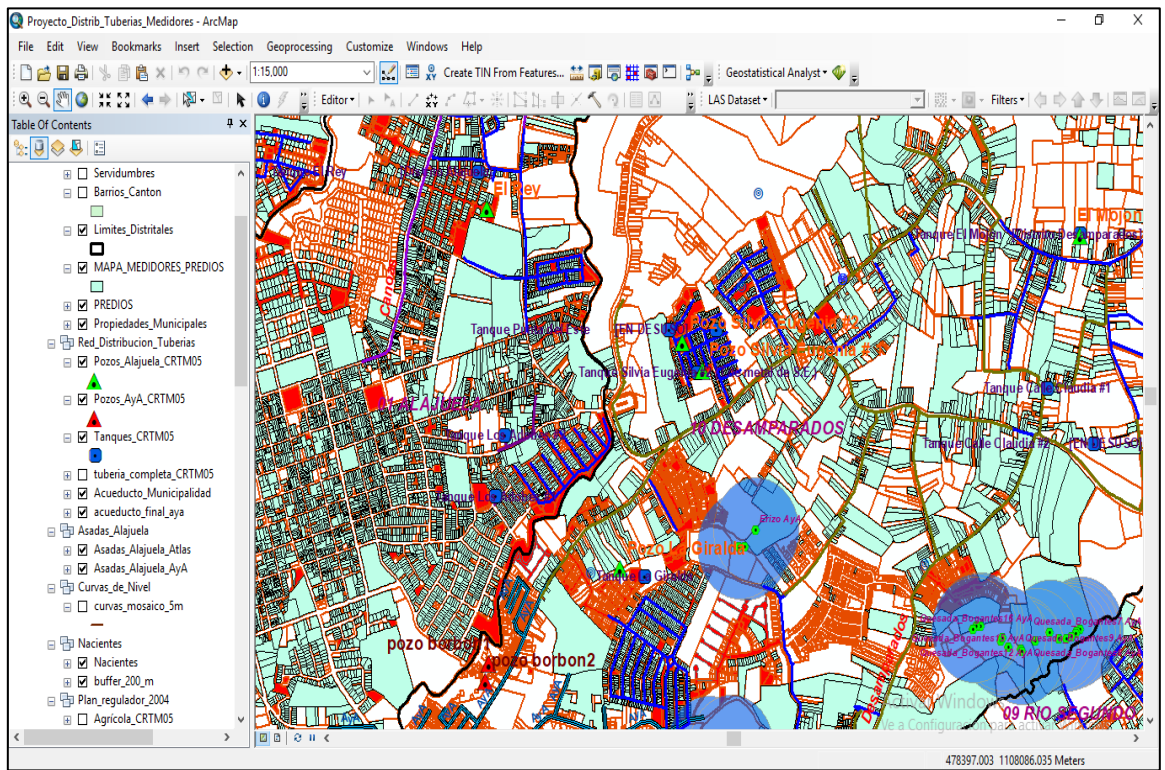
Fig.93 se introduce informacion del predio





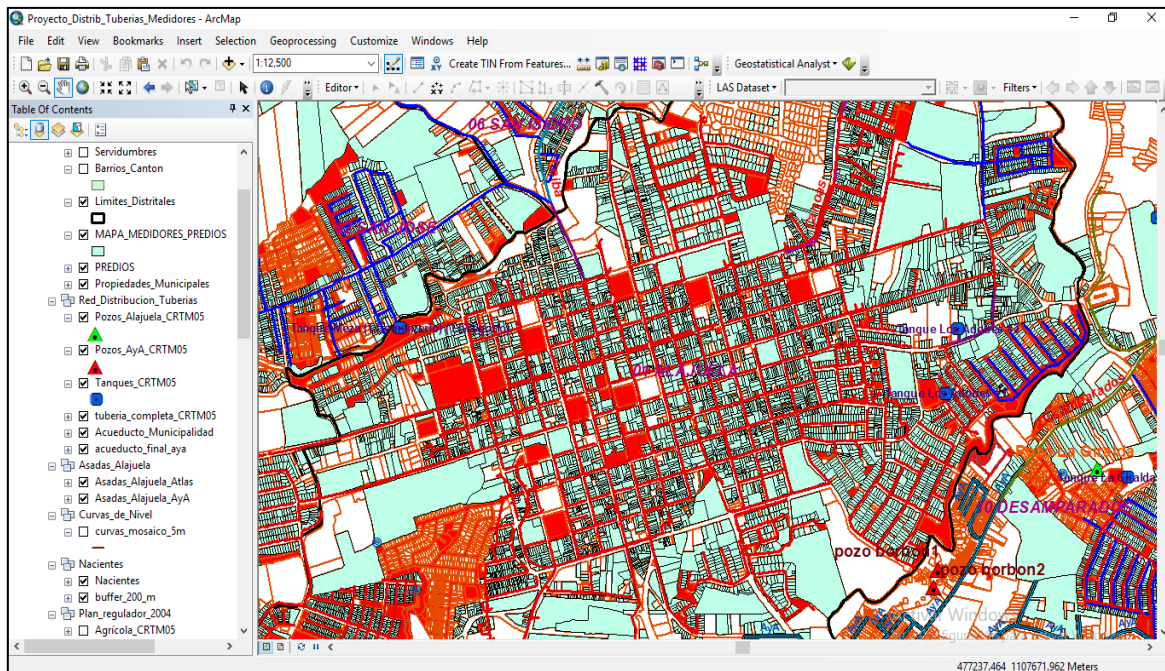
**Fig.94 se oprime (i) para ver informacion de predio nuevo**

Como resultado de la elaboración del proyecto de esta tesis se mostrarán algunas imágenes del sistema SIG del acueducto municipal integrado de la municipalidad de Alajuela: Las tuberías de color azul le pertenecen al municipio, las tuberías de color verde le pertenecen al instituto del AyA,(Acueductos y Alcantarillados) las nacientes con sus buffers de 200 m de protección según la ley forestal y el plan regulador 2004 del cantón de Alajuela, son del municipio donde son captadas para la distribución tubería del suministro de agua potable municipal.



**Fig.95. capas de sistema integrado del acueducto municipal imagen SIG1**

Las tuberías del casco central de Alajuela se aprecian de color rojo y así como tanques de almacenamiento de agua en algunas urbanizaciones del centro de Alajuela



**Fig.96. capas de sistema integrado del acueducto municipal imagen SIG2**



En esta imagen se aprecia tanques y pozos de agua, nacientes captadas, así como las tuberías del municipio donde se da cobertura a ciertos sectores del cantón, se observan también la capa de anotaciones (descripción de nombres de sitios en el cantón para la ubicación y dirección de lugares)

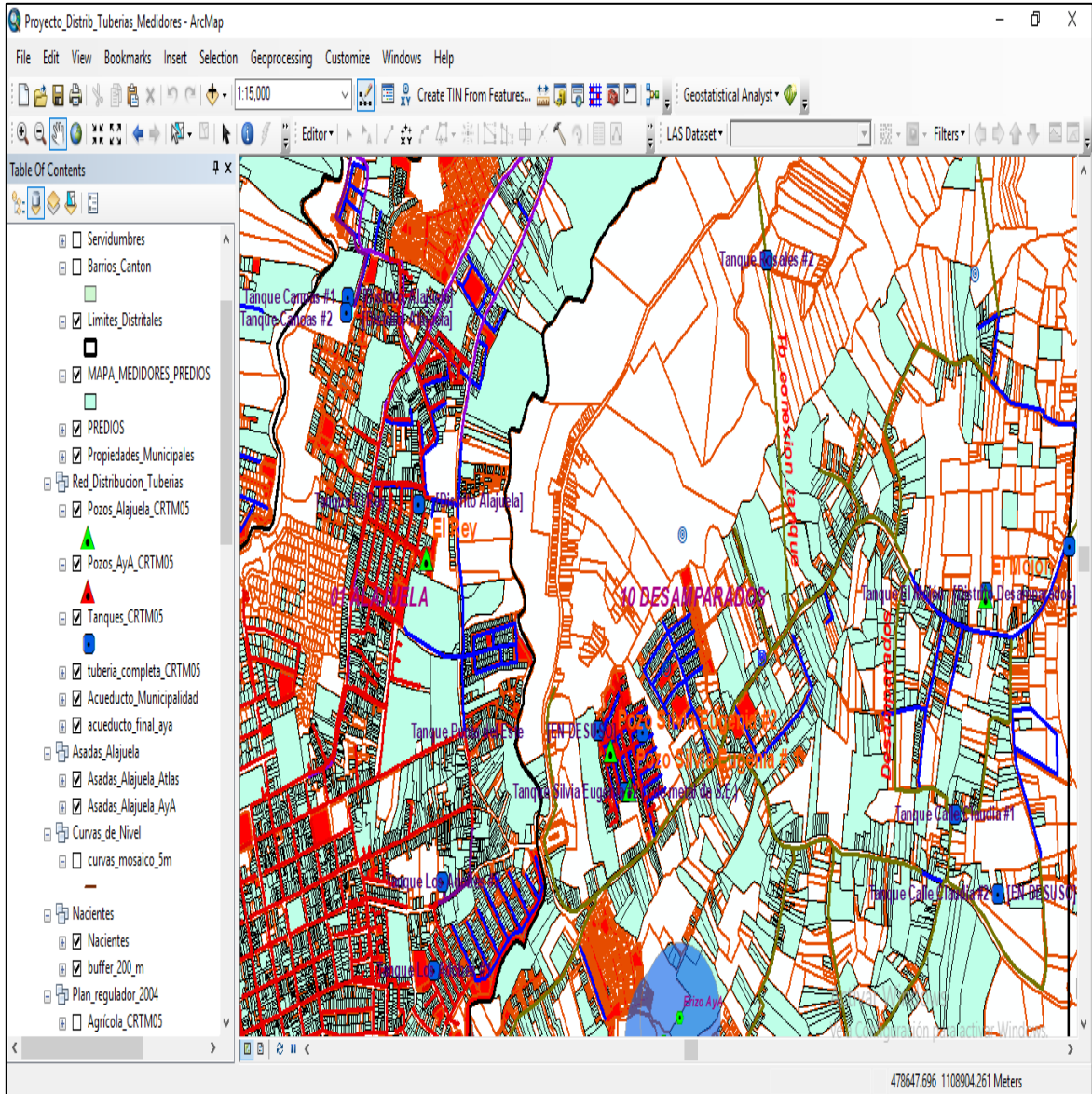
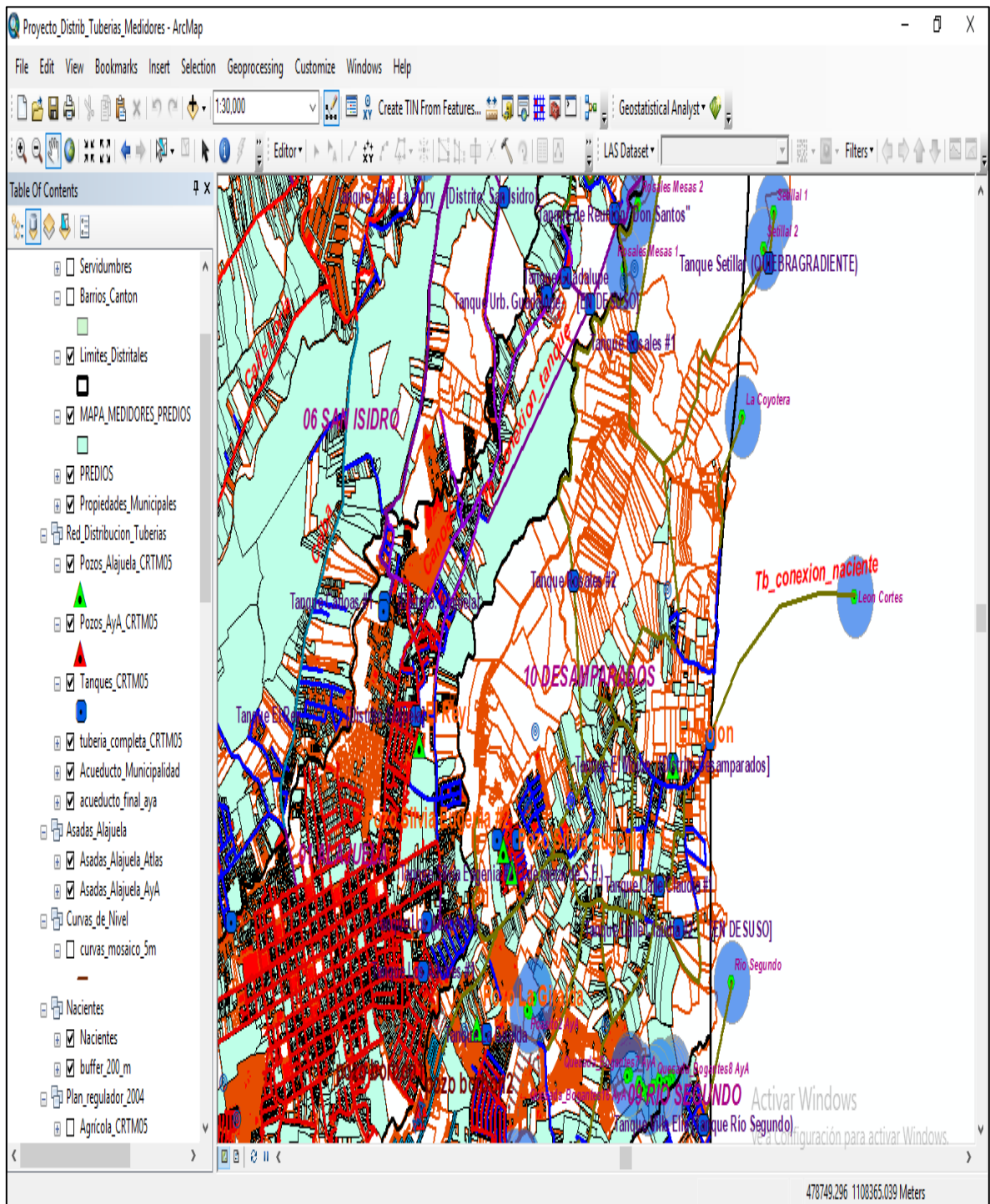


Fig.97, capas de sistema integrado del acueducto municipal imagen SIG3



**Fig.98, capas de sistema integrado del acueducto municipal imagen SIG4**





## Mapa catastral(predios) del cantón Alajuela

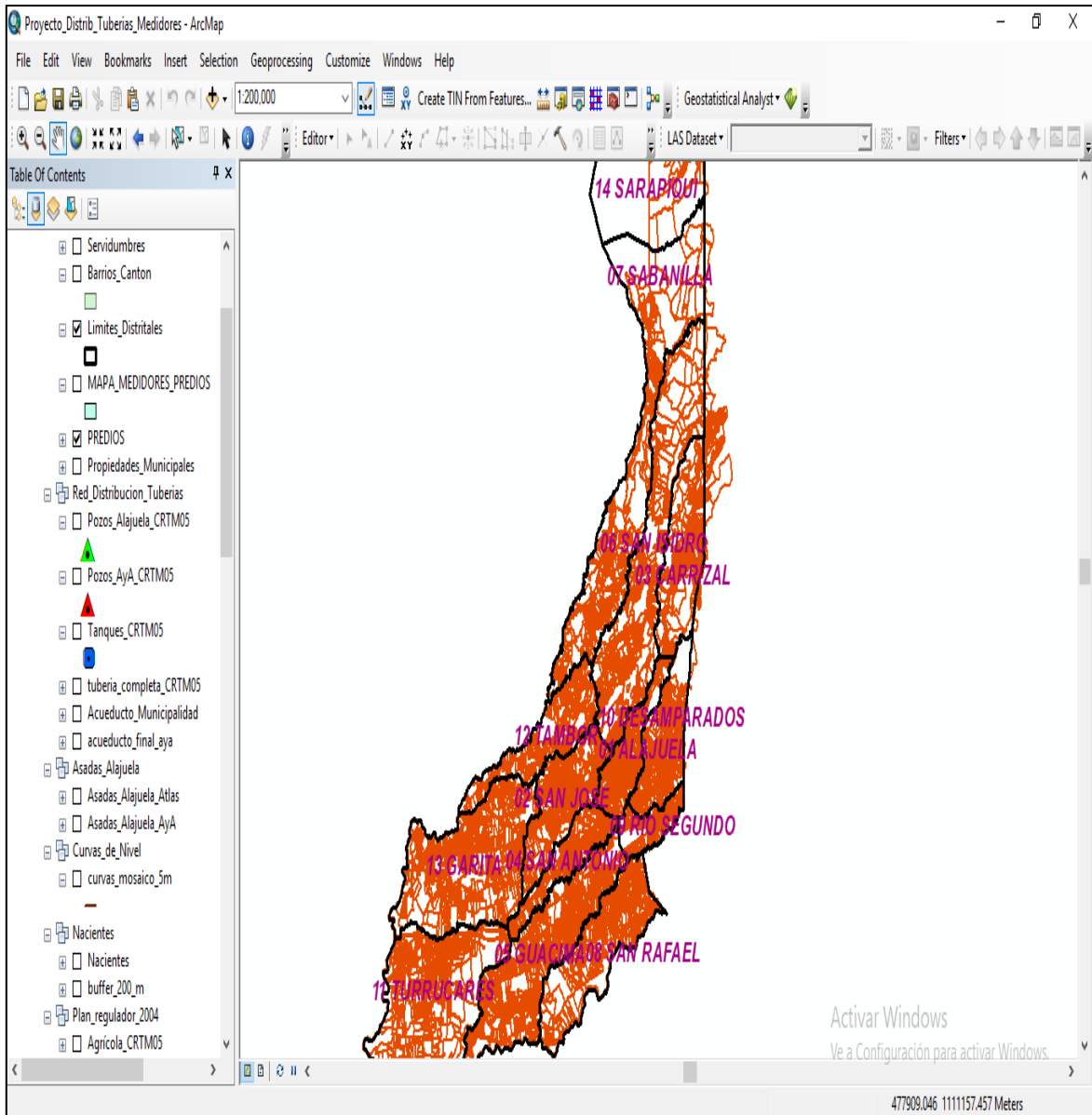


Fig.100. capa del mapa catastral(predios) del cantón de Alajuela

Mapa de medidores del cantón de Alajuela donde se da la cobertura del servicio de agua potable

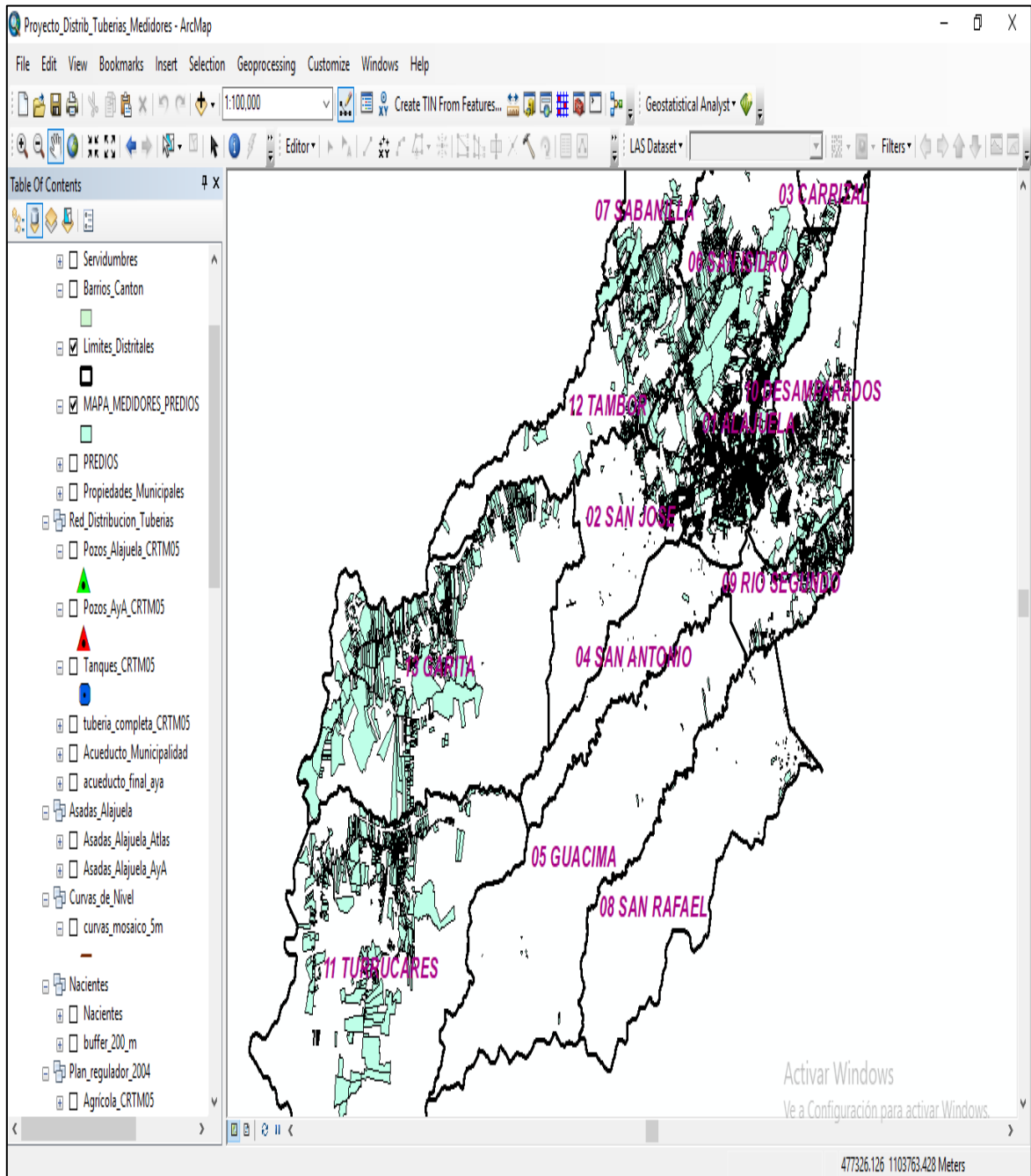


Fig.101. capa del mapa de medidores de la cobertura del cantón de Alajuela de agua potable

## Capa de tanque de almacenamiento de agua en el cantón de Alajuela

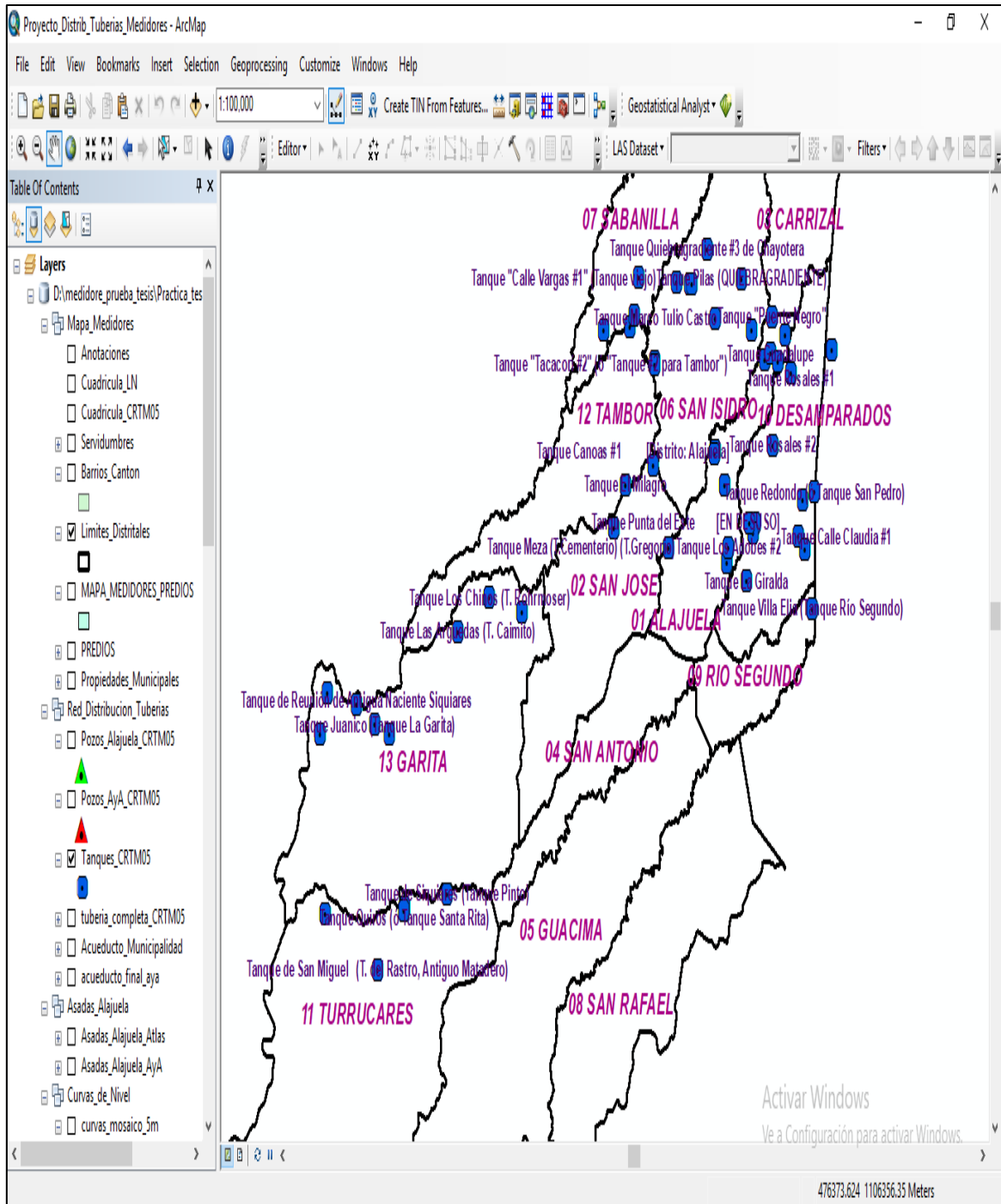


Fig.102. capa de tanques de almacenamientos de agua potable

Capa de los pozos de la Municipalidad de Alajuela (color verde) y el Instituto de Acueductos y Alcantarillado (AyA) (color rojo)

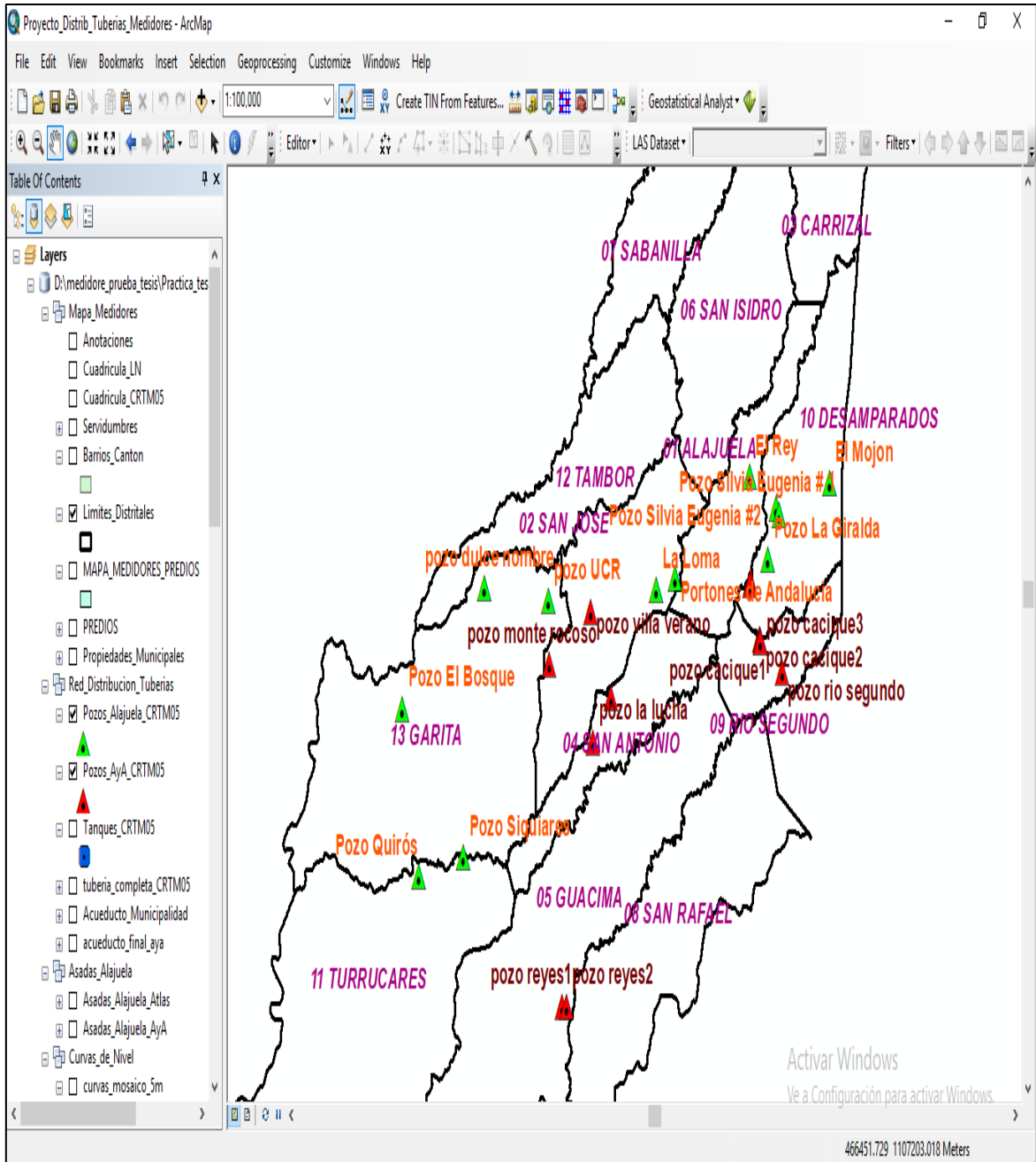
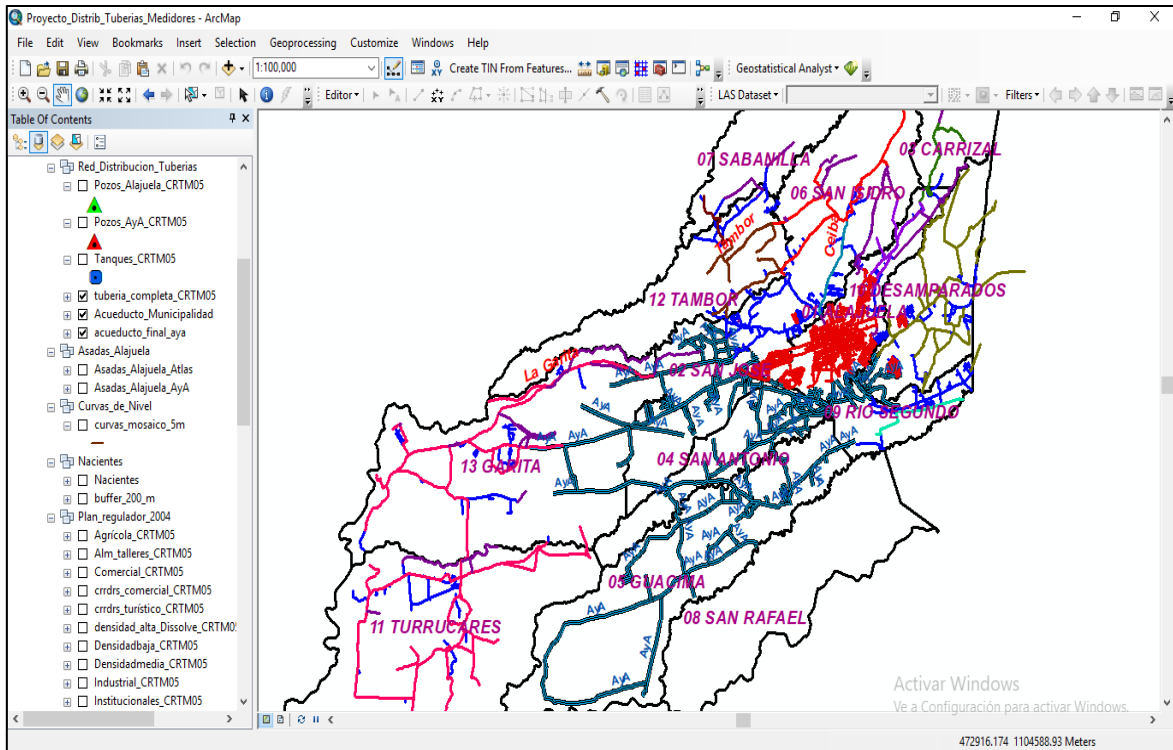


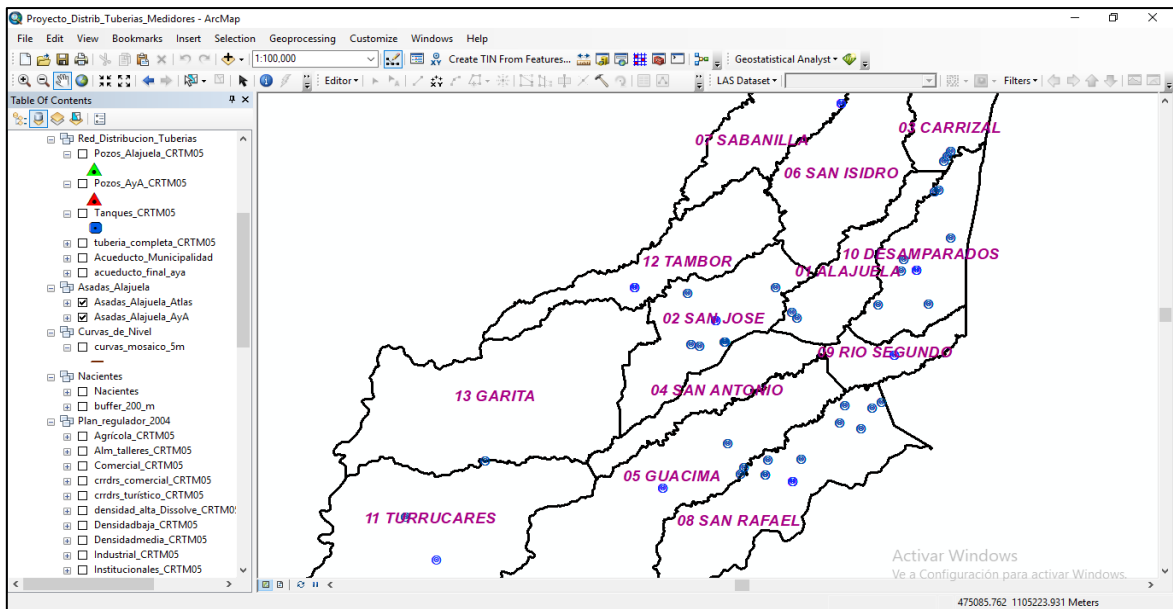
Fig.103 capas de pozos de agua potable del cantón de Alajuela

## Capa de tuberías del Municipio y del AyA



**Fig.104. capa de distribución de redes de tuberías de agua potable del cantón Alajuela**

Capas de las ASADAS dadas como concesión a los distritos del cantón de Alajuela por parte del Instituto de Acueductos y alcantarillados (AyA) para la administración de la disponibilidad del agua potable.



**Fig.105 capa de ASADAS del AyA (instituto de Acueductos y Alcantarillados)**



Capa de curvas de nivel c/5m para el estudio topográfico de extensión de tuberías del municipio a otros sectores del cantón.

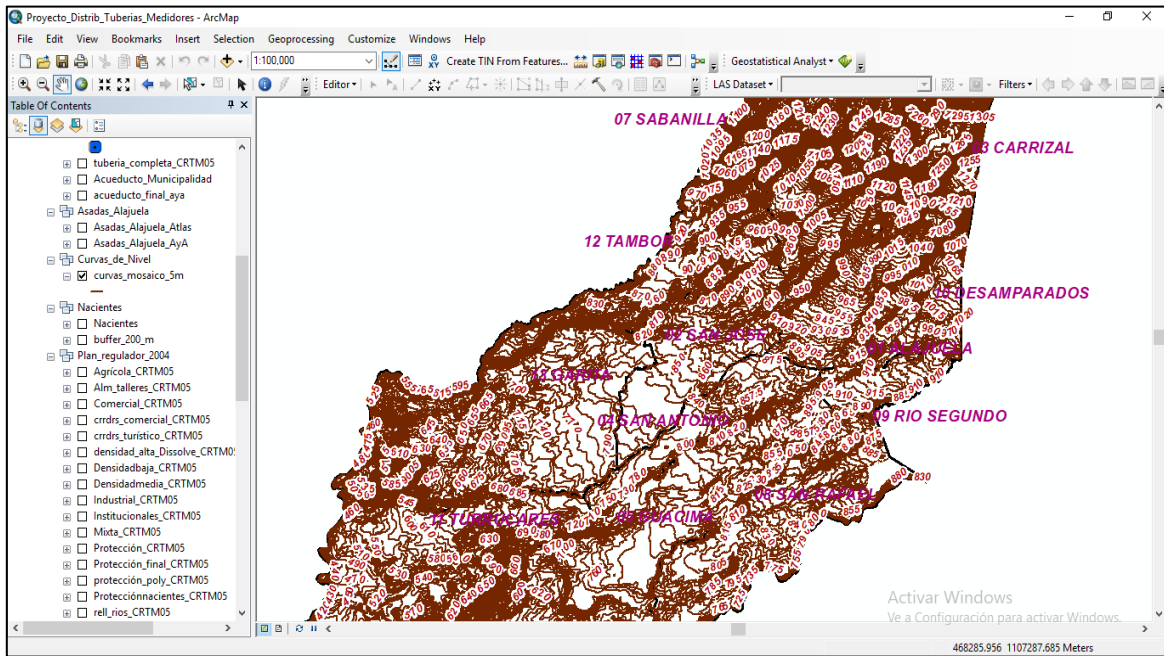


Fig.106.capa de curvas de nivel cada 5 m de elevación con respecto al nivel del mar

Capas de las nacientes y los buffers de 200 m de protección captadas en el cantón de Alajuela para el suministro de agua potable a la población

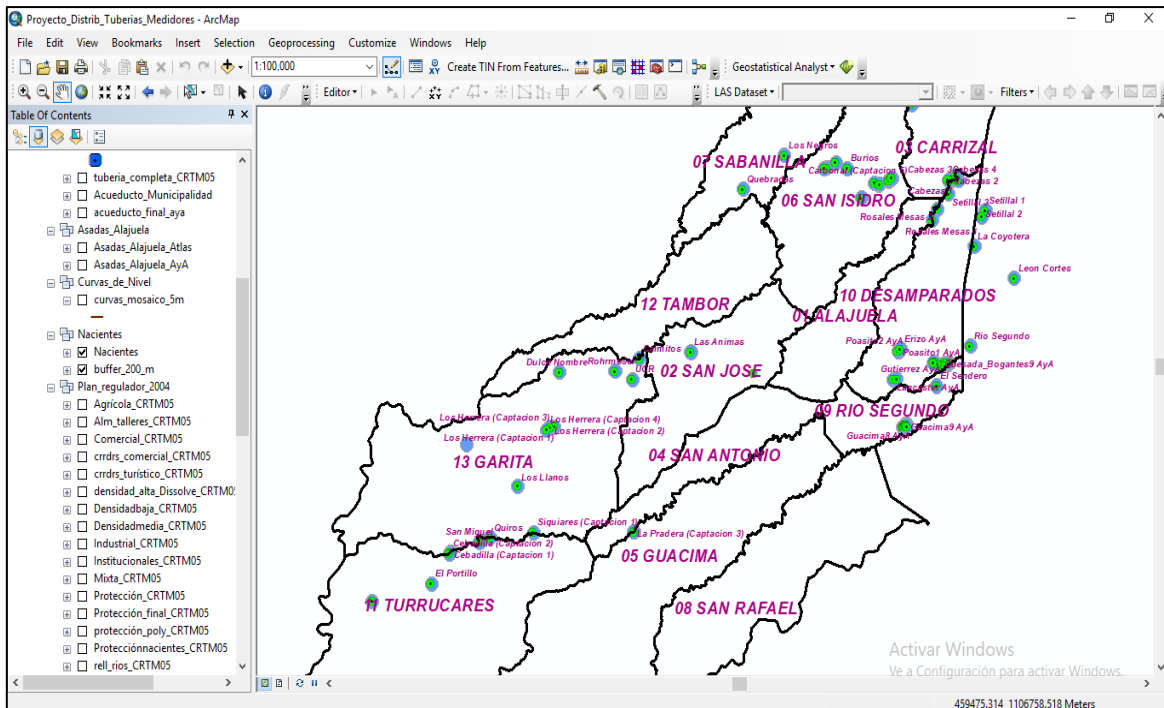
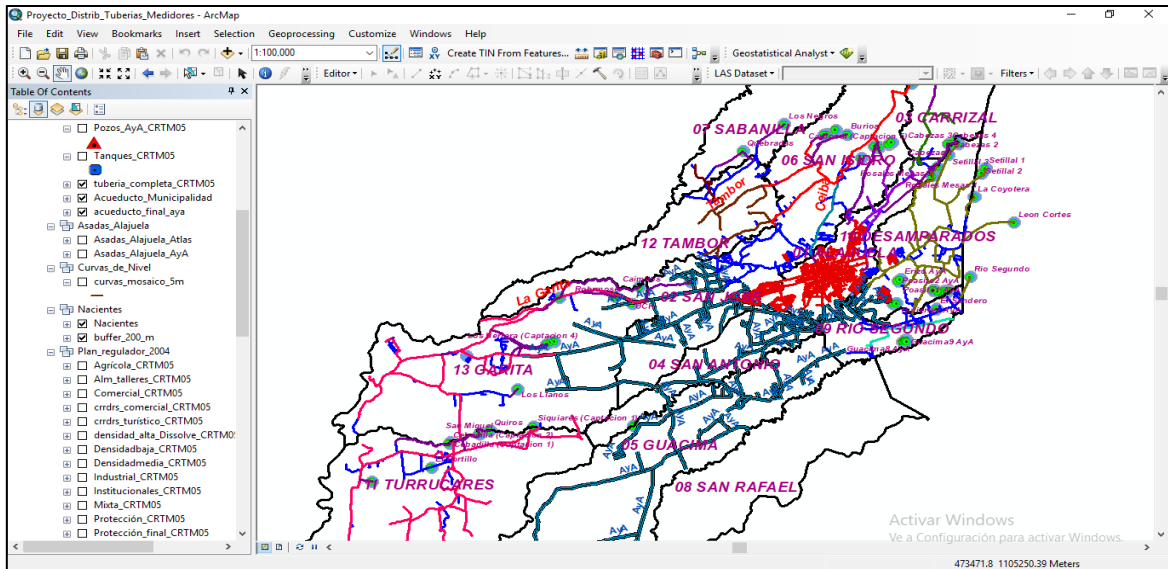


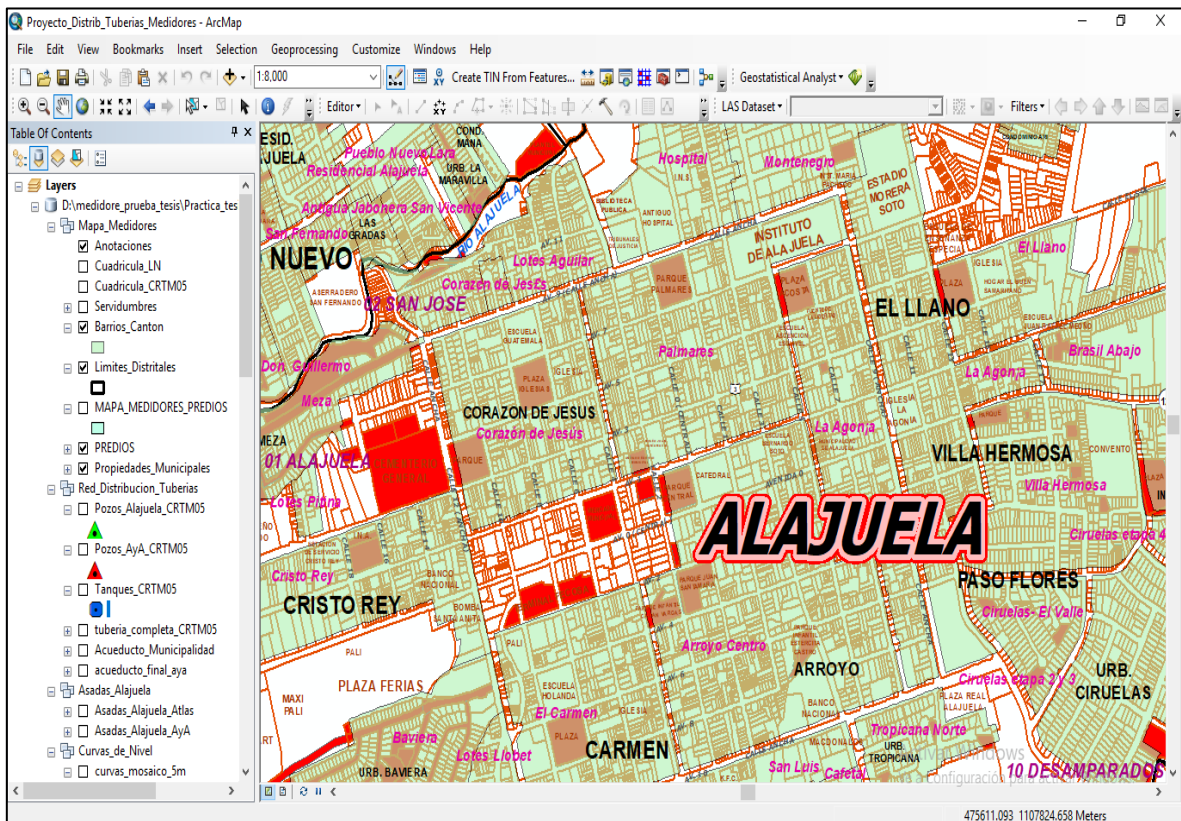
Fig.107.capa de nacientes y buffers de 200 m de protección

## Capas de nacimiento y tuberías para la distribución de suministro



**Fig.108. capa de distribución de tuberías de agua potable por el municipio y el Aya**

Capa de anotaciones (descripción de lugares y nombres de barrios para la ubicación de sitios en el cantón de Alajuela.



**Fig.109 capa de anotaciones (descripción de lugares del cantón)**

## **CAPITULO 5. CONCLUSION**

Al analizar los resultados presentados se cumplió la meta conforme a los objetivos planteados en el trabajo de tesis del diseño e implementación de un sistema de información geográfica para el acueducto municipal de Alajuela para la toma de decisiones referentes a la solicitud de la disponibilidad del servicio de agua al administrado, dado por el departamento del acueducto municipal del municipio, en el cual se logró presentar visualmente a través de un SIG la ubicación y la localización de las redes de distribución de tuberías, pozos, asadas, tanque de almacenamiento de agua, y las fuentes de abastecimientos como las nacientes donde se encuentran conectadas las redes de tuberías para suministrar el servicio de agua a los diferentes poblados del cantón de Alajuela de acuerdo a la cobertura de estas redes y sus elementos complementarios para el funcionamiento del sistema del acueducto municipal. Es importante señalar que las redes de tuberías se encuentran según su cobertura en la parte sur oeste en los distritos de turrucare, la garita y en el oeste de Barrio san José de Alajuela, así como en la parte norte del cantón en san isidro, carrizal, sabanilla y en el este desamparados de Alajuela y el casco central de Alajuela, dando una cobertura de sus abonados en más 29677 predios que equivale en un 40% del área del cantón que poseen un medidores en cual van en aumento conforme a nuevas viviendas y proyectos habitacionales, el 60% restante del territorio es cubierto por las ASADAS y el AyA del (Instituto de Acueductos y Alcantarillados). Por otro lado, el municipio tiene un plan de ordenamiento territorial que se aplica en todo el cantón de Alajuela lo cual requiere para todo proyecto un uso de suelo según la zonificación para llevarse a cabo sea este residencial o comercial y partiendo de este análisis es importante mediante el aporte tecnológico de la herramienta SIG dado que ayuda a organizar y actualizar la información y administrar los recursos del acueducto municipal en la toma de decisiones para suministrar y dar solución a nuevos servicios del agua potable.

### **5.1 RECOMENDACIONES:**

Recomendaciones para el buen funcionamiento del sistema:

- 1) El sistema del acueducto municipal SIG se debe continuar alimentando la información, de las bases de datos (tabla de fincas, planos y medidores) dentro de la geodatabase

llamada medidores, enlazada a la parte grafica (mapa catastral(predios), mapa de medidores) para ser actualizada y mantener los datos visualmente correctos.

2) Una vez implementado el sistema de información geográfica en la Municipalidad de Alajuela, es conveniente impartir talleres de conocimientos de SIG para tener entendimiento de la tecnología de esta herramienta para los presentes y futuros funcionarios en las solicitudes de la disponibilidad de suministro de agua.

3) Las consultas gráficas del sistema de las capas del acueducto municipal SIG nos permitirán mostrar información visual de mucha utilidad, la que nos servirá para ir actualizando el mapa de medidores y cualquier nueva información digital relacionada o levantada en el campo deberá ser enlazada al sistema.

4) La información del mapa de medidores del acueducto municipal debe actualizarse continuamente para servir como herramienta para los otros departamentos.

5) Realizar respaldos y copias de seguridad de la información de la geodatabase llamada medidores por mes, semana y día.

6) Es recomendable que el sistema del acueducto municipal se revise, al menos una vez al año, para atender los cambios que éste necesita, de acuerdo a las necesidades del departamento del acueducto de la municipalidad.

8) Recomendar establecer claves de seguridad y restricciones para el acceso a la información del sistema del acueducto municipal.

9) Recomendar enlazar el sistema SIG del acueducto municipal al programa Arcserver que tiene el departamento de catastro multifinlatario en su sistema y en el servidor municipal, para que sea compartida las capas y el sistema mediante una publicación que se realiza en el ArcGis con la extensión Publisher y el link o liga de la dirección del sistema en el servidor municipal pueda ser consultado por otros departamentos vía intranet.

## 5.2 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS DE LAS CITAS:

- <sup>1</sup> Moreno Jiménez, Antonio, 2008, Parte I unidad 1.1 Introducción a los S.I.G y Manejo de Archivos Manejo de Archivos de Información geográfica con Arcatalog, **Sistema y Análisis de la Información Geográfica**, p4, México, Editorial Alfa omega.
- <sup>3</sup> García Gómez, N, 2008, Parte II unidad 2.1. Apertura de un mapa existente y principios básicos para organizar las informaciones en el mismo, **Sistema y Análisis de la Información Geográfica**, pp 83-84, México. Editorial Alfa omega.
- <sup>4</sup> Cervera Cruaños B y Rodríguez Esteban J.A, et al, 2008, Parte V unidad 5.1 Captura de información Alfanumérica **Sistema y Análisis de la Información Geográfica**, pp 382-384, México. Editorial Alfa omega.
- <sup>5</sup> Rodríguez Esteban J.A, 2008, et al, 2008, Parte IV unidad 4.3 Sistemas de Coordenadas y Proyecciones en Cartografía Digital, **Sistema y Análisis de la Información Geográfica**, p 312 y p 329, México. Editorial Alfa omega.
- <sup>2</sup> Gonzales Salas, Alexander, Ing., 2000, Folleto **Curso Aplicación del Catastro Multifinalitario en los Sistemas de Información Geográfica SIG**, Universidad Nacional, Heredia, p 1 y p 4
- <sup>6</sup> gray g.h,1983, **Folleto de Curso Apuntes de Catastro Concepto y Levantamiento**, Universidad Nacional, Heredia, pp 1,8,9,19,22
- <sup>7</sup> Alfaro Rodríguez, Dionisio, 4 de noviembre 1988, Ley 7108 del Catastro Nacional, **Código Urbano**, capítulo I artículos 2,3,4,5,6,7,8, editorial Porvenir S.A, San José, CR, 1992, pp 77-78
- <sup>8</sup> Cordero Rodríguez Víctor Manuel, 2000 **Folleto del Curso de Abastecimiento de Agua, Alcantarillado Sanitario para Urbanizaciones**, San José, pp 5-9, p 18, p 20, p 26, pp 31-32
- <sup>9</sup> López Cualla, Ricardo Alfredo, 2000, Capitulo 13 Red de Distribución, **Diseño de Acueductos y Alcantarillados**, 2 edición, Santafé de Bogotá, editorial Alfa omega, p24-25, p 325
- <sup>10</sup> Saldarriaga V Juan G, 1998, Capitulo 2 Diseño de Tuberías Simples, **Hidraulica de Tuberias** Santafé de Bogotá, McGraw-Hill, p 73
- <sup>11</sup> Fair Geyer y Okun, 1980, Capitulo 16 maquinaria y equipo, **Abastecimiento de Agua y Remocion de Aguas Residuales, Volumen I**, Primera edición, Editorial Limusa, México, pp 457-458

Página Web(internet):

<sup>12</sup> medina&gutierrez ingenieros consultoría, construcción y capacitación, M & G INGENIEROS ASOCIADOS,2013,Percival lowel, <http://myg-ingenieros.com/aplicacion-e-importancia-del-catastro-en-municipalidades/>)

<sup>13</sup> Instituto Nacional para el federalismo y el desarrollo Municipal, Calle Roma No. 41 4to Piso, Col. Juárez, Del. Cuauhtémoc, México, D.F.  
[http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/335/1/images/guia21\\_la\\_administracion\\_del\\_catastro\\_municipal.pdf](http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/335/1/images/guia21_la_administracion_del_catastro_municipal.pdf).)

<sup>14</sup> Instituto nacional para el federalismo y el desarrollo Municipal, Calle Roma No. 41 4to Piso, Col. Juárez, Del. Cuauhtémoc, México, D.F.  
[http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/335/1/images/guia21\\_la\\_administracion\\_del\\_catastro\\_municipal.pdf](http://www.inafed.gob.mx/work/models/inafed/Resource/335/1/images/guia21_la_administracion_del_catastro_municipal.pdf).)

<sup>15</sup> Hernández Naranjo Luis Paulino Ing., 1991, Capitulo 2 representación del relieve, **Fundamentos de Dibujo Topográfico Curso II**, edición provisional, Editorial UNA, Costa Rica, pp 7-11 y 21 -26

<sup>16</sup> Ucles Núñez Ricardo, Ing., 2000 **Folleto Apuntes del curso de Cartografía 1**, , Universidad Nacional, Heredia, pp 85-95

<sup>17</sup> Chávez molina Jessica,2015, **Brochure manual didáctico cantón central de Alajuela**, pp.12-13

<sup>18</sup> Rivas Mijares, 1980, Capitulo primero Abastecimiento de Agua, **Ingeniería Sanitaria** Novena edición, editorial CECSA, México, pp. 7

<sup>19</sup> El Concejo Municipal de Alajuela, **El Reglamento para la Operación y Administración del Acueducto de la Municipalidad de Alajuela**, sesión ordinaria N° 39-2013, p.1-3

<sup>20</sup> López Muñoz Manuel ing.,1978, Capitulo II Tuberías Principales, **Manual D-2 de Curso de Fontanería Instituto** de Acueductos y alcantarillados(AyA), Costa Rica, pp 6

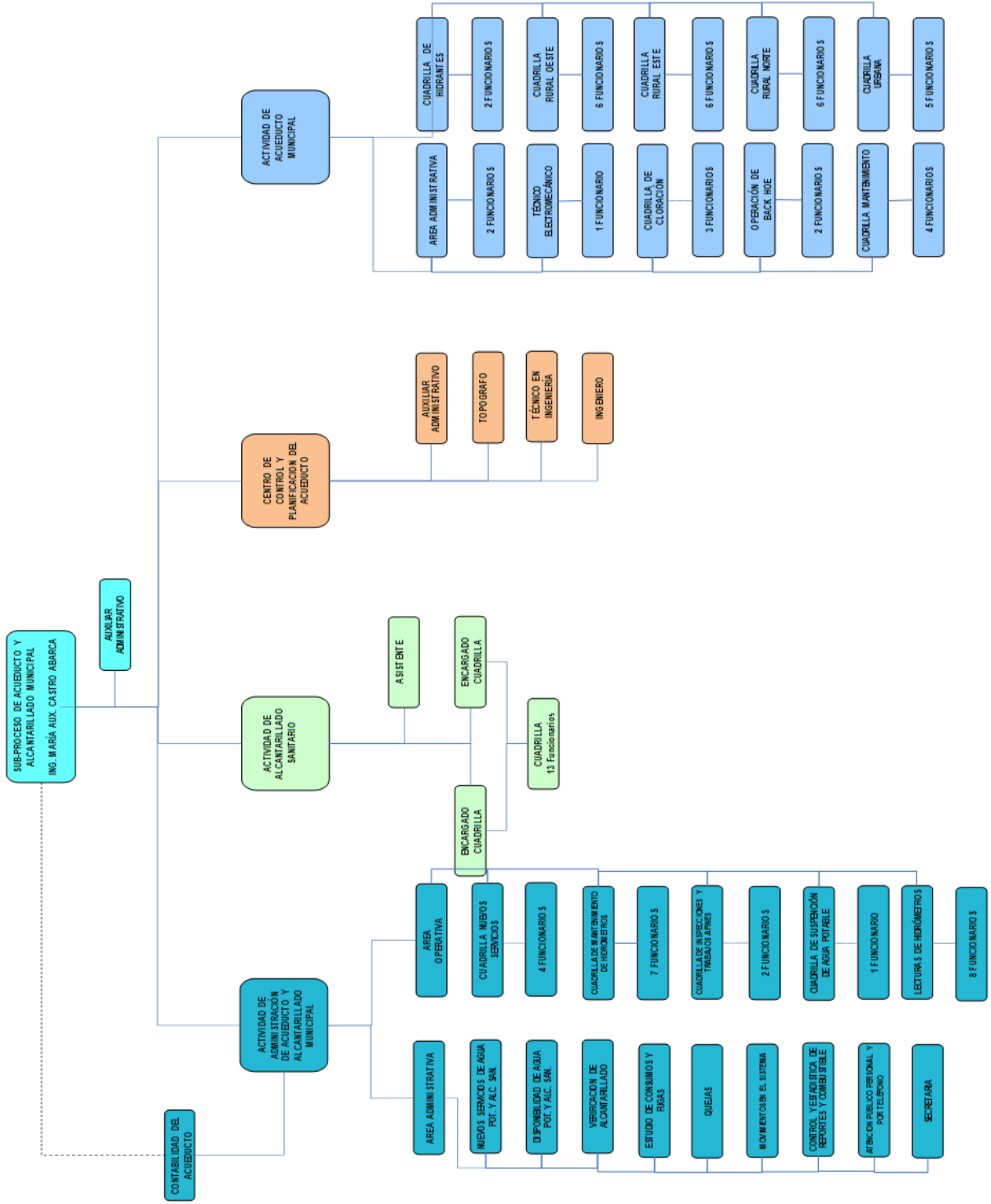
<sup>21</sup> IFAM.,1986, **Manual de Catastro Urbano Municipal**, primera edición, Costa Rica, pp.3-5

<sup>21</sup> Delgado Alpizar Roy revisado.,2017, **Manual de Procedimiento de Control Constructivo**, Municipalidad de Alajuela, Costa Rica, pp.2-5

## **5.3 ANEXOS**

# ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE ALAJUELA

## 5.3.1 ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL





### 5.3.2 ORGANIGRAMA DE LA MUNICIPALIDAD DE ALAJUELA

