

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**División de ingeniería**  
**Departamento de Ingeniería Civil y Minas**  
**Maestría en Ingeniería Urbana**



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"

**Trabajo Escrito**  
**ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE**  
**PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO, APLICADO A HERMOSILLO,**  
**SONORA.**

**Que para Obtener el Grado de Maestría en Ingeniería Urbana**

**Línea terminal Construcción**

Presenta:  
**Israel Eduardo Miranda Torres**

Director de Tesis:  
**Dr. Gerardo Ramírez Uribe**

**Hermosillo, Sonora.**

**Agosto de 2021**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, que me han apoyado y han estado a mi lado, dedico a ustedes este logro, como una meta más en este camino. A mis hermanas, por siempre estar a mi lado y alentarme en mis proyectos. A mi novia el apoyo y aliento que me ha dado. Gracias por estar a mi lado y creer en mí.

A mi director de tesis. Dr. Gerardo Ramírez Uribe, gracias por sus consejos y su paciencia, este trabajo no hubiese podido llevar a cabo.

A mis tutores, Dr. Jesús Quintana Pacheco, M.I. Manuel Ramírez Celaya, y al M.I. Gibrahan Torres Ruiz. A la Dr. Gema Karina Ibarra Torua por el apoyo brindado para enriquecer la información, gracias por compartir su conocimiento, por su tolerancia y dedicación al apoyo de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, agradezco por su apoyo, el cual ayudo a realizar este trabajo.



# Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>1.1 ANTECEDENTES</b> .....	7
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	8
<b>1.4 OBJETIVOS</b> .....	10
<b>1.3.1 OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO</b> .....	10
<b>1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO</b> .....	10
<b>2. REVISION BIBLIOGRAFICA</b> .....	11
<b>2.1 Aspectos generales de la mecánica de suelos</b> .....	11
<b>2.1.1 La Geología en Hermosillo, Sonora.</b> .....	13
<b>2.2 Aspectos generales de un Sistema de Información Geográfica (SIG)</b> .....	15
<b>2.2.1 Aspectos generales del software ArcGIS</b> .....	17
<b>2.3 Investigaciones con enfoque en los SIG y Mecánica de Suelos.</b> .....	19
<b>2.3.1 Percepción urbana en el ámbito local</b> .....	19
<b>2.3.2 Implementación de sistemas de información geográfica en la gestión de espacios protegidos.</b> .....	20
<b>2.3.3 Aplicación de los sistemas de información geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable.</b> .....	22
<b>2.3.4 Estudio de los periodos dominantes del movimiento del suelo Baja California</b> .....	23
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	25
<b>3.1 Recopilación de información de mecánica de suelos</b> .....	25
<b>3.2 Implementación del sistema de información geográfica a la mecánica de suelos</b> .....	31
<b>3.2.1 Descripción del procedimiento en ArcGIS</b> .....	32
<b>3.3 Implementación de la metodología aplicada a un caso de estudio</b> .....	39
<b>4. RESULTADOS</b> .....	47
<b>5. CONCLUSION</b> .....	51



## RESUMEN

Los sistemas de información geográfica se han convertido en una herramienta muy importante en estudios y análisis de distintas materias de la ingeniería, desde analizar distintos datos referentes a la población hasta delimitar zonas de posibles riesgos en caso de desastres naturales.

A lo largo de la historia distintos países han estado implementando cada vez más el uso de sistemas de información geográfica hasta llegar al punto de convertirse en objeto de investigación como tal y a implementar las nuevas tecnologías para una mejor aplicación.

En este trabajo se realiza un análisis espacial de información haciendo uso de los sistemas de información geográficos en conjunto con la mecánica de suelos, para formar un sistema de información con las propiedades del suelo en la ciudad de Hermosillo, Sonora., con la ayuda de softwares especializados como ArcGIS que permita el procesamiento de datos geoespaciales y de estudios de mecánica de suelos realizados por distintos laboratorios de la localidad. La información será procesada en tablas para formar bases de datos que posteriormente muestren gráficamente las propiedades y características de los suelos y distintos puntos de la ciudad, con el objetivo de servir de apoyo y referencia al momento de realizar proyectos de construcción, donde no se cuenten con datos específicos del suelo donde se construirá y así reducir la incertidumbre al momento de diseñar ya que una propuesta realizada sin noción de dichas propiedades del suelo puede ocasionar que los costos de esta se eleven y en un caso extremo poner en riesgo la vida de las personas.

**Palabras clave:** Mecánica de suelos, Sistema de información geográfica, Base de datos, Anteproyecto, Propiedades físicas.



## **Abstract**

Geographic information systems have become a very important tool in studies and analysis of different engineering subjects, from analyzing different data concerning the population to delimiting areas of possible risks in case of natural disasters.

Throughout history, different countries have been implementing more and more the use of geographic information systems to the point of becoming an object of research as such and to implement new technologies for a better application.

In this work a spatial analysis of information is made using geographic information systems in conjunction with soil mechanics, to form an information system with the properties of the soil in the city of Hermosillo, Sonora, with the help of specialized software such as ArcGIS for the processing of geospatial data and soil mechanics studies carried out by different laboratories of the locality that will be processed in tables to form databases to later graphically show the properties and characteristics of the soils and different points of the city with the objective of serving as a support and reference at the moment of the analysis of the soil properties and characteristics of the city of Hermosillo, Sonora. The objective is to serve as support and reference when carrying out construction projects where there is no data on the soil to be built and thus reduce the uncertainty at the time of design, since a proposal made without knowledge of these soil properties can cause the costs to rise and, in an extreme case, put people's lives at risk.

**Keywords: Soil Mechanics, Geographic information systems, Database, Preliminary Project, Physical properties.**



# **ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA LOCAL APLICADO A LA MECANICA DE SUELOS.**

## **1. INTRODUCCIÓN**

En el ámbito de la ingeniería civil, para realizar un proyecto exitoso se debe contar con información previa confiable para poder realizarlo; la falta de dicha información o la suposición incorrecta de esta ocasiona problemas que pueden resultar en situaciones poco favorables para su correcta ejecución, tal como un diseño no adecuado, incremento en el costo de los trabajos, tiempos más largos de ejecución y en general afectar a todo el proceso del proyecto.

Este trabajo se centrará en el desarrollo de un sistema de información geográfico (SIG) enfocado a la mecánica de suelos en la ciudad de Hermosillo, Sonora, para poder contar con una base sólida de datos, tales como la clasificación del material de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), capacidad de carga, estratigrafía del suelo y demás parámetros a tomar en cuenta en el diseño y realización de un proyecto de ingeniería.

La base de datos que contenga los parámetros de interés obtenidos de estudios realizados por distintos laboratorios de mecánica de suelos de la localidad, así como de instituciones públicas como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), las cuales tengan información de utilidad tratando de obtener la mayor cantidad de información y abarcar la mayor área posible de la ciudad de Hermosillo. Una vez procesada la información en el sistema de información geográfica el proyectista contará con una base de datos con parámetros reales provenientes de estudios confiables y no de suposiciones la cual ayudara a realizar una mejor propuesta preliminar en caso de que la información no se pueda obtener directamente mediante pruebas en el sitio, además de ser de utilidad para los laboratorios de mecánica de suelos cuando es necesario hacer un análisis preliminar de cierta zona.



## 1.1 ANTECEDENTES

La mecánica de los suelos se ha desarrollado en el comienzo del siglo 20. La necesidad del análisis del comportamiento de los suelos surgió en muchos países, a menudo como resultado de accidentes espectaculares, tales como deslizamientos de tierra y los fracasos de las fundaciones (La fundación es aquella parte de la estructura que tiene como función transmitir en forma adecuada las cargas de la estructura al suelo y brindar a la misma un sistema de apoyo estable). En los Países Bajos el deslizamiento de un terraplén de ferrocarril cerca de Weesp, en 1918 dio lugar a la primera investigación sistemática en el campo de la mecánica de suelos, por una comisión especial creada por el gobierno. (Verruijt, 2001).

Por otro lado, se encuentra el tema de los Sistema de Información Geográfica los cuales surgen al inicio de la década de los sesenta con la aparición de las primeras computadoras y por la necesidad creciente de información geográfica y de una gestión del uso óptimo de la misma. La primera aproximación relevante para el manejo de información geográfica se da en 1959 con Waldo Tobler, donde define los principios de un sistema denominado MIMO (map in – map out) para aplicar los ordenadores a la cartografía. En él establece los principios básicos para la creación de datos geográficos, su codificación análisis y representación dentro de un sistema informatizado.

El primer Sistema de Información Geográfica formalmente desarrollado aparece en Canadá en el Departamento Federal de Energía y Recursos y se le denomina CGIS (Canadian geographical Information Systems), desarrollado a principio de los 60 por Roger Tomlinson quien dio forma a una herramienta para el manejo y gestión de datos del inventario geográfico canadiense y su análisis para la gestión del territorio rural. (Olaya, 2014)

Si bien no se ha encontrado evidencia de que la mecánica de suelos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han usado de manera conjunta en un mapa interactivo, es posible hacerlo de manera que se identifiquen ciertas zonas en un área de interés y se separen y clasifiquen de acuerdo a las características físicas que comparten para que el usuario interesado en conocer la información más relevante de la mecánica de suelos tenga acceso a esta de una manera sencilla y entendible.



## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, a nivel local y específicamente en la ciudad de Hermosillo, no se cuenta con registros o mapas los cuales nos proporcionen información completa acerca de las propiedades del suelo, por lo que se presenta el siguiente proyecto.

La falta de información y las suposiciones erróneas a la hora de realizar un proyecto ocasiona que estos no se desarrollen de la mejor manera: si bien dependiendo del proyecto es difícil contar con toda la información previa necesaria, con este trabajo se pretende facilitar la obtención de la información correspondiente a la mecánica de suelos.

En algunas obras importantes de la localidad se han presentado problemas derivados de no contar con la información necesaria de la mecánica de suelos, donde el principal problema radica en que toman datos de otras regiones del país los cuales no corresponden al suelo donde se desplantará la obra a realizar, provocando un aumento en el costo de los trabajos para poder mejorar las condiciones del suelo.

Estos problemas generalmente se comienzan a presentar una vez que la obra tiene cierto avance, durante la supervisión, poniendo de ejemplo un caso en el que durante los procesos de cimentación en cierta obra se llevaron a cabo pruebas de las cuales se concluyó que el suelo no tenía la suficiente capacidad de carga para la estructura que se desplantaría, por lo que los trabajos ya realizados tuvieron que detenerse y en algunos casos deshacer lo ya hecho, resultando en retrasos y en gastos no previstos, que de haber contado con una base de datos que contenga esa información se podrían reducir esos inconvenientes.

Por lo dicho anteriormente se plantea realizar un Sistema de Información Geográfica (SIG), con la ayuda de un software el cual nos permita recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Alimentando el software con información geográfica de Hermosillo e información proveniente de una base de datos conformada con datos de mecánica de suelos de distintos laboratorios de la localidad de Hermosillo, además apoyarnos en información ya existente como la que nos proporciona instituciones como INEGI con su carta edafológica de la región donde nos brinda una clasificación de los suelos en todo México pero acotando la información al área de interés de este trabajo, se conformará un mapa interactivo donde el usuario obtendrá información de interés correspondientes a la mecánica de suelos donde el uso de este mapa interactivo se pretende sea usado por



proyectistas los cuales necesiten información para el diseño de una cimentación o en general obra civil donde no se tenga información de un estudio reciente en el área de interés.

Aunque esta información pudiendo estar disponible para cualquier persona que desee investigar sobre el tema por medio de plataformas en internet la cuales permiten compartir el trabajo de una herramienta como lo es ArcGIS y que cualquier usuario de dicha plataforma tenga accesos a este trabajo.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad lo que más se busca es tener la mayor eficiencia, esto aplicado al área de la construcción se traduce en reducir tiempos y costos de ejecución de una obra.

Este trabajo pretende ser una herramienta para que el proyectista desde las primeras etapas del proyecto, es decir, el diseño, tenga información confiable con la cual comenzar a trabajar en el caso de no contar con estudios específicos de cierta zona.

Una institución la cual maneja una base de datos correspondientes mapas edafológicas es el INEGI, lo que nos da una información muy general de los tipos de suelos en toda la república mexicana, por lo que se buscara ampliar la información existente con más detalles y brindar información correspondiente en las capas del suelo desde 0 a 3 metros.

La información recopilada se procesará en un programa de información geográfica (GIS) específicamente ArcGIS, donde la información de distintos estudios de mecánica de suelos con la información proveniente de mapas como INEGI o instituciones municipales se complementarán de manera interactiva para que los proyectistas puedan contar con información para anteproyectos, sin llegar a sustituir los estudios de mecánica de suelos correspondientes a cada proyecto.

El sistema que se pretende desarrollar será una herramienta para la toma de decisiones de las personas involucradas en el proyecto, desde el ingeniero proyectista hasta el constructor en caso de requerirlo todo esto por medio de un SIG el cual puedan consultar en cualquier momento, siempre y cuando tengan acceso a un equipo de cómputo.



## **1.4 OBJETIVOS**

En el presente proyecto a continuación se muestran los objetivos generales y específicos que se quieren alcanzar.

### **1.3.1 OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO**

Elaborar una base de datos de propiedades de los suelos e información geográfica de distintas zonas de la mancha urbana del municipio de Hermosillo que brinde información para la toma de decisiones en la elaboración un anteproyecto.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO**

- Identificar los distintos tipos de suelo en la ciudad de Hermosillo para sectorizarlos en el sistema de información geográfico.
- Presentar propiedades mecánicas a diferentes profundidades del suelo, entre 0 y 3 metros de profundidad donde es más común desplantar una cimentación
- Construir el perfil estratigráfico por regiones y/o zonas de la mancha urbana

## 2. REVISION BIBLIOGRAFICA

En este capítulo se abordan los antecedentes históricos, definiciones e información que nos dan un contexto general del trabajo a llevar a cabo.

### 2.1 Aspectos generales de la mecánica de suelos

El término “suelo” puede tener diferentes significados, dependiendo de la actividad para la que se consideran: agricultura, minería, ingeniería civil, etc. Geológicamente un suelo es el material de la zona de la superficie de la Tierra dentro de la cual se encuentran raíces. El resto de la corteza terrestre se compone de materiales rocosos.

Para un ingeniero, el suelo está formado con material que puede servir:

1. Para la construcción sobre cimientos, de edificios, hospitales, puentes, aeropuertos, estadios, etc.
2. Para la construcción de trenes, obras subterráneas, alcantarillas, túneles.
3. Para la construcción de autopistas, presas y muros de contención.

Definiendo lo que es la mecánica de suelos se puede decir que es la disciplina que se ocupa de la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas geotécnicos del terreno, estudia las propiedades, el comportamiento y la utilización del suelo como material estructural, de tal manera que las deformaciones y resistencia de este ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad a las estructuras.

Estudia, además, la firmeza del suelo, su deformación y el flujo de agua hacia su interior y hacia el exterior a través de su masa, tomando en cuenta que resulte económicamente factible usarlo como material de construcción. (Arcus Global, 2015)

**Karl Von Terzaghi** y **Arthur Casagrande** son considerados los fundadores de estos importantes estudios. El estudio de mecánica de suelos en si es un análisis que nos ayuda a conocer el tipo de material del que está compuesto el terreno donde pensamos ejecutar la obra, dentro de estos materiales podemos encontrar distintos tipos de arenas, arcillas y rocas.



En base a este estudio puede calcularse y diseñar la cimentación y estructura adecuada para el proyecto, el proceso consiste en tomar muestras del suelo del terreno que posteriormente son analizadas en un laboratorio para descubrir los componentes exactos de los que está compuesto el suelo, con los datos arrojados por el estudio entonces podremos saber a ciencia cierta cuál es la capacidad de carga que tiene el suelo en cuestión así como las precauciones que deben tomarse en el cálculo y diseño estructural de la obra. (Arcus Global, 2015)

Principales aspectos en que centra los estudios de mecánica de suelos son:

-Muestreo de la zona de interés: Estos se puede hacer por varios métodos como los pozos a cielo abierto que consisten en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda directamente bajar y examinar distintos estratos de suelo y las condiciones de este; por perforación de barrenos el cual la muestra obtenida es completamente alterada pero puede ser representativa del suelo referente al contenido de agua; método de penetración estándar es quizá el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona más útil información entorno al subsuelo, entre varios tipos de muestreo.

-Génesis y composición de suelos

-Transporte y deposición de los suelos.

-Mineralogía del suelo.

-Relación masa-suelo.

-Tensión efectiva y capilaridad.

-Presión total.

-Presión de poros de agua.

-Condiciones hidrostáticas.

-Clasificación de los suelos.

(Arcus Global, 2015)

### 2.1.1 La Geología en Hermosillo, Sonora.

La región de Hermosillo abarca una superficie aproximada de 160 km<sup>2</sup> en la parte centro occidental del Estado de Sonora, delimitada por los paralelos 29°00' y 29°15' N y los meridianos 110°40' y 111°00' W.(Figura 1)

El registro estratigráfico de esta región es incompleto, no obstante, las rocas si representan partes del Paleozoico, Mesozoico y del Cenozoico.



**Figura 1.-** Mapa de Hermosillo. (Google Maps, 2020)

Las rocas paleozoicas se encuentran expuestas en los cerros El molinito, Santa Gertrudis, La morena, de la Campana, Tecoripita, Sierra de Los Leyva, entre otros. En cerros como el de el molinito afloran calizas de estratificación delgada, de color gris claro, al sur del cerro el Molinito afloran cuarcitas, las cuales ocupan sus partes altas, de color café blancuzco, en el cerro Santa Gertrudis afloran calizas de color blanco verdoso con estratificación de aspecto masivo, ricas en sílice y wolastonita.(Rodríguez Castañeda, 1981)

En los alrededores de Hermosillo, en particular en los cerros de La campana, Tecoripa y Lomas El Rayo, afloran calizas y brechas calcáreas metamorfoseadas. (Figura 2)



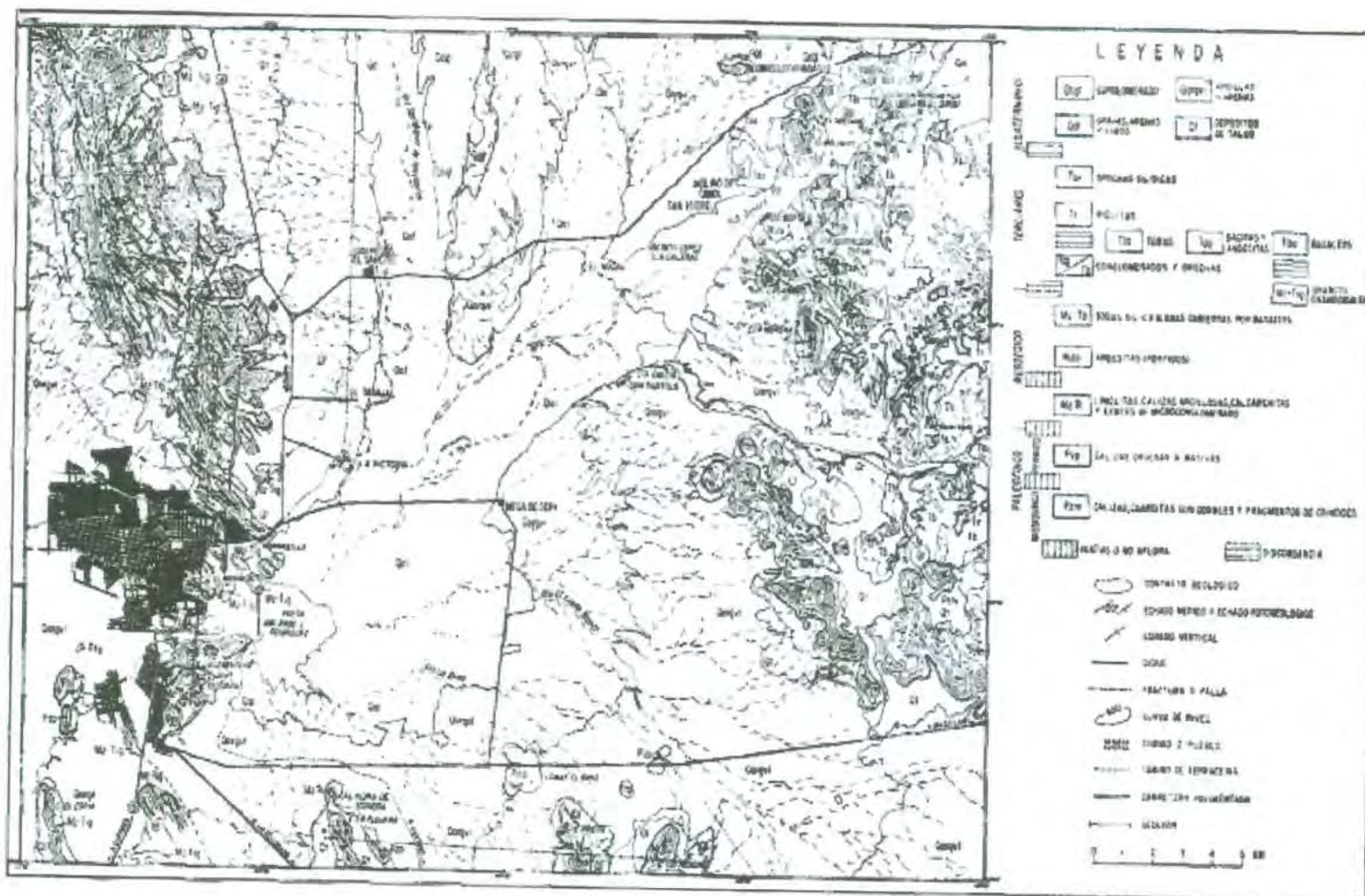


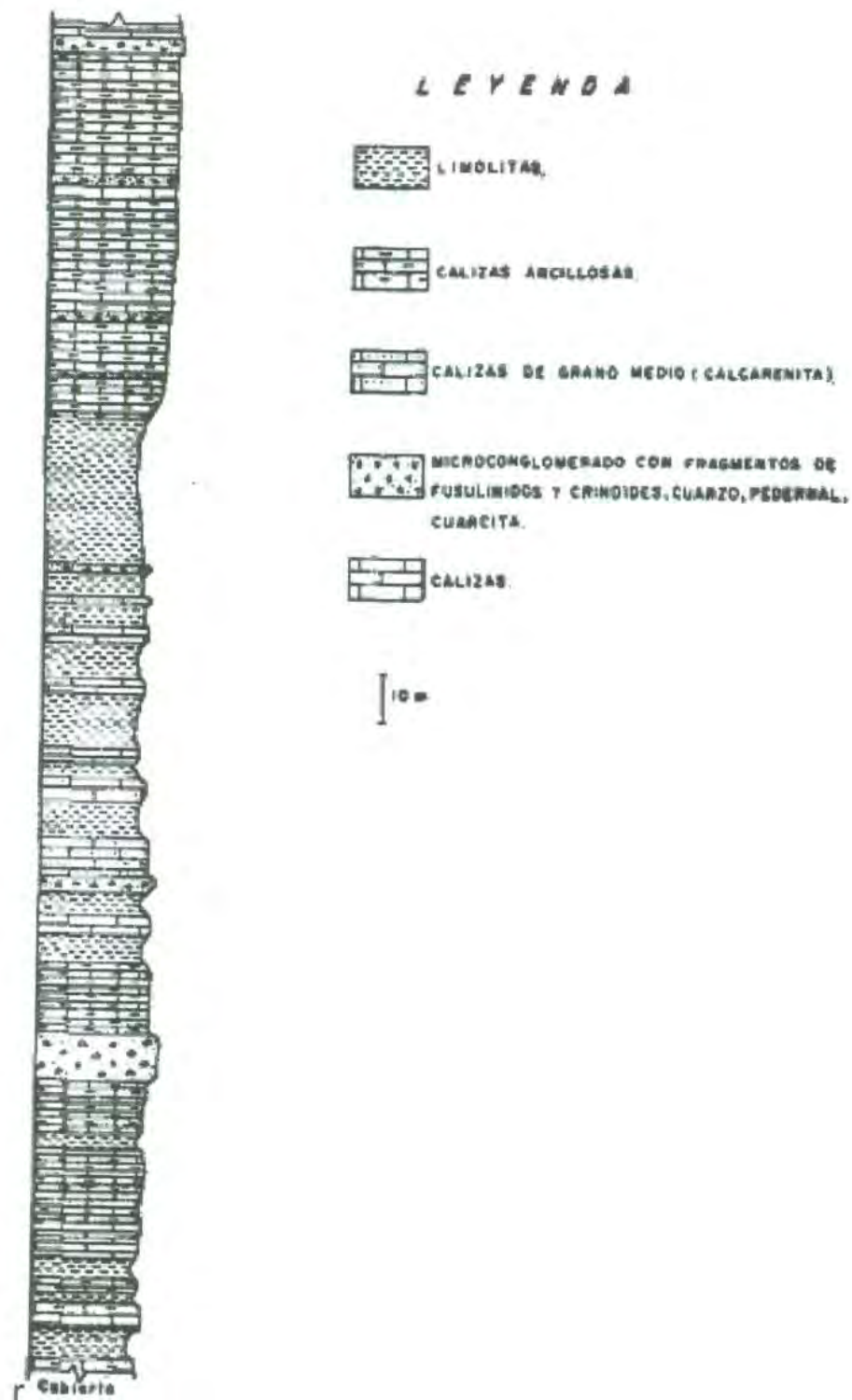
Figura 2.- Mapa geológico del área de Hermosillo, Levantada por J.L Rodríguez-Castañeda.(1981)

Las rocas mesozoicas que afloran en la Sierra La Flojera, Cerro Prieto y Cerros de la Hilachas, todos a un lado de la carretera que conduce a Mazatán (SE de Hermosillo) consisten en calizas, limolitas, micro conglomerados, arsénicas con diastratificación y una alternancia de calizas y cuarcitas.

En Sierra la Flojera se midió una sección con espesor de 363 m que consiste en calizas laminadas algo arcillosas. Lo más característico de esta secuencia es la presencia de una lentes y horizontes de micro conglomeraciones, el tamaño de esos lentes varia de 0.20 a 3.5m de espesor y de 4.0m hasta varias decenas de longitud.

En un estudio geológico realizado al sur de Hermosillo (Cochemé, 1981) señala una serie de andesítica mesozoica (Figura 3), cortada por una granodiorita cretácica tardía, cubierta por rocas volcánicas terciarias. Estas se encuentran formando dos terceras partes del cerro El picacho, en la parte oriental del área. (Rodríguez Castañeda, 1981)





**Figura 3.-** Columna estratigráfica mesozoica en la Sierra La Flojera. (Rodríguez Castañeda, 1981).

## 2.2 Aspectos generales de un Sistema de Información Geográfica (SIG)

Actualmente un 70% de la información que manejamos en cualquier tipo de disciplina esta georreferenciada. Es decir, que se trata de información a la cual puede asignarse a una



posición geográfica, y por tanto información que viene acompañada de otra información adicional relativa a su localización. (Preciado, 2011)

Un SIG nos permite la realización de operaciones como:

- Lectura, edición y almacenamiento, en términos generales la gestión de datos espaciales.
- Análisis de dichos datos que puede ser desde consultas sencillas a la elaboración de modelos complejos sobre el componente espacial de los datos.
- Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc.

En función de cual aspecto de valore como aspecto más importante tendremos algunas definiciones de lo que es un SIG, pero la definición clásica es la de analizar, presentar e interpretar hecho relativos a la superficie terrestre, aunque esta es una definición muy amplia, en otras palabras, un SIG es un conjunto de software y hardware diseñado específicamente para la adquisición, mantenimiento y uso de datos cartográficos. Donde software y hardware son dos elementos primordiales del SIG, pero no son los únicos. (Preciado, 2011)

De igual modo podemos considerar un SIG como un mapa de orden superior que de otra manera en una forma más potente y avanzada de hacer aquello anterior a la aparición de los SIG, se llevaba a cabo con el uso de mapas y cartografía de la manera clásica. Más aún un SIG contiene no solo datos y la representación geográfica de la superficie terrestre si no funciones y/o operaciones que pueden hacerse sobre el mismo y que en conjunto con los anterior conforman un sistema. (Jiménez, 2008)

Desde un punto de vista muy simple, podemos entender un SIG como la unión, de dos ciencias: la geografía y la informática. Visto así, un SIG es una herramienta informática para ayudar al trabajo en el ámbito geográfico. Esta concepción tan simple dista, no obstante, mucho del concepto real de un SIG, pues este incorpora elementos de muchas ciencias distintas como pueden ser las siguientes:

- Disciplinas relacionadas con la tecnología y el manejo de información. Se incluyen aquí las ciencias de la información, la informática, el diseño de bases de datos o el tratamiento digital de imágenes, entre otras. Muchas de estas, a su vez, derivan de



otras o toman importantes elementos de ellas. La estadística o la matemática son algunas de esas ciencias fundamentales.

- Disciplinas dedicadas al estudio de la Tierra desde un punto de vista físico. La geología, la oceanografía, la ecología, así como todo el conjunto de ciencias medioambientales, forman parte de este grupo.
- Disciplinas dedicadas al estudio de la Tierra desde un punto de vista social y humano. En este grupo se incluyen la antropología, la geografía o la sociología, entre otras. Las ciencias de este grupo, así como las del anterior, son todas ellas potenciales usuarias de los SIG.
- Disciplinas dedicadas al estudio del entendimiento humano, en particular en lo concerniente a la interacción con máquinas. Las ciencias del conocimiento, la psicología en general o las ramas que estudian y desarrollan la Inteligencia Artificial también juegan su papel en el contexto actual de los SIG.
- Disciplinas que tradicionalmente han realizado una integración de conocimientos de otros ámbitos distintos. La geografía como tal es la principal representante de este grupo.

(Jiménez, 2008)

### **2.2.1 Aspectos generales del software ArcGIS**

ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio. (Figura 4.)





**Figura 4. Esquema de uso de ArcGIS (ESRI, 2020)**

En general, las personas utilizan ArcGIS porque les permite:

- Resolver problemas
- Tomar mejores decisiones
- Planificar adecuadamente
- Utilizar los recursos más eficientemente
- Anticipar y administrar los cambios
- Administrar y ejecutar las operaciones de forma más eficaz
- Promocionar la colaboración entre equipos, disciplinas e instituciones
- Aumentar la comprensión y los conocimientos
- Comunicar de forma más efectiva

Las bases de datos geográficas son la piedra angular del trabajo SIG profesional. Una base de datos geográfica hace posible que la información geográfica se almacene en un formato estructurado que simplifica la administración, la actualización, la reutilización y el uso compartido de los datos. ArcGIS permite diseñar, crear, mantener y utilizar las bases de datos geográficas, tanto si se es un usuario individual como si se trabaja en una gran empresa.



Normalmente, las bases de datos son el lugar de almacenamiento y administración de las capas básicas clave de los datos usados en SIG: capas como parcelas, demarcaciones administrativas, redes de servicios, instalaciones, hidrografía, elevación, suelos, etc. Es posible crear símbolos de estos datos administrados de forma centralizada, así como presentarlos, procesarlos y publicarlos en un número ilimitado de maneras en mapas de ArcGIS. (Esri, 2020)

### **2.3 Investigaciones con enfoque en los SIG y Mecánica de Suelos.**

En el presente capítulo se habla sobre investigaciones relacionadas con el uso de sistemas de información geográfica en conjunto con distintos tipos de bases de datos para elaborar mapeos, zonificar o delimitar ciertos sectores, mostrar información de manera gráfica etc. Con el fin de que las investigaciones mostradas sirvan de referencia y ayuda en la realización del proyecto a llevar a cabo.

#### **2.3.1 Percepción urbana en el ámbito local**

Durante la recopilación de información se encontró metodologías aplicables a este trabajo, tal es el caso de trabajo "*Percepción urbana en el ámbito local, como proyecto de regeneración*" (Álvarez, 2018). Este trabajo consistió en analizar ciertas zonas urbanas en la ciudad de Hermosillo, Sonora, las cuales se convirtieron en sectores con poca organización debido a la forma en que se dieron ya sea como invasiones o asentamiento irregulares dentro o en los límites de la mancha urbana, yendo en contra del plan de desarrollo urbano establecido para la ciudad de estudio lo que provoca una falta de servicios básicos para la población como lo son agua potable, alcantarillado, pavimentación, alumbrado, recolección de basura, zonas escolares, áreas verdes, entre otros servicios que mejoran la calidad de vida de la población que habita ese sector.

Por las razones mencionadas anteriormente se buscó atender las zonas urbanas en abandono, que a su vez tengan potencial para reconstruir la comunidad de estas y proponer mejoras basadas en un criterio, parámetro e indicadores estudiados desde el punto de vista de los habitantes y/o usuarios de estos sectores. (Álvarez, 2018)



La finalidad del trabajo fue la hacer un análisis de la percepción de los habitantes con parámetros e indicadores para después analizar esa información en un SIG en el cual por medio de gráficos y mapas se pueden visualizar los datos obtenidos y de esa forma interpretar la información para después poder identificar las áreas de oportunidad y mejora y en un futuro poder aplicarlo en la toma de decisiones para el desarrollo de dicha zona seleccionada.

Por lo que este trabajo es de utilidad ya que recaba información y genera una base de datos de ciertas áreas de Hermosillo, para después procesar la información y llevarla a un SIG donde para el usuario le sea fácil la búsqueda de información y parámetros dichos antes, algo similar a lo que se busque en el trabajo que se lleva a cabo en este documento.

### **2.3.2 Implementación de sistemas de información geográfica en la gestión de espacios protegidos.**

En el trabajo de tesis doctoral “Implementación de sistemas de información geográfica en la gestión de espacios protegidos” (Palacio, 2017) se analizaron Sistemas de Información Geográfico de Participación Pública (PPGIS) y cartografía digital, donde se encontraron mapas de zonificación, diagnóstico y difusión, donde el objetivo de este estudio son los parques naturales específicamente el Parque Natural Delta de l’Ebre localizado en Tarragona, comunidad autónoma de Cataluña, España.

El proyecto plantea dos objetivos generales, uno teórico relacionado con la gestión de los PPGIS y el segundo practico donde se analiza la percepción de los visitantes y población mediante el método del PPGIS. (Palacio, 2017)

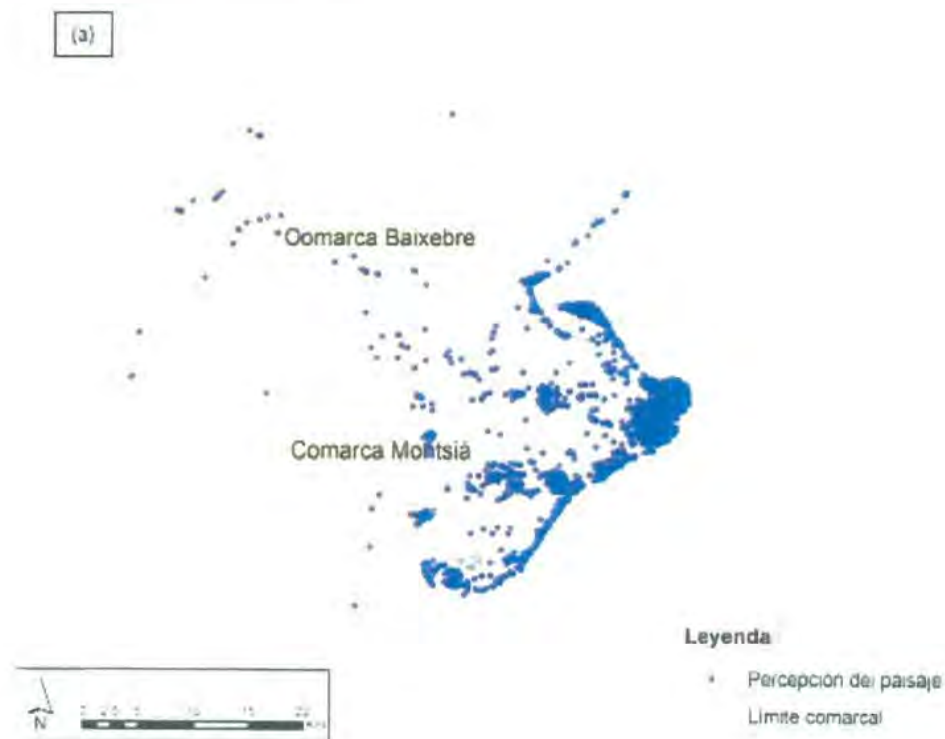
El primer paso que se plantea en la metodología es el de seleccionar los indicadores para medir la percepción de los visitantes y habitantes locales, por medio de entrevista a dichas personas, se evaluaban indicadores como la experiencia percibida del paisaje, la adecuación de los servicios públicos e instalaciones, preferencia de las actividades recreativas, etc.

Con la recopilación de los datos se procedió a la construcción de la plataforma cartográfica interactiva mediante el uso de software como Google Maps, donde el participante interactúa con los mapas y le llena una encuesta con los indicadores ya definidos.



Obtenidos los datos suficientes para la elaboración de dichas encuestas se procedió al análisis espacial de dichos datos en ArcGis, donde la base de datos de información de las encuestas se generó automáticamente con la ayuda de Google Maps.

Procesada la información el resultado fue un mapa con la información proveniente de entrevistas y datos recopilados. (Figura. 5)



**Figura 5.** Distribución total de valores de percepción del paisaje. Autor: Amalia Palacio Buendía (2017). Fuente: Encuestas interactiva online del Parque Natural Delta de l'Ebre e instituto Cartográfico y geológico de Cataluña (ICGC)

Por lo que el trabajo anteriormente mencionado tiene un resultado similar al que se espera en el de este documento, donde se planea implementar una metodología similar aunque los datos que se recopilarán y se convertirán en una base de datos que son de otra naturaleza pero tomando en cuenta el uso del software ArcGis la técnica utilizada es de mucha ayuda para el desarrollo de los resultados de este trabajo.



### **2.3.3 Aplicación de los sistemas de información geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable.**

En el trabajo de tesis doctoral “Aplicación de los sistemas de información geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable” presentada por D. Francisco Javier Martínez Solano se estudia una red de distribución de agua potable donde analiza el comportamiento hidráulico con la finalidad de gestionar de manera eficaz los recursos que lo compone, lo cual requiere una cantidad importante de información, la cual se puede agrupar de tal manera que correspondan al grupo de información física y a los elementos de la red, la información económica del sistema de abastecimiento y la información de espacial sobre la ubicaciones de las anteriores.

Mucha de la información mencionada se guardaba con anterioridad en planos de obra o en pequeñas bases de datos como lo son los elementos de la red las cuales no están al alcance de todos, la información con mejor gestión en su almacenamiento es la económica donde se registraban dato como consumos, fecha de alta, baja, etc., los cuales eran necesarios para la gestión del sistema y por último la información espacial del sistema que se encuentra dispersa en distintos planos topográficos donde aparecen las curvas de nivel del área geográfica abastecida, ubicación de las tuberías principales y los trazos de las conducciones de distribución, en ocasiones sin actualizar y hechos a mano. (Martinez, 2002)

Por lo que el objetivo de este trabajo consistió en proporcionar una herramienta eficaz para el apoyo de tomas de decisiones relativas a la gestión técnica de los abastecimientos, donde por medio de una estructura de datos necesarios para elaborar un modelo matemático de una red de distribución, un modelo digital del terreno, elaboración de una modelación de la red a partir de los datos mismos disponibles en el SIG.

En general una herramienta para facilitar la toma de decisiones basándose en los resultados proporcionados por el modelo matemático a partir de los datos incluidos en el Sistema de Información Geográfica.

La metodología utilizada en este trabajo consistió en tres fases para así poder llegar a un modelo preliminar las cuales consistían en:



- a) Recopilación de información: Esta consiste en recoger toda la información disponible y con la existencia de un Sistema de Información Geográfica se facilita la estructuración de esta, tal que pueda ser condensada para después alimentar el módulo de cálculo hidráulico.
- b) Simplificación de la red: De manera general, la información recopilada incluirá la totalidad de elementos de la red con un nivel de detalle que puede llegar a acometidas, pero esto no significa que tenga exactitud por lo que se analizara que elementos son los más relevantes.
- c) Asignación de cargas: Esta fase se refiere a la asignación de consumos en la red, por lo que esta es la fase más delicada para la creación del modelo.  
(Martinez, 2002)

El apoyo de un SIG es de gran ayuda para el mantenimiento del modelo ya que tiene la capacidad de manejar bases de datos georreferenciadas y permite actualizar continuamente los datos de los elementos de la red.

#### **2.3.4 Estudio de los periodos dominantes del movimiento del suelo Baja California**

En el trabajo de tesis se estudian los periodos dominantes en la región de Baja California, los cuales se pueden definir como el periodo en segundos de la armónica con mayor amplitud del movimiento del suelo y su valor depende de las características físicas y estratigrafía somera. (Ibarra, 2004)

Los daños en estructuras civiles son causados por movimientos sísmicos en los que el periodo fundamental de vibración de la estructura es similar al periodo dominante del movimiento del suelo donde esta se encuentra desplantada. Por lo que para incrementar la seguridad de los diseños antisísmicos de estructuras civiles nuevas o de los reforzamientos de estructuras ya existentes, resulta primordial la elaboración de mapas de micro zonación que describan los parámetros en la distribución geográfica donde se caracteriza la respuesta sísmica de los suelos. (Ibarra, 2004)

En esta tesis se aborda la elaboración de mapas de micro zonación con la distribución de los PD en el área de Tijuana, Ensenada, Tecate, Mexicali y Baja California, donde por medio de



pruebas y registros como el de ruido sísmico en distintos puntos dentro de las áreas de interés, análisis e interpretación de los PD del suelo, utilizando la técnica de Nakamura, todo esto con la finalidad de elaborar mapas de micro zonación de isoperiodos. Todo esto apoyado por mapas existentes de instituciones como el INEGI y de uso de los SIG para la elaboración de los distintos mapas de las regiones de estudio.



### **3. METODOLOGIA**

En este capítulo se describe la forma en que la información será recopilada de estudios y de mapas la cual será utilizada para realizar el Sistema de Información Geográfica con las características de la mecánica de suelos de zonas dentro de la mancha urbana de Hermosillo, Sonora, describiendo como gestionar la información y los medios mediante los cuales se llevará a cabo esta tarea.

El desarrollo de la metodología se compone principalmente en dos etapas: La primera etapa consiste en la recopilación de la información proveniente de los laboratorios de mecánica de suelos y sus estudios. La segunda etapa corresponde al análisis y procesamiento de datos dentro de un software, clasificándolos y agrupándolos en sus respectivos tipos como lo son, el tipo de suelo, limite líquido y plástico, estratigrafía del área de estudio.

#### **3.1 Recopilación de información de mecánica de suelos**

La recopilación de información para elaborar la base de datos de mecánica de suelos se obtendrá de laboratorios especializados en esta área como el de la Universidad de Sonora, específicamente el Departamento de Ingeniería Civil y Minas que cuenten con estudios realizados en la localidad de Hermosillo, Sonora.

Dichos estudios podrán ser PCA (Pozos a Cielo Abierto) (Figura 6) o SPT (Sondeo por Penetración Estándar) como mínimo para ser tomados en cuenta deberán contar con características como, estratigrafía, capacidad de carga del suelo y clasificación de acuerdo al SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) además de tener la ubicación exacta el sitio por medio de coordenadas.

Debe de tenerse en cuenta que para la obtención de algunos datos hay que realizar cálculos con la información obtenida en campo y en las mismas pruebas en el laboratorio con el análisis de las muestras, otros serán obtenidos directamente tomándolos sin necesidad de realizar operaciones más que la observación directa del parámetro.





**Figura 6.** Pozo a cielo abierto (Civilbeta, 2020)

Para la clasificación de los suelos existen dos sistemas de uso común para propósitos de ingeniería. El Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS) que es utilizado para los trabajos de ingeniería de mecánica de suelos y el sistema de clasificación AASHTO que se usa para la construcción de carreteras y terraplenes.

Los dos sistemas se basan en los resultados del análisis granulométrico y la determinación de los límites de Atterberg (LL, LP, IP) para determinar la clasificación del suelo.

Los símbolos a utilizar para clasificar el suelo son los siguientes:

- G para gravas
- S por arena
- M para limo
- C por arcilla
- O para suelo con materia orgánico
- P para turba



En la clasificación del suelo si menos del 50% de la muestra tomada pasa la malla No. 200 (0.075 mm), consideramos el suelo como de grano grueso, y la primera letra con la que lo clasificaremos será G o S.

Si más del 50% pasa la malla No. 200 (0.075 mm), el suelo es grano fino y la primera letra que usaremos será la M o C.

A las arenas y las gravas limpias (Con menos del 5% que pasa la malla No.200) se le dará una letra P en el caso de que estén mal graduadas y una letra W en el caso de que estén bien graduadas.

Arenas y gravas con más del 12% en peso que pasa la malla No.200 (0.075 mm) se les da una segunda letra M si son limosas o C, si son arcillosas.

Arenas y gravas que tienen entre 5 y 12% se dan clasificaciones dobles como SP-SM, limos, arcillas y suelos orgánicos se les da la segunda letras H o L para designar a la plasticidad de alta o baja.

La clasificación específica se describe detalladamente en la norma ASTM D 2487. (Figura 7)

El sistema Unificado de clasificación de suelos, utiliza como identificación los siguientes símbolos:

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos o arcillas orgánicas	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado
	Primera letra					Segunda letra				

**Figura 7.** Identificación de la clasificación de suelos (Borselli, 2019)

Para la obtención de una muestra y la determinación del límite líquido y el límite plástico se prepara el material de tal manera que se usara el que pase la por la malla No.40 (0.42 mm). Los tamaños mayores a esta malla deberán eliminarse. A la muestra que paso la malla No.40 se le agrega o retira agua según sea necesario, revolviendo la muestra hasta obtener una pasta semi liquida homogénea en términos de humedad.



Se pesa una muestra de suelo de 300 gr y se le añade 60.5 ml de agua destilada, a una segunda muestra de 300 gr se le agregan 65.5 ml de agua, para un tercer ensayo se usan 300 gr y 69.5 ml de agua y para un cuarto ensayo se repite la masa de material agregando 73.5 ml de agua.

Para la obtención del límite líquido en el ensayo de las muestras se utilizará la copa de Casagrande (Figura 8), a la cual se le colocará de entre 10 y 15 gramos de suelo húmedo para cada una de las muestras, alisando la superficie a una altura de 1 cm con la espátula.



**Figura 8.** Copa de Casagrande (Borselli, 2019)

Con el acanalador se separa la muestra del suelo en dos mitades en la copa de Casagrande siguiendo la simetría de la copa.

Se gira la manivela de la copa de Casagrande a una velocidad de dos revoluciones/seg, se gira hasta que la abertura hecha por el acanalador se cierre en  $\frac{1}{2}$ ", se anota el número de golpes necesario para que el ensayo se cierre a  $\frac{1}{2}$ ", el número de golpes tiene que ser menor de 40 y procurar que se cierre a la distancia adecuada sobre los 25 golpes (Figura 9), se repite este procedimiento con cada una de las muestras.



**Figura 9.** Ensayo para limite liquido y limite plastico (Borselli, 2019)



Una vez que se cierra la muestra con 25 golpes, se toma una muestra de aproximadamente 5 gramos del surco y es pesada para obtener su contenido de humedad, lo que permitirá obtener un punto en un gráfico semilogarítmico de humedad contra número de golpes (Figura 10), para el desarrollo del contenido de humedad se coloca la muestra de 5 gramos en una tara y se introduce en el horno de secado a una temperatura de 110 °C en un rango de tiempo de 18 a 24 horas, una vez que transcurre el tiempo de secado se saca la tara con la muestra y se pesa para conocer el contenido su contenido de humedad

Para la determinación del límite plástico se toma una muestra de suelo preparada anteriormente la cual haya requerido más 40 golpes para cerrar la ranura que se hace en el procedimiento de ensayo.

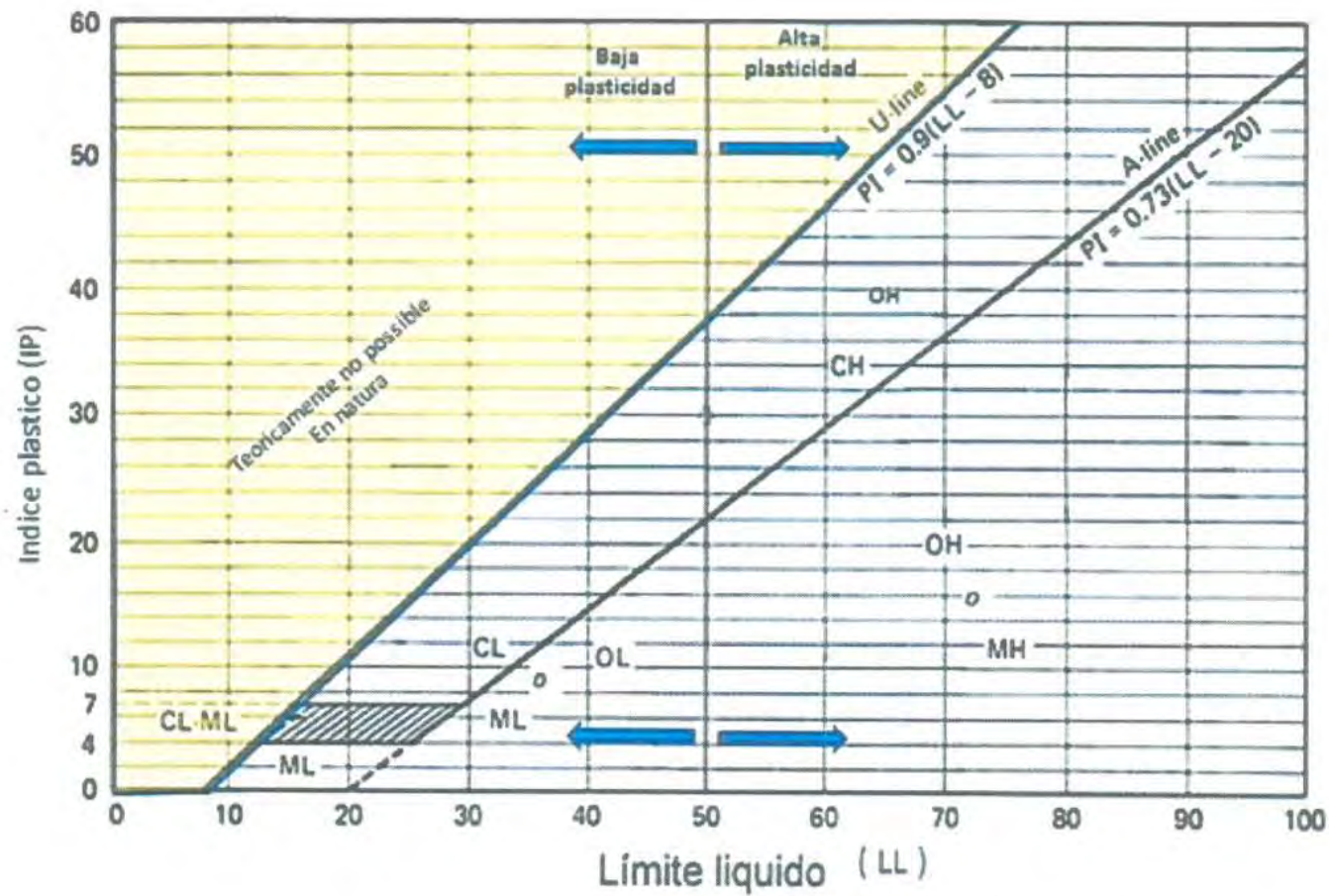
A esta muestra que se acerca más al estado plástico, se le adiciona material de muestra seca hasta que alcance una consistencia aparentemente en estado plástico (parecido a la plastilina)

Con la pasta preparada se procede a moldear en rollos cilíndricos de aproximadamente 1/8" o 3 mm de diámetro y 5 cm de longitud, sobre una lámina de vidrio o superficie totalmente lisa.

Estos rollos se colocan en dos recipientes, pesándolos en una balanza con una sensibilidad 0.1 gramos, se introducen a un horno de secado a una temperatura de 18 a 24 horas aproximadamente.



**Carta de Casagrande**  
UCS



**Figura 10.** Carta de clasificación de suelos finos- Carta de Casagrande. (Borselli, 2019)

La elaboración de una columna estratigráfica es un proceso que implica el análisis del registro geológico de cualquier tipo de afloramiento sedimentario.

Uno de los parámetros más sencillos de apreciar en cambio viene a ser las estructuras sedimentarias, debido a que se hallan a escala macro y microscópica, esta se realiza a partir de los datos de perforaciones, datos de prospección o los cortes naturales o artificiales del terreno que muestran las rocas que conforman la columna estratigráfica, mediante los cuales se puede reconstruir la estratigrafía del subsuelo. (Figura 11)

Para cada estudio de mecánica de suelos ubicado en la localidad de Hermosillo, Sonora, se pretende obtener su perfil estratigráfico hasta los tres metros de profundidad como estándar, pero esta profundidad del perfil varía dependiendo de proyecto a llevar a cabo, donde proyectos grandes requieren estudios más específicos y de mayor profundidad.





**Figura 11.** Foto de las distintas capas de un suelo. (Fuente: Depositphotos, 2019)

Para resultados como la capacidad de carga para zapatas corridas con base rugosa y suelo friccionante se aplicará el criterio de Peck-Hanson-Thornburn (Figura 12) la relación correspondiente para la presión neta admisible la cual es:

$$q_c = (\gamma \cdot D \cdot N_q) + (\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma)$$

$$q_a = q_c / F.S.$$

Donde:

$q_c$  = Capacidad de carga (ton/m<sup>2</sup>).  
 $q_a$  = Capacidad de carga admisible (Kg/cm<sup>2</sup>).  
 F.S. = Factor de Seguridad para edificaciones permanentes = 3  
 $\gamma$  = Peso volumétrico = 1,104 kg/m<sup>3</sup>  
 $N_q$  y  $N_\gamma$  = Factor de capacidad de carga.  
 $B$  = Ancho de la zapata propuesta.  
 $D$  = Profundidad de desplante.

**Figura 12.** Criterio de Peck-Hanson-Thornburn para la presión neta admisible. (Servicio y Control de Ingeniería S.A. De C.V., 2019)

### 3.2 Implementación del sistema de información geográfica a la mecánica de suelos

La implementación del SIG en este trabajo consistirá en concentrar los reportes de estudios de mecánica de suelos obtenido en diferentes laboratorios clasificando la información por parámetros de interés además de incluir la ubicación geográfica de dichos estudios.



Esto mediante la preparación de distintas capas las cuales contengan distinta información en el programa de computadora ArcGIS

### 3.2.1 Descripción del procedimiento en ArcGIS

Como primer paso para la elaboración del Sistema de información geográfica en ArcGIS es definir la ubicación geográfica en la que se trabajará, en este caso la ciudad de Hermosillo, Sonora.

El mapa de la ciudad se puede obtener por medios digitales como la página de INEGI (Figura 13) la cual cuenta con distintas bases de datos que contienen mapas y distinta información que han ido recopilando a lo largo de los años, también los mapas de la ciudad pueden obtenerse en distintas instituciones municipales y estatales.



**Figura 13.** Mapa de la ciudad de Hermosillo, Sonora, abierto en ArcGIS. (Fuente: propia, 2020)

Por practicidad se trabajará con mapas provenientes de INEGI ya que se pueden descargar desde un principio en un formato SHP desde su página de internet, este formato antes mencionado usado por el programa ArcGIS 10.5 que será sobre el que se trabajará, además de usar proyecciones de coordenadas con el sistema de coordenadas universal transversal de Mercator (UTM) con las cuales trabaja el programa.

Como primera aproximación al mapa de la ciudad de Hermosillo, primeramente, se obtiene el mapa del municipio, después se secciona la mancha urbana de la ciudad que corresponde a la zona con en la cual se desarrolló este trabajo. (Figura 14)





**Figura 14.** Mapa base del municipio de Hermosillo (Fuente: Propia, 2020)



**Figura 15.** Mapa base de la mancha urbana de la ciudad de Hermosillo. (Fuente: Propia, 2020)

Una vez cargado el mapa base (Figura 15), se agrega al sistema de información de la base datos de edafología de la zona proveniente de INEGI (Figura 16), esta información se unirá posteriormente a la base de datos de mecánica de suelos. Esta información se obtiene por medio de archivos los cuales están divididos por zonas donde la carta que corresponde a la ciudad de Hermosillo se encuentra nombrada como H12-8. (Figura 17)





### Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional Hermosillo

<b>Tema:</b>	Edafología
<b>Colección:</b>	Cartas Edafológicas
<b>Entidad federativa:</b>	Sonora
<b>Municipio:</b>	Hermosillo
<b>Edición:</b>	2007
<b>Formato:</b>	Electronico
<b>Escala:</b>	1:250 000
<b>Clave carta:</b>	H12-8
<b>Proyección:</b>	Universal Transversa de Mercator
<b>Coordenadas:</b>	□ 110°00' - □ 112°00' / N 29°00' - N 30°00'
<b>Datum:</b>	Norteamericano de 1927
<b>Fotografía:</b>	Blanco y Negro

Representación cartográfica de las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos del país. Contiene información acerca de la textura superficial dominante y en su caso las limitantes químicas sal, sodio o físicas roca, tepetate, pedregosidad que más afectan el uso y manejo del suelo. Constituye un apoyo fundamental en la planeación y ejecución de acciones encaminadas al uso óptimo de los recursos naturales, marco de referencia para la prevención de desastres ecológicos y degradación ambiental ocasionados por la sobreexplotación o uso inadecuado del suelo.

**Figura 16.** Descripción de conjunto de datos Edafológicos carta H12-8. (Fuente: INEGI, 2020)



**Figura 17.** Mapa del municipio de Hermosillo con información Edafológica. (Fuente: propia, 2020)



Una parte fundamental del trabajo será capturar y organizar la información proveniente de los estudios de mecánica de suelos para usarla dentro de nuestro sistema de información geográfica, la información de los estudios vendrá en formatos de reporte para cada uno de los estudios o en formatos los cuales están formulados con la información correspondiente al estudio.

La propuesta y acomodo de este formato nace a partir del trabajo en conjunto con los laboratorios de mecánica de suelos para poder capturar de manera más eficiente la información

Un primer formato (Tabla 1) que se propone para la captura de la información requiere ingresar información como la ubicación del sitio donde se elaboró el análisis, la profundidad a del muestreo, así como las muestras a distinta profundidad, los límites líquidos, plástico e índice de plasticidad, la clasificación con respecto al SUCS, compactación, contenido de humedad, densidad y un análisis de la capacidad de carga de ese suelo.

RESUMEN DE ESTUDIOS DE GEOTECNIA REALIZADOS EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO

Ubicación: Fraccionamiento Valles de Marquet

Localización: Fraccionamiento Valles de Marquet, Hermosillo, Sonora

Localidad: Hermosillo

Pozo	Profundidad:	Granulometría			Límites de consistencia			Clasif. SUCS	W <sub>max</sub> %	Y <sub>m</sub> 14.3kN/m <sup>2</sup>	Proctor		Pozo	Penetración estándar				
		% grava	% arena	% finos	LL	LP	IP				W <sub>max</sub> %	Y <sub>max</sub> 14.3kN/m <sup>2</sup>		Prof.	15 golpes	30 golpes	15 golpes	
1	0.00 - 1.20												1					
	0.60 - 1.80																	
	0.80 - 1.90																	
	1.60 - 2.30																	

Análisis de capacidad de Carga

**Tabla 1.** Primer formato para la captura de información de mecánica de suelos. (Fuente: propia, 2020)

A partir de este primer formato para la captura de la información se trabaja con otro, el cual su acomodo está dado de tal manera que pueda ser procesado como una base datos por el programa, donde las muestras se ubicaran dentro del área de estudio por medio de coordenadas. (Tabla 2)



No_De_estudio	Coordenada_X	Coordenada_Y	Ubicación	Granulometria_Profundidad_0-1_m	Granulometria_Profundidad_1-2_m	Granulometria_Profundidad_2-3_m	Limite_de_consistencia_0-1_m	Limite_de_consistencia_1-2_m	Clasificación_SUCS_1-2_m	$w_{L1}$	$w_{L2}$	$w_{L3}$	$w_{L4}$	Análisis_de_capacidad_de_carga

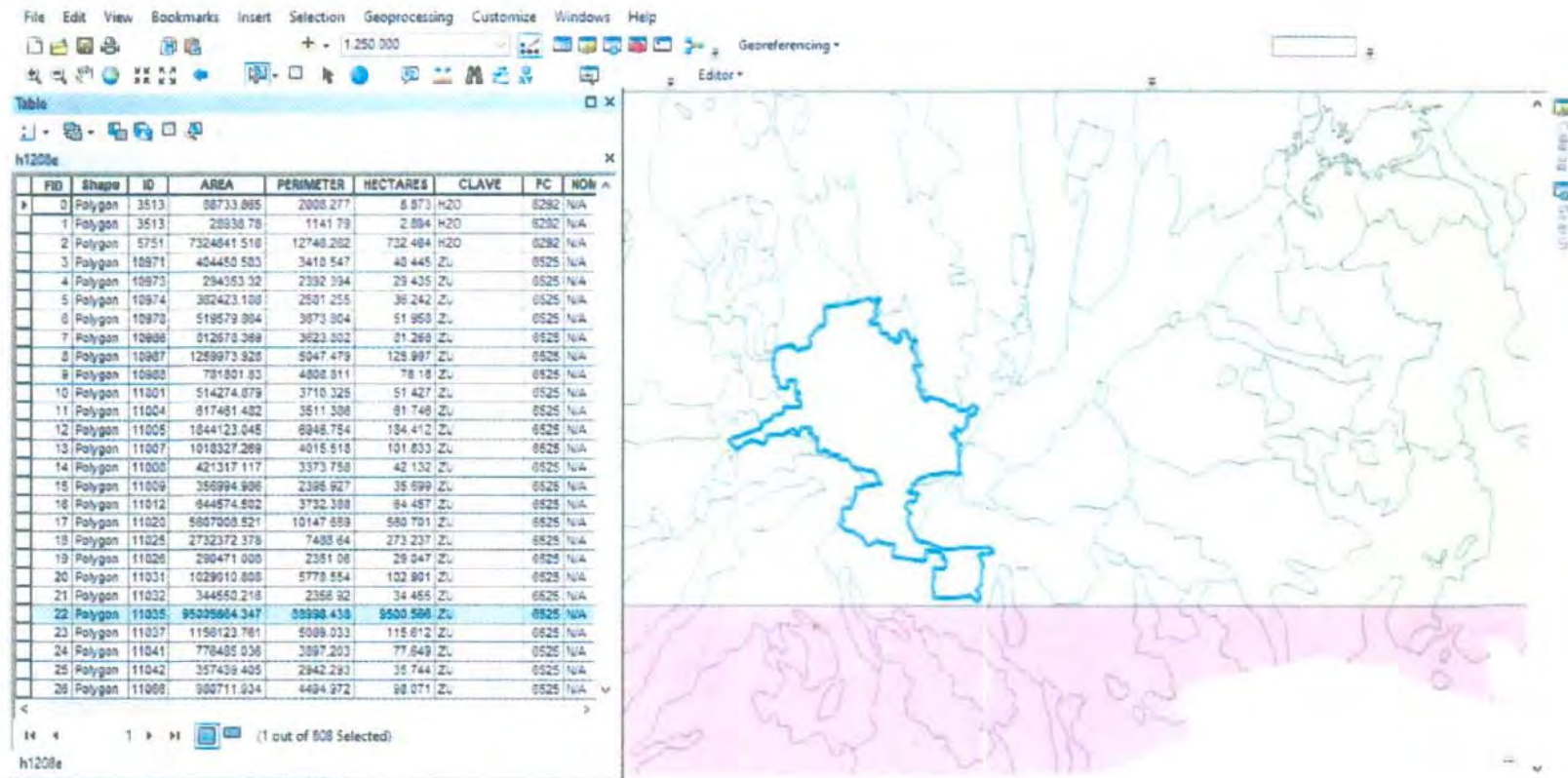
**Tabla 2** Formato para procesamiento de información en ArcGIS. (Fuente: propia, 2020)

De contar con la información necesaria se agregará la información correspondiente a la capacidad de carga admisible a distintas profundidades para ciertos tipos de cimentaciones como zapatas corridas y zapatas aisladas.

Cabe aclarar que, al contar con diferentes estudios de mecánica de suelos en diferentes zonas de la ciudad de Hermosillo, los formatos que se utilizarán tendrán una estructura similar pero no idéntica. En el trabajo se pretende tener por lo menos estudios a profundidades de hasta 3.00 metros los cuales de un estudio a otro pueden variar tanto en la profundidad a la que se realizaron los estudios como los distintos estratos que tiene el suelo provocando la adecuación de los formatos para cada estudio en particular.

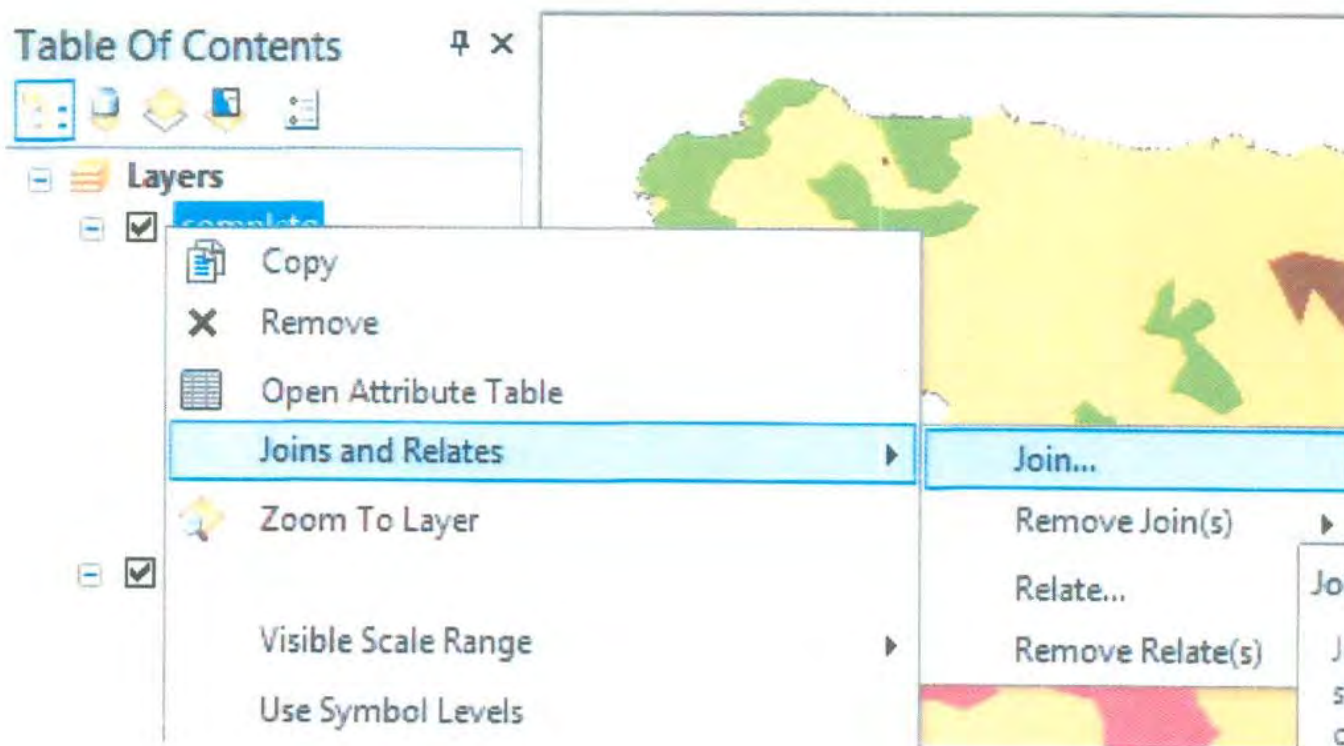
La información básica proveniente de los estudios y formatos se capturarán en tablas de datos en ArcGIS, donde información como capacidad de carga será calculada formulando las celdas correspondientes a ese parámetro con los datos específicos de cada estudio. (Figura 18)





**Figura 18.** Tabla de atributos proveniente del mapa Edafológico. (Fuente: propia, 2020)

Programas como Microsoft Excel los cuales brindan la oportunidad de crear tablas con información y enlazarlas con ArcGIS con funciones como Union (Unir) donde haremos una referencia a la información en Excel y se creará una capa la cual contendrá dicha información, pudiendo también modificar dicha tabla sobre ArcGIS sin necesidad de usar Excel y volver cargar la información. (Figura 19)



**Figura 19.** Comando Unir en ArcGIS. (Fuente: TYCGIS, 2018)



Para ubicar cada estudio se agregarán columnas que contengan la información espacial, es decir las coordenadas de donde se ubica el estudio, además de referencias como lo son las calles para poder ubicarlos más fácilmente. (Figura 20)

Table

completo

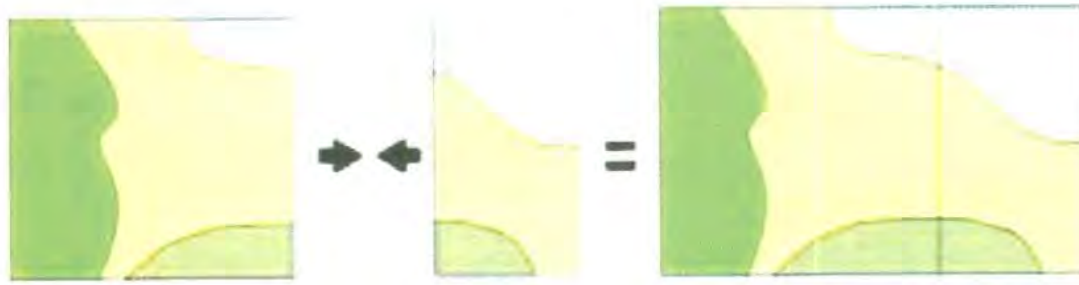
FID	Shape *	Id	tipo suelo
0	Polygon	0	Inceptisol
1	Polygon	0	Entisol
2	Polygon	0	Entisol
3	Polygon	0	Entisol
4	Polygon	0	Entisol
5	Polygon	0	Alfisol
6	Polygon	0	Alfisol
7	Polygon	0	Alfisol
8	Polygon	0	Alfisol
9	Polygon	0	Alfisol
10	Polygon	0	Alfisol
11	Polygon	0	Aridisol
12	Polygon	0	Entisol
13	Polygon	0	Entisol
14	Polygon	0	Entisol
15	Polygon	0	Aridisol
16	Polygon	0	Aridisol

**Figura 20.** Tabla de datos con tipo de suelo. (Fuente: TYCGIS, 2018)

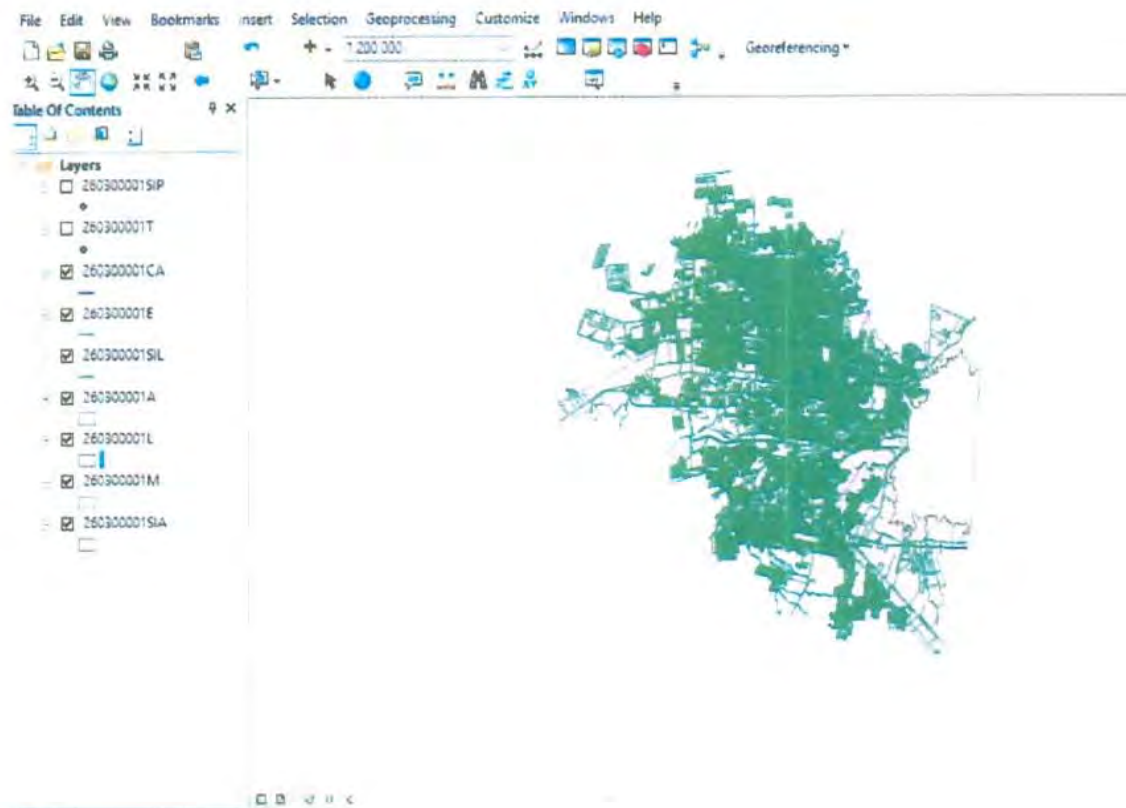
Durante el procesamiento de la información de los mapas se usarán varias herramientas de ArcGIS las cuales se encuentran agrupadas dependiendo de la función que realicen en una ventana dentro del programa llamada ArcToolbox comparables con los accesos directos de Windows

Herramientas del programa como MERGE la cual permite generar una única capa resultante a partir de dos o más, gracias a esta función se puede unificar varias capas cartográficas de la ciudad para tener un mapa que abarque mayor extensión.(Figura 21)





**Figura 21.** Función MERGE en ArcGIS. (Fuente: GEOINNOVA, 2019)




**Figura 22.** Mapa de la ciudad de Hermosillo, Sonora, abierto en ArcGIS. (Fuente: propia, 2020)

Con la creación del mapa y la unión de la información de base de datos y edafología de INEGI se procede a crear la base de datos, mostrándolo en un formato amigable y digerible para el usuario. (Figura 22)

### 3.3 Implementación de la metodología aplicada a un caso de estudio

En el caso del trabajo aplicado la ciudad de Hermosillo, se obtuvieron informes de mecánica de suelos de distintos laboratorios, los cuales en general comparten una estructura similar con distintos ajustes dependiendo de la finalidad del estudio y de las adecuaciones que tenga cada laboratorio con sus propios formatos. (Figura 24)





**SERVICIOS PROFESIONALES DE INGENIERIA  
GEOTECNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
CUBIERTAS MÓVILES EN HERMOSILLO,  
SONORA, MÉXICO.**

**PREPARADO PARA:**

**Figura 23.** Portada de un informe de mecánica de suelos. (Fuente: Laboratorio, 2020)

**ÍNDICE**

<b>1.</b>	<b>INFORMACIÓN Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS</b>
1.1	Introducción
1.2	Descripción del sitio y del estudio
1.3	Objetivo del estudio
<b>2.-</b>	<b>CONDICIONES GEOLÓGICAS Y RECONOCIMIENTO DEL SITIO</b>
2.1	Información geológica
2.2	Información hidrológica
2.3	Suelo y vegetación
2.4	Parámetros para diseño por sismo
2.5	Información sobre el clima
<b>3.-</b>	<b>EXPLORACIÓN Y ENSAYES DE LABORATORIO</b>
3.1	Ubicaciones de predio
3.2	Programa y pruebas durante la exploración
3.3	Pruebas de laboratorio
3.4	Estratigrafía del sitio
<b>4.</b>	<b>ESTUDIOS DE GABINETE</b>
4.1	Análisis y determinación de resistencia del suelo
4.2	Cálculo de resistencia del suelo.
4.3	Procedimientos constructivos de excavación
4.4	Procedimientos constructivos de rellenos
4.5	Zanjas para instalación de tuberías
4.6	Terrapienes y taludes
4.7	Propuesta de calidad de materiales
<b>5.</b>	<b>OTROS SERVICIOS</b>
<b>6.</b>	<b>APÉNDICES</b>
6.1	Figuras y planos
6.2	Informe fotográfico
6.3	Información sísmica
6.4	Pruebas de laboratorio
6.5	Perfiles estratigráficos
6.6	Capacidad de carga
6.7	Zanjas para instalaciones de tuberías
6.8	Banco de Materiales
6.9	Glosario
6.10	Bibliografía

**Figura 24.** Índice de un reporte de mecánica de suelos. (Fuente: Laboratorio, 2020)



Como primera aproximación del trabajo, se capturó la información de algunos estudios para poder analizar el acomodo de la información y como el programa la muestra para poder ajustar tanto los formatos como la información, teniendo en cuenta que ArcGIS limita la cantidad y tipo de caracteres que se puede ingresar en los campos de las tablas, eliminando la información que no respete las limitaciones.

El primer formato elaborado (Tabla 3) para la captura de la información de base de datos generó un archivo donde se almacenó dicha información, teniendo en cuenta que la estructura de cada formato tenía ligeras adaptaciones dependiendo de las características de los estudios.

Ubicación: Nudo Mixteco #43, entre ocegueray calle unidad, Col. Solidaridad 2 poniente, Hermosillo, Son.  
 Localización: Escuela Primaria Teodosio Navarrete García  
 Localidad: Hermosillo

Profundidad:	Granulometría			Límites de consistencia			Clasif. SUCS	w <sub>L</sub> %	T <sub>90</sub> k <sub>g</sub> /cm <sup>2</sup>	w <sub>p</sub> %	T <sub>25</sub> k <sub>g</sub> /cm <sup>2</sup>	Comportación %	Penetración estándar			
	% grava	% arena	% finos	LL	LP	IP							Prof.	15 golpes	30 golpes	15 golpes
0.00 - 1.30	1.0	80.4	18.6	22.5	15	7.5	SC	4.22	1508	8.9	2.020	50.6	1.00 - 1.50	4	23	13
1.90 - 3.00	6.3	88.5	5.2	Inspreciable			SM	2.34	1826				2.10 - 2.45	4	18	

Capacidad de Carga Admisible para distintos tipos y anchos de cimentación

Zapata	Profundidad (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Q adm (ton/m <sup>2</sup> )
Corrida	0.80	0.5		13.8
		0.8		14.8
		1.0		16.0
Octagonal	0.80	0.5	4.0	19.8
		0.8	5.0	16.8
		1.0	6.0	17.8
Cuadrada	0.80	0.6		17.8
		0.8		18.8
		1.0		19.8

Ubicación: Calle Arámburo entre retorno de los Acasos y Abetos  
 Localización: Jardín de niños, Col Arámburo  
 Localidad: Hermosillo

Pozo	Profundidad:	Granulometría			Límites de consistencia			Clasif. SUCS	w <sub>L</sub> %	T <sub>90</sub> k <sub>g</sub> /cm <sup>2</sup>	w <sub>p</sub> %	T <sub>25</sub> k <sub>g</sub> /cm <sup>2</sup>	GC %	Pozo	Penetración estándar			
		% grava	% arena	% finos	LL	LP	IP								Prof.	15 golpes	30 golpes	15 golpes
1	0.00 - 1.70	1.5	68.5	30.3	25.8	17.9	7.90	SC	9.05	1502	9.2	2.025	86.13	1	0.90	2	5	4
	1.70 - 2.40	3.08	77.83	13.09	Inspreciable			SC	5.02	1.812	8.60	2.030	84.99		1.80	1	3	2
	2.40 - 3.30	12.45	66.71	20.84	31.70	22.90	8.80	SC	6.70	1.945	10.80	2.000	31.31		2.40	6	> 50	-

Análisis de capacidad de Carga  
 El depósito de suelo del sitio de estudio, esta formado por arenas arcillosas con contenidos de finos que varían entre entre 13.0 y 30.3 % y

**Tabla 3.** Primer formato con la información capturada de los estudios. (Fuente: propia, 2020)

Este formato resultó de gran utilidad ya que resumía de manera muy sencilla las características físicas del suelo, además que contando con este formato algunos laboratorios que colaboran con el trabajo se ofrecieron a capturar por cuenta propia la información de sus estudios por la practicidad de la captura.

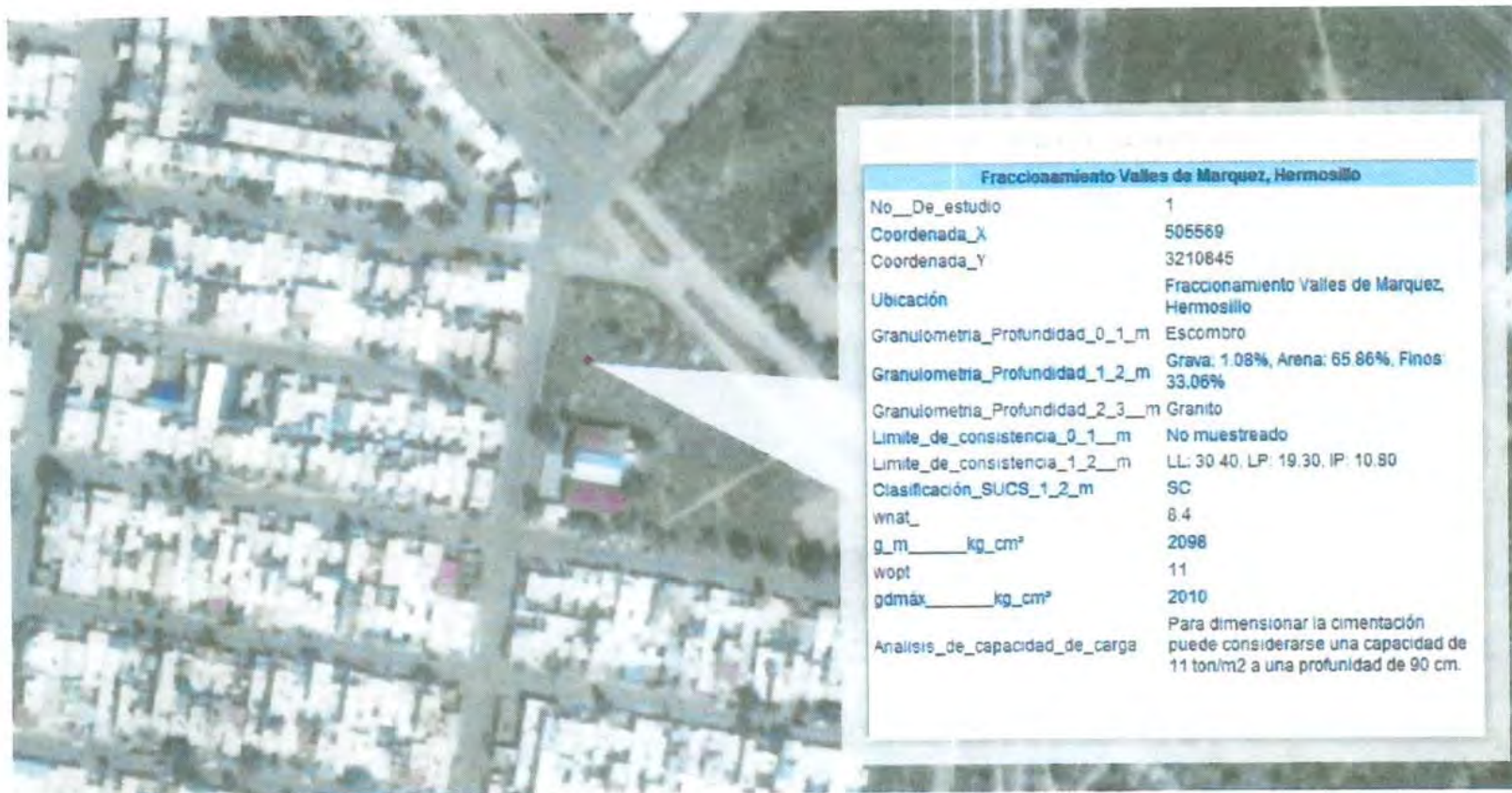
A partir de contar con la información en el primer formato se capturó para poder manipularla por medio de ArcGIS, esto en el segundo formato (Tabla 4) donde se incluyen las coordenadas del sitio para poder georreferenciar la información de la base de datos.



No_De_estudio	Coordenada_X	Coordenada_Y	Ubicación	Granulometria_Profundidad_0-1_m	Granulometria_Profundidad_1-2_m	Granulometria_Profundidad_2-3_m	Limite_de_consistencia_0-1_m	Limite_de_consistencia_1-2_m	Clasificación_SUCS_1-2_m	wnat	g_m_kg_cm²	wopt	gdmáx_kg_cm²	Análisis_de_capacidad_de_carga
1	505569.00	3210845.00	Fraccionamiento Valles de Marquez, Hermosillo	Escombros	Grava: 1.08%, Arena: 65.86%, Finos: 33.06%	Granito	No muestreado	LL: 30.40, LP: 19.30, IP: 10.80	SC	8.4	2098	11	2010	Para dimensionar la cimentación puede considerarse una capacidad de 11 ton/m2 a una profundidad de 90 cm.

**Tabla 4.** Formato para el procesamiento de información en ArcGIS. (Fuente: propia, 2020)

El programa es capaz de mostrar datos e imágenes donde por medio de puntos sobre el mapa se indicarán los distintos estudios de mecánica de suelos sobre la ciudad y al presionar sobre el punto/estudio de interés mostrara la información correspondiente a dicho estudio, incluyendo la imagen de la estratigrafía del lugar, además de la capacidad de carga del suelo a cierta profundidad de desplante. (Figura 25)

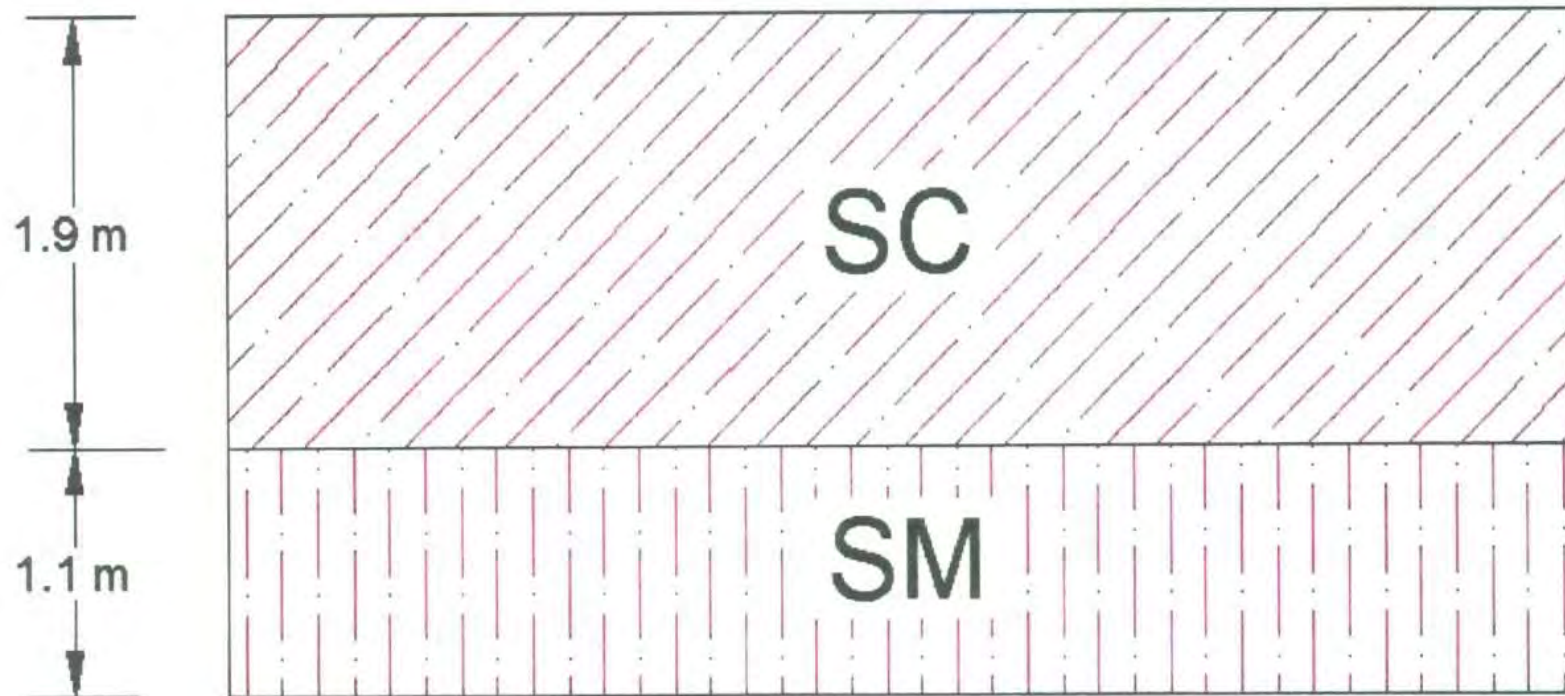


**Figura 25.** Punto referenciado con información proveniente de la base de datos. (Fuente: propia, 2020)







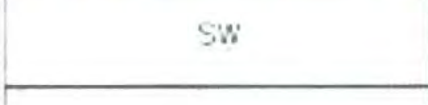

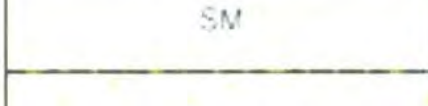
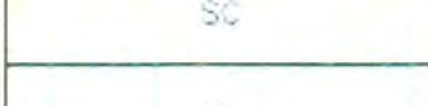





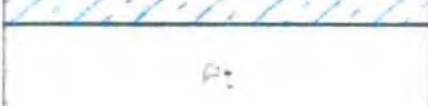

Esta información se mostrará en toda la mancha urbana de la ciudad de Hermosillo, sirviendo de ayuda tanto para laboratorios de mecánica de suelos como para proyectistas que buscan realizar un anteproyecto o primera propuesta sin contar con un estudio específico del sitio.

En la información mostrada por punto se despliega la estratigrafía (Figura 26) del sitio con su respectiva simbología para poder identificar el tipo de suelo para ese estudio en específico. (Figura 27)



**Figura 26.** Dibujo de estratigrafía utilizado en base de datos. (Fuente: propia, 2020)



	GW	Gravas bien mezcladas arena, grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulares.
	GP	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino.
	GM	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa.
	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla gravas con materia fina cantidad apreciable de material fino.
	SW	Arena bien graduada, arenas con grava, poco o nada de material fino. Arenas limpias poco o nada, amplia variación en tamaño granulares y cantidades de partículas en tamaño intermedios.
	SP	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.
	SM	Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcillosa.
	ML	Limas orgánicas y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limas arcillosas con ligera plasticidad.
	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana, arcillas grasas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras.
	OL	Limas orgánicas y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
	MH	Lima inorgánicas suelos finos granosos o limosos, micáceas o diatomelaneas, limas elásticas.
	CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasas.
	OH	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limas orgánicas.
	Pt	Turba: suelos considerablemente orgánicos.

**Figura 27.** Simbología SUCS mostrada en programa. (Fuente: SUCS, 2020)

Además de una fotografía para poder identificar de manera más clara la ubicación y los alrededores donde fue realizado dicho estudio.





**Figura 28.** Fotografía de referencia de estudio de mecánica de suelos. (Fuente: Google Earth, 2020)

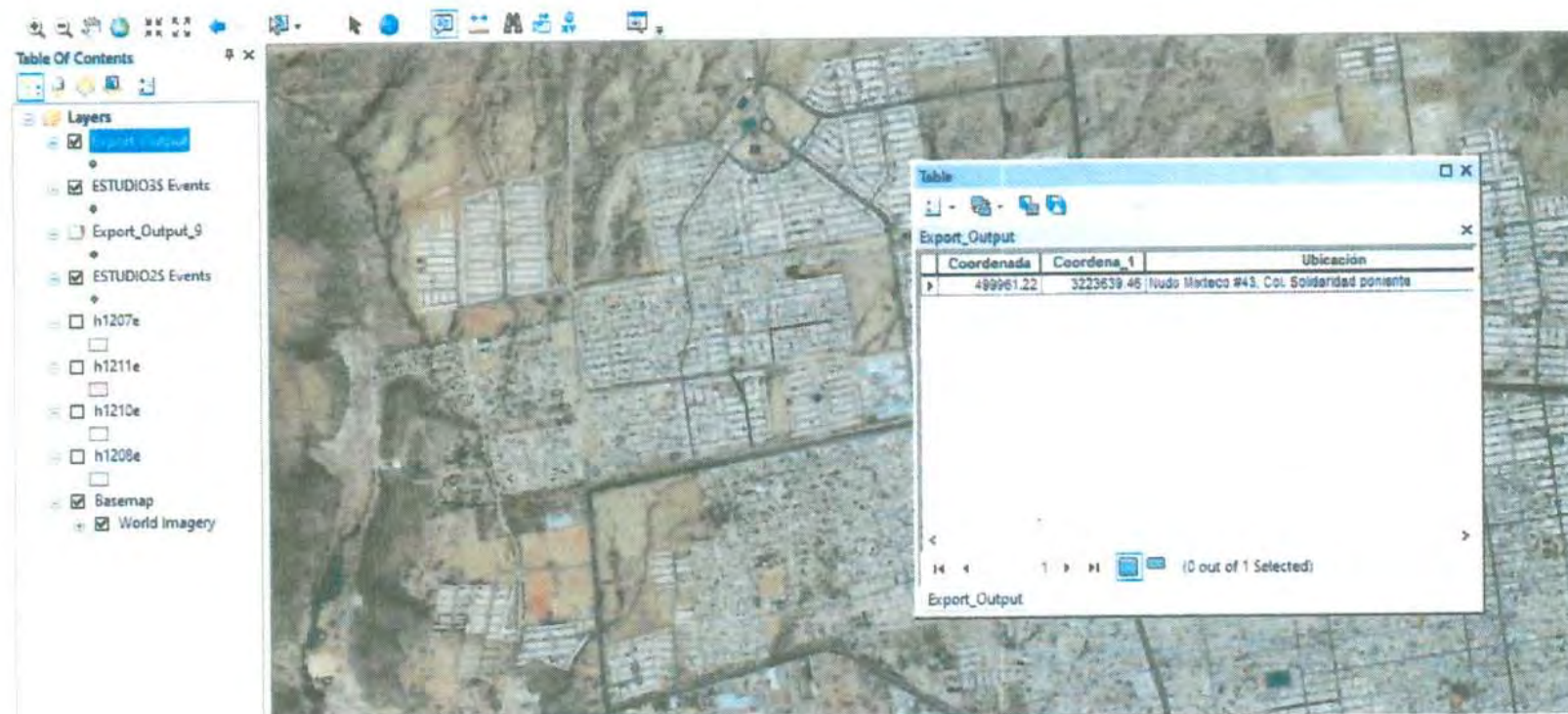
Las imágenes o fotografías que se agreguen al programa deberán de introducirse en un formato especial en la tabla de atributos del programa para poder que se identifique la ubicación del archivo y de esa manera las muestre. (Figura 28)

Como ejemplo se muestra la forma de referenciar una imagen en la tabla de atributos con la siguiente dirección: (Figura 29)

```

```





**Figura 29.** Vista de punto cargados en programa con base de datos de referencia. (Fuente: Google Earth, 2020)



## 4. RESULTADOS

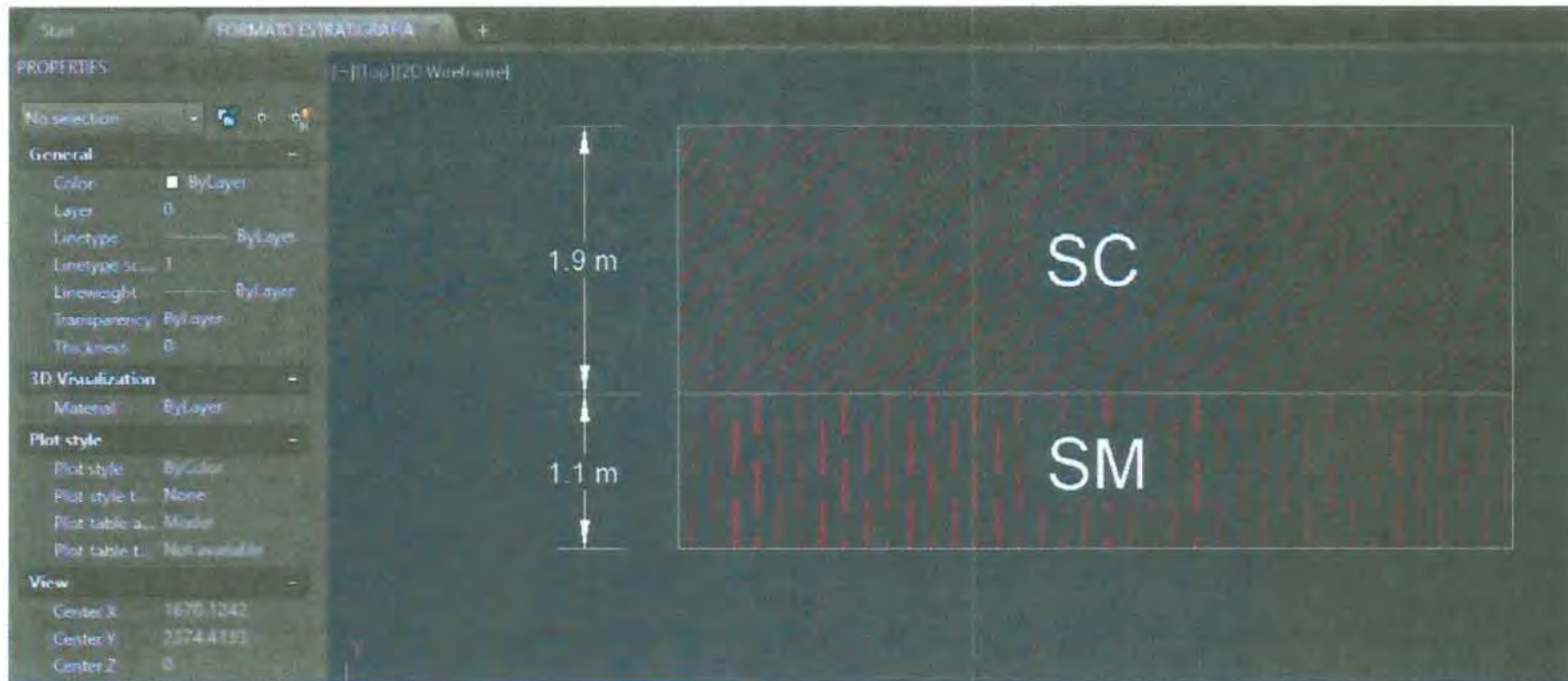
La información proveniente de los estudios se concentró en una base de datos en Excel, donde cada uno de los estudios tiene un formato particular por los distintos datos que se pueden obtener como se comentó anteriormente por lo que el acomodo fue de una pestaña por estudio. (Figura 30)

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Granulometria _Profundidad _1-2_m	Granulometria _Profundidad_2- 3_m	Limite_de_co nsistencia_0-1_m	Limite_de_cons istencia_1-2_m	Clasificación _SUCS_1- 2_m	W <sub>u</sub> (%)	w <sub>L</sub> (%)	U <sub>c</sub> (%)	A <sub>u</sub> (%)	Analisis_de_capacida d_de_carga
2	Grava: 1.08% Arena: 65.86% Finos: 33.06%	Gravito	No muestreado	LL: 30.40, LP: 13.30, IP: 10.60	SC	8.4	2038	11	2010	Para dimensionar la cimentación puede considerarse una capacidad de 11 ton/m2 a una profundidad de 90 cm.
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

**Figura 30.** Base de datos con todos los estudios capturados en Excel. (Fuente: Propia, 2020)

La generación de la base de datos incluye la realización de manera gráfica con ayuda del programa AutoCAD para este caso de estudio, por lo que para cada estudio se genera un archivo distinto con la información estratigráfica correspondiente. (Figura 31)





**Figura 31.** Representación grafica de la estratigrafía del suelo para un estudio. (Fuente: Propia, 2020)

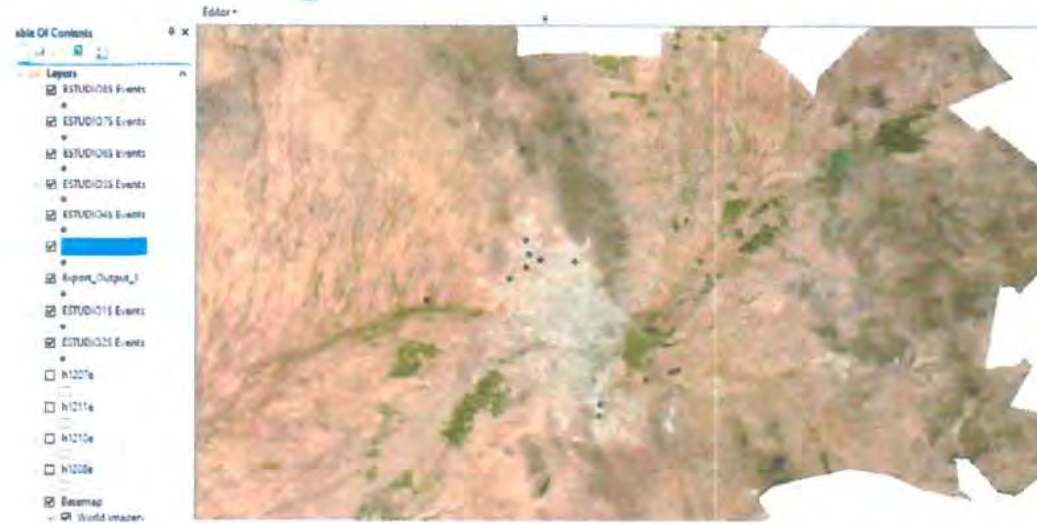
Como referencia del sitio de estudio se agrega una fotografía proveniente o adjunta del mismo estudio, en caso de que no contara con una, con la ubicación del lugar se les agregó una imagen satelital de Google Earth como referencia. Para cada estudio se generó una carpeta la cual contiene su representación grafica de estratigrafía, el SUCS y su fotografía de referencia. (Figura 32)



**Figura 32.** Carpeta de imágenes correspondiente al estudio #2. (Fuente: Propia, 2021)

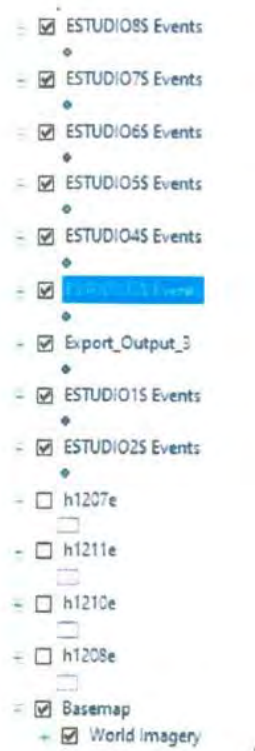
Como resultado de aplicar la metodología y el uso de los programas Excel y ArcGIS al caso de estudio lo que se obtiene es un mapa con una nube de puntos georreferenciada sobre la ciudad de Hermosillo (Figura 33), cada punto con información específica del estudio de mecánica de suelos realizado en ese lugar





**Figura 33.** Nube de puntos con información sobre la ciudad de Hermosillo. (Fuente: Propia, 2020)

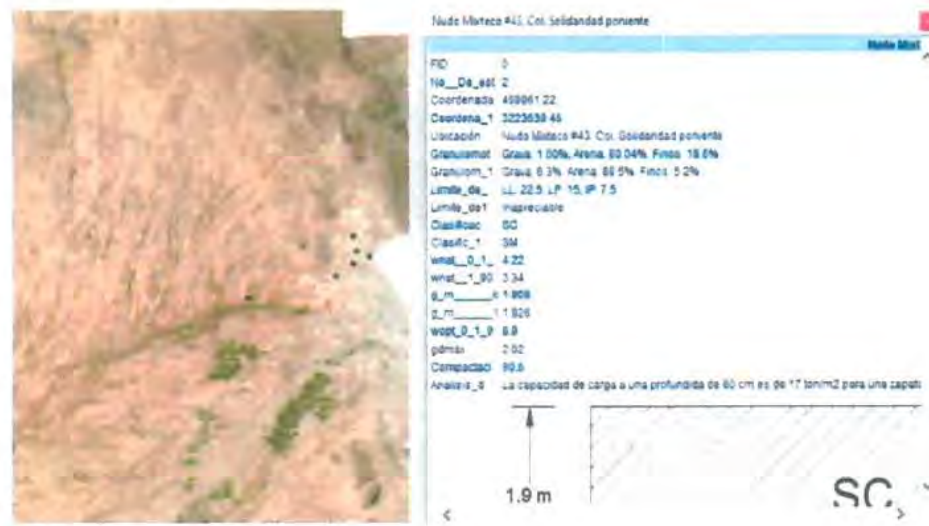
Además se genera de las distintas pestañas un catálogo con todas la capas ingresadas al sistema para en caso de necesitar hacer alguna modificación en formato o información se puede realizar. (Figura 34)



**Figura 34.** Catálogo de información capturada en ArcGIS. (Fuente: Propia, 2021)

Cada punto que se observa contiene la información de la base de datos de Excel junto con sus imágenes de estratigrafía, SUCS y referencia fotográfica que fueron ingresadas mediante el comando HTML mencionado en el capítulo de metodología . Toda esta información se muestra mediante un solo clic sobre el punto de interés. (Figura 35)





**Figura 35.** Selección de puntos con toda la información cargada. (Fuente: Propia, 2021)

Como resultado de las bases de datos de distintas empresas e instituciones, mapas georreferenciados de la zona de estudio, el análisis y selección de la información obtenida, formatos generados específicamente para el procesamiento del programa y acomodo de información, carpetas con imágenes adecuadas a cada estudio, se genera un sistema de información geográfica en la ciudad de Hermosillo, Sonora., el cual contiene las propiedades físicas del suelo que se muestran como un mapa y distintos puntos que al seleccionarlos nos muestra la información antes mencionada, todo esto sobre el programa ArcGIS en su versión 10.5.

El archivo generado por el programa ArcGIS es posible utilizarlo en versiones posteriores del mismo programa o programas similares como QGIS, además el sistema de información geográfica es posible cargarlo a distintas plataformas en internet que manejan esta información lo cual permitiría el que la información sea accesible para todo el que pueda interesarse por ella.



## 5. CONCLUSION

Los objetivos planteados en el desarrollo de este trabajo tienen como idea general brindar una herramienta que proporcione información útil de las propiedades del suelo en la ciudad de Hermosillo.

Con la información proporcionada se da una noción a los proyectistas de las características del suelo de los lugares cercanos y de acuerdo a las consideraciones que este realice para su propuesta inicial y posterior estudio específico del sitio de los trabajos pudiendo presentar un anteproyecto.

El trabajo llevado a cabo presentó dificultades a la hora de recabar información ya que al ser recopilada de distintas fuentes como laboratorios de control de calidad o empresas dedicadas al estudio de los suelos estas pueden negar el acceso a su base de datos por las mismas políticas de dichas empresas o laboratorios. Cuando las empresas proporcionan la información sobre los estudios no todos los casos contaban con ciertos datos con los que se esperaba contar además de los distintos formatos que maneja cada empresa o institución.

El sistema de información generado tiene la ventaja que puede estar siendo actualizado ya que constantemente se están llevando a cabo estudios de mecánica de suelos, por lo que este trabajo tiene capacidad para seguir enriqueciendo su base de datos, además de poder incluir información de distinto índole ya sea referente a vegetación, uso de suelo de la zona, precio del suelo de ciertas áreas, etc., que puede ser ingresada en las bases de datos, por lo que este trabajo pudiera servir de base para futuras investigaciones o estudios en la ciudad de Hermosillo.



## **BIBLIOGRAFIA:**

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Arcus global, 2015. Mecanica de suelos ¿Qué es y como funciona? <https://www.arcus-global.com/wp/mecanica-de-suelos-que-es-y-como-funciona/>
- ¿Qué es mecánica de suelos?. <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/salvador-garcia-linan/que-es-mecanica-de-suelos>
- Carta edafológica de INEGI. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>
- Mecánica de Suelos. Tomos 1 y 2. Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A. Ed. Limusa (México)
- Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Terzaghi, K. y Peck. Ed. Ateneo.
- Gómez Delgado, M., & Barredo Cano, J. I. (2005). Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Madrid: Ra-Ma.
- Moreno Jiménez, A. (2008). Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. Madrid: Ra-Ma.
- Santos Preciado, J. M. (2011). Los Sistemas de Información Geográfica Vectoriales: El funcionamiento de ArcGIS. Madrid: UNED
- A. Verruijt Delft University of Technology. (2001). Soil Mechanics.
- Ivonne E. Alvarez , V. (2018). Percepcion urbana en el ámbito local, como proyecto de regeneración. Universidad de Sonora.
- Amalia V. Palacio B, (2017). Implantación de sistemas de información geográfica en la gestión de espacios protegidos. Universitat Rovira I Virgili.



- Francisco J. Martínez S, (2002). Aplicación de los sistemas de información geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable. Universidad Politécnica de Valencia.

-Rodríguez-Castañeda, J. L. (1981). Notas sobre la Geología del Área de Hermosillo, Sonora. *UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MÉXICO*, 5.

-Ibarra-Torúa, Gema; Acosta-Chang, José López-Pineda, Leobardo. (2004) Microzonation of ground dominant periods at city of Ensenada, Baja California

Geoinnova información. (2018) Cómo utilizar las Herramientas de Geoprocesamiento en Arcgis. Pagina Web: <https://geoinnova.org/cursos/como-utilizar-las-herramientas-de-geoprocesamiento-en-arcgis/#:~:text=Merge.,cartogr%C3%A1ficas%20monotem%C3%A1ticas%20en%20una%20sola.&text=Tambi%C3%A9n%20es%20una%20herramienta%20clave,disponible%20a%20trav%C3%A9s%20de%20hojas>.