



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



# Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Ingeniería Civil

Cuerpo Académico de Gestión Integral del Agua

Proyecto de la red de alcantarillado de la localidad de  
Punta Allen, Quintana Roo

Tesis para obtener título de ingeniero civil

Presenta

Diego Alberto Gil Alvarez

Dirigida por

Dr. Benjamín Lara Ledesma

Doctor en Ingenieriería Hidráulica y Medio Ambiente

Morelia, Michoacán; Noviembre de 2014

## DEDICATORIAS

### **A Dios**

Por permitirme sentir su presencia y bendecirme cada día de mi vida, por darme unos padres maravillosos y un hermano maravilloso, por regalarme salud, sabiduría, conocimiento, paciencia y de esta forma darme la oportunidad de cumplir con satisfacción uno de los objetivos de mi vida, así como permitirme darle este orgullo a mis padres culminando con éxito mis estudios.

### **A mis padres**

Edgar Gil Ruiz y Maura Alvarez Cuevas, que han sido mi mayor apoyo, de igual manera que han sido unos padres maravillosos, ya que con mucho amor y esfuerzo me dieron la oportunidad de culminar mi carrera.

### **A mi hermano**

Edgar Iván Gil Alvarez, por ser el mejor hermano, apoyarme siempre en toda mi carrera y poder contar con el cuando lo necesitaba.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar y sobre todos le doy gracias a Dios por su fidelidad, por su gracia, amor, misericordia para conmigo y así ayudarme y permitirme este triunfo, muchas gracias Dios.

A mis padres y mi hermano, por ser mi mayor apoyo, infinitamente gracias, por ser unos padres maravillosos y un hermano maravilloso, ya que con mucho amor y esfuerzo me dieron la oportunidad de continuar mis estudios y poder culminar mi carrera, depositando toda su confianza en mí, gracias porque desde pequeño me educaron y me guiaron por un buen camino, enseñándome que todo esfuerzo vale la pena. Gracias por ser mi mayor inspiración, mi ejemplo y orgullo, por sus consejos para que todo saliera bien, por darme ánimos en los momentos difíciles y por estar siempre pendientes de mis estudios y de todo lo necesario, muchas gracias a todos este sueño lo logré gracias a ustedes.

A mi novia Erika Cristina Hernández Gaspar, por haberme apoyado en esta última etapa de mi vida, muchas gracias, por estar ahí cuando te necesité y cuidando de mi cuando estuve enfermo, muchas gracias por todo.

Al Departamento y Laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Civil de la UMSNH.

A mi asesor de tesis el Dr. Benjamín Lara Ledesma por apoyarme en la trayectoria de este proyecto.

Al M.I. Erick Oliver Cervantes Gutiérrez por apoyarme y guiarme en la culminación de este proyecto.

Al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua por permitirme realizar este proyecto dentro de sus instalaciones.

## ÍNDICE

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| CAPÍTULO 1. ANTEPROYECTO .....                           | 8  |
| 1.1 Introducción .....                                   | 8  |
| 1.2 Planteamiento del problema .....                     | 8  |
| 1.3 Objetivos .....                                      | 9  |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....                          | 10 |
| 2.1 Sistemas de alcantarillado de aguas residuales ..... | 10 |
| 2.2 Conceptos .....                                      | 11 |
| 2.2.1 Aguas residuales domésticas.....                   | 11 |
| 2.2.2 Aguas residuales industriales.....                 | 12 |
| 2.2.3 Agua de lluvia .....                               | 12 |
| 2.2.4 Albañal interior .....                             | 12 |
| 2.2.5 Descarga domiciliaria o albañal exterior .....     | 12 |
| 2.2.6 Alcantarillado sanitario .....                     | 13 |
| 2.2.7 Atarjea.....                                       | 13 |
| 2.2.8 Brocal.....                                        | 13 |
| 2.2.9 Cabeza de atarjea .....                            | 13 |
| 2.2.10 Colector.....                                     | 14 |
| 2.2.11 Emisor .....                                      | 14 |
| 2.2.12 Pozos de visita.....                              | 14 |
| 2.2.13 Pozos de caída.....                               | 15 |
| 2.3 Tipos de redes de alcantarillado .....               | 15 |
| 2.3.1 Alcantarillado separado .....                      | 15 |
| 2.3.2 Alcantarillado combinado .....                     | 16 |
| 2.3.3 Alcantarillado simplificado.....                   | 16 |
| 2.3.4 Alcantarillado condominiales .....                 | 16 |
| 2.3.5 Alcantarillado sin arrastre de sólidos.....        | 16 |
| 2.4 Componentes de un sistema de alcantarillado.....     | 17 |
| 2.5 Alternativas de materiales a utilizar .....          | 17 |

|                                                                 |                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----|
| 2.6                                                             | Tratamiento de las aguas negras (humedal) ..... | 18 |
| CAPÍTULO 3. GENERALIDADES DE LA POBLACIÓN .....                 |                                                 | 19 |
| 3.1                                                             | Localización geográfica .....                   | 19 |
| 3.2                                                             | Aspectos físicos.....                           | 22 |
| 3.2.1                                                           | Geología y edafología.....                      | 22 |
| 3.2.2                                                           | Fisiografía .....                               | 23 |
| 3.2.3                                                           | Usos del suelo .....                            | 24 |
| 3.3                                                             | Aspectos naturales.....                         | 26 |
| 3.3.1                                                           | Clima.....                                      | 26 |
| 3.3.2                                                           | Precipitación .....                             | 27 |
| 3.3.3                                                           | Hidrología .....                                | 28 |
| 3.3.4                                                           | Flora y fauna .....                             | 29 |
| 3.4                                                             | Aspectos generales de Punta Allen .....         | 29 |
| 3.4.1                                                           | Censo actual .....                              | 29 |
| 3.4.2                                                           | Vivienda.....                                   | 29 |
| 3.4.3                                                           | Electricidad .....                              | 30 |
| 3.4.4                                                           | Agua potable y saneamiento .....                | 31 |
| 3.4.5                                                           | Servicios públicos .....                        | 31 |
| 3.5                                                             | Aspectos demográficos y económicos .....        | 33 |
| 3.5.1                                                           | Demografía .....                                | 33 |
| 3.5.2                                                           | Servicio de salud.....                          | 34 |
| 3.5.3                                                           | Población ocupada .....                         | 35 |
| 3.5.4                                                           | Nivel de vida y comercio .....                  | 35 |
| 3.5.5                                                           | Recreación, cultura y deporte .....             | 36 |
| 3.5.6                                                           | Educación.....                                  | 36 |
| 3.5.7                                                           | Índice de marginación.....                      | 37 |
| CAPÍTULO 4. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO ..... |                                                 | 38 |
| 4.1                                                             | Población.....                                  | 38 |
| 4.1.1                                                           | Información básica.....                         | 38 |
| 4.1.2                                                           | Cálculo de la población futura .....            | 38 |
| 4.1.3                                                           | Método aritmético.....                          | 41 |

|             |                                                          |    |
|-------------|----------------------------------------------------------|----|
| 4.1.4       | Método geométrico .....                                  | 43 |
| 4.1.2       | Método de mínimos cuadrados .....                        | 47 |
| 4.1.3       | Método de proyección estatal (CONAGUA).....              | 49 |
| 4.2         | Gastos de diseño .....                                   | 50 |
| 4.2.1       | Dotación.....                                            | 50 |
| 4.2.2       | Aportación.....                                          | 51 |
| 4.2.3       | Gasto medio .....                                        | 52 |
| 4.2.4       | Gasto mínimo.....                                        | 52 |
| 4.2.5       | Gasto máximo instantáneo.....                            | 53 |
| 4.2.6       | Gasto máximo extraordinario .....                        | 55 |
| 4.2.7       | Velocidades máxima y mínima.....                         | 56 |
| 4.2.8       | Pendientes .....                                         | 57 |
| 4.3         | Trazo de la red de alcantarillado .....                  | 60 |
| 4.3.1       | Levantamiento topográfico .....                          | 60 |
| 4.3.2       | Plano topografico .....                                  | 61 |
| 4.3.3       | Ubicación de red y pozos .....                           | 62 |
| 4.3.4       | Plano de detalles de pozos de visita.....                | 63 |
| 4.3.5       | Plano de localización de infraestructura existente ..... | 64 |
| CAPÍTULO 5. | ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS.....                       | 65 |
| 5.1         | Presupuesto de la red de alcantarillado .....            | 65 |
| CAPÍTULO 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                     | 71 |

## RESUMEN

La comunidad de Punta Allen es una de las zonas turísticas más importantes de la reserva ecológica de Sian Ka'an, por lo cual esta población además de dedicarse a la pesca de langosta, se dedica al turismo. La problemática que presenta la comunidad de Punta Allen es que no cuenta con una red de alcantarillado, esto perjudica a la población y al ecosistema que se encuentra a su alrededor, por lo cual es recomendable diseñar una red de alcantarillado la cual se conectará con un humedal para el tratamiento de las aguas negras, y así poder eliminar los malos olores, la fauna nociva que crece en la comunidad y así como los posibles encharcamientos que se pueden generar en los patios de las viviendas y éstos contaminen los mantos acuíferos lo cual conlleva a la destrucción de los arrecifes de coral que se encuentran cerca de la comunidad y así dañando todo el ecosistema de su alrededor. La solución que se plantea después de hacer un levantamiento topográfico de la comunidad y de observar la localización geográfica de Punta Allen, fue diseñar una red de alcantarillado y se optó por utilizar tubería de polietileno de alta densidad, debido a que el nivel freático en la comunidad se encuentra a dos metros de profundidad y con esto se evita el deterioro de la tubería, así como también se plantea el uso de pozos de visita prefabricados de concreto esto es por la problemática anteriormente mencionada y porque en Punta Allen no cuentan con ladrillo convencional de barro y en ninguna comunidad cercana a ella.

Palabras clave: red, alcantarillado, sanitario, agua.

## ABSTRACT

The community of Punta Allen is one of the most important tourist zones of Sian Ka'an's ecological reservation, for which this population besides devoting itself to the fishing lobster devotes herself to the tourism. The problematic that the community of Punta Allen presents is that it does not possess a network of sewer, this harms the population and the ecosystem that one finds around it, for which it is advisable to design a network of sewer which will connect with a wetland for the treatment of the black waters, and to be able like that to eliminate the bad smells, the harmful fauna that grows in the community and as well as the possible floods that can be generated in the courts of the housings and these contaminate the aquiferous mantles which carries to the destruction of the reefs of coral that are near the community and this way damaging the whole ecosystem of his around. The solution that appears after doing a topographic raising of the community and of observes the geographical location of Punta Allen, was to design a network of sewer and one chose to use pipeline of polyethylene of high density, due to the fact that the groundwater level in the community is to two meters of depth and with this the deterioration of the pipeline is avoided, as well as also there appears the use of prefabricated wells of visit makes of concrete this it is for the problematics previously mentioned and because in Punta Allen they do not possess conventional brick of mud and in any community near to she.

Keywords: red, sewerage, sanitation, water.

## **CAPÍTULO 1. ANTEPROYECTO**

### **1.1 Introducción**

El presente trabajo consiste en el cálculo y diseño de la red de alcantarillado de la comunidad de Punta Allen del municipio de Tulum, Quintana Roo, para lo cual, fue necesario el estudio de la región, la identificación de los problemas, la utilización de normas de diseño, diseño de los drenajes sanitarios, medio ambiente y presupuesto.

Dado a que la comunidad de Punta Allen se encuentra dentro de la reserva natural Sian Ka'an, esto la vuelve una comunidad con un gran atractivo turístico, en el poco tiempo que tiene fundada Punta Allen se ha podido apreciar que los servicios básicos de esta comunidad son deficientes y no obstante las necesidades de sus habitantes están presentes.

Debido a que esta comunidad no cuenta con el servicio de drenaje tan importante para la salud de sus familias y para la protección del medio ambiente, del cual se pretende que tengan el acceso a este servicio, se pudo constatar que la principal problemática es la contaminación de los mantos acuíferos y está causando la destrucción del ecosistema que se encuentra a los alrededores de Punta Allen todo esto causado por el alto grado de contaminación de las aguas servidas provenientes de las diferentes viviendas.

Este proyecto representa un avance más en el desarrollo socio-económico de la localidad, ya que gracias a que tendrá la comunidad un mejor servicio y se evitará el deterioro de los arrecifes de corales la comunidad, podrá tener un mayor auge de turismo.

### **1.2 Planteamiento del problema**

Una de las causas principales de las altas tasas de mortalidad y enfermedades de diversas índoles en la mayoría de los países en vía de desarrollo se debe al inadecuado manejo de las aguas negras y a la baja cobertura de las soluciones adoptadas. También debemos considerar como parte de este problema la contaminación de los mantos acuíferos siendo esta la principal problemática, ocasionando el deterioro de los arrecifes de coral y así destruyendo el ecosistema que se encuentra dentro de Punta Allen debido a que los arrecifes de coral sirven de casa y protección

para muchas especies marinas, así como a su vez son fuentes de comida para algunas especies marinas, hospedan algas importantes las cuales suministran el oxígeno necesario para el coral y éste suministra el bióxido de carbono que las algas necesitan.

Así como las viviendas cuentan con malos olores y fauna nociva llevando esto a causar dentro de la población enfermedades de origen hídrico.

## **1.3 Objetivos**

Los objetivos de este proyecto son: el mejorar la imagen de la comunidad esto llevándolo a cabo con la eliminación de la fauna nociva y los malos olores que son producto de la ausencia de una red de alcantarillado, el ahorro de los costos de instalación y mantenimiento de los sistemas alternativos de evacuación siendo estos sistemas fosas sépticas o intentos de fosas sépticas que es muy costoso el mantenimiento de dichos sistemas y ahorrando en la construcción de más fosas sépticas, mayor consumo de agua potable debido a que como no cuenta con la correcta evacuación el agua potable que se utiliza esta no se aprovecha de una manera adecuada, ahorro de recursos al evitar enfermedades de origen hídrico dado a que los habitantes no se verán expuestos a tener contacto con excretas ni con fauna nociva y/o malos olores derivado del funcionamiento de los dispositivos con los que cuentan de manera individualizada para deshacerse de las aguas residuales y en el cuidado de los arrecifes de corales evitando la contaminación de los mantos acuíferos y gracias a ello no se tendrá más deterioro de los arrecifes de coral.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Sistemas de alcantarillado de aguas residuales**

En el desarrollo de las localidades urbanas, sus servicios en general se inician con un precario abastecimiento de agua potable y van satisfaciendo sus necesidades con base en obras escalonadas en bien de su economía. Como consecuencia se presenta el problema del desalojo de las aguas servidas o aguas residuales. Se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para conducir las aguas residuales que produce una población, incluyendo el comercio, los servicios y la industria, a su destino final.

Un sistema de alcantarillado sanitario está integrado por todos o algunos de los siguientes elementos: atarjeas, colectores, interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias. El destino final de las aguas servidas podrá ser, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reúso o la recarga de acuíferos, dependiendo del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio.

Los desechos líquidos de un núcleo urbano, están constituidos, fundamentalmente, por las aguas de abastecimiento después de haber pasado por las diversas actividades de una población. Estos desechos, se componen esencialmente de agua, más sólidos orgánicos e inorgánicos disueltos y en suspensión mismos que deben cumplir con la norma oficial mexicana NOM002-SEMARNAT vigente, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y del tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.

El encauzamiento de aguas residuales evidencia la importancia de aplicar lineamientos técnicos, que permitan elaborar proyectos de alcantarillado sanitario, eficientes, seguros, económicos y durables, considerando que deben ser autolimpiantes, autoventilantes e hidráulicamente herméticos a la exfiltración e infiltración.

Como en todo proyecto de ingeniería, para el sistema de alcantarillado sanitario, se deben plantear las alternativas necesarias, definiendo a nivel de esquema las obras principales que requieran cada una de ellas. Se deben considerar los aspectos constructivos y los costos de inversión para cada una de ellas con el propósito de seleccionar la alternativa que asegure el

funcionamiento y la durabilidad adecuada con el mínimo costo integral en el horizonte del proyecto.

El periodo de diseño para un sistema de alcantarillado sanitario debe definirse de acuerdo a los lineamientos establecidos para cada proyecto por las autoridades locales correspondientes.

En el dimensionamiento de los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado, se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas, existiendo congruencia entre los elementos que lo integran y entre las etapas que se propongan para este sistema, considerando en todo momento que la etapa construida pueda entrar en operación y la cobertura del sistema de distribución del agua potable.

El diseño hidráulico debe realizarse para la condición de proyecto, pero siempre considerando las diferentes etapas de construcción que se tengan definidas.

Los equipos electro-mecánicos en las estaciones de bombeo (cuando se requieran) y en la planta de tratamiento, deben obedecer a un diseño modular, que permita su construcción por etapas y puedan operar en las mejores condiciones de flexibilidad, de acuerdo con los gastos mínimos, medios y máximos determinados a través del período de diseño establecido para el proyecto.

En el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario se debe conocer la infraestructura existente en la localidad (agua potable, ductos de gas, teléfono, energía eléctrica, alcantarillado pluvial, etc.) para evitar que las tuberías diseñadas coincidan con estas instalaciones, y asegurar que, en los cruces con la red de agua potable, la tubería del alcantarillado siempre se localice por debajo de ésta.

Reconociendo la importancia del tratamiento de las aguas residuales para su reutilización es indispensable contar con sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario independientes que garanticen la operación adecuada de ambas redes y de las plantas de tratamiento.

## **2.2 Conceptos**

### **2.2.1 Aguas residuales domésticas**

Son aquellas provenientes de inodoros, regaderas, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes, (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.

## **2.2.2 Aguas residuales industriales**

Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes antes mencionados en las aguas domésticas, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre, solventes, grasas y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado.

## **2.2.3 Agua de lluvia**

Proviene de la precipitación y debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, y la atmósfera, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; algunos metales pesados y otros elementos químicos tóxicos.

## **2.2.4 Albañal interior**

Es la tubería que recoge las aguas residuales de una edificación y termina generalmente en un registro.

## **2.2.5 Descarga domiciliaria o albañal exterior**

Instalación que conecta el último registro de una edificación (albañal interior) a la atarjea o colector.

## **2.2.6 Alcantarillado sanitario**

Un sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir, conducir, ventilar y evacuar las aguas residuales de la población. De no existir estas redes de recolección de agua, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales.

## **2.2.7 Atarjea**

Es la tubería que recoge las aguas residuales de las descargas domiciliarias o albañal exterior para entregarlas al colector por medio de un pozo.

## **2.2.8 Brocal**

Es una estructura sobre la que se asienta una tapa, que permite el acceso y cierre de un pozo de visita en su parte superior o a nivel de piso, el cual se apoya por fuera de la boca de acceso del pozo de visita.

## **2.2.9 Cabeza de atarjea**

Extremo inicial de una atarjea.

## **2.2.10 Colector**

Es la tubería que recoge las aguas residuales de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento. No es conveniente conectar los albañales (tuberías de 15 y 20 cm de diámetro) directamente a un colector de diámetro mayor a 76 cm, debido a que un colector mayor a este diámetro generalmente va instalado profundo; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas madrinan a los colectores, en las que se conecten los albañales de esos diámetros, para luego conectarlas a un colector, mediante un pozo de visita.

## **2.2.11 Emisor**

Es el conducto que recibe las aguas de un colector o de un interceptor. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la caja de entrada de la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la caja de salida de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

## **2.2.12 Pozos de visita**

Son estructuras especiales colocadas sobre las tuberías, y que tienen un acceso en la superficie; su forma es troncocónica, construida generalmente con muros de tabique y concreto, cuya finalidad es ventilar la red y facilitar la limpieza. Se localizan en los cruceros de las calles, cambios de dirección, cambios de pendiente, y cambios de diámetro. Su separación máxima es la siguiente:

| Diámetro (cm) | Longitud (m) |
|---------------|--------------|
| De 20 a 61    | 125          |
| De 76 a 122   | 175          |
| > a 122       | 250          |

## **2.2.13 Pozos de caída**

Son estructuras semejantes a los pozos de visita, adaptadas para absorber un salto de la corriente y evitar la erosión de las tuberías, debido a la velocidad del agua. Evitan el exceso de excavación, reduciendo el costo de la obra por este concepto.

## **2.3 Tipos de redes de alcantarillado**

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos: convencionales o no convencionales. Los sistemas de alcantarillado sanitario han sido ampliamente utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, debido en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad poblacional y su estimación futura, mantenimiento inadecuado o nulo.

Los sistemas de alcantarillado no convencionales surgen como una respuesta de saneamiento básico de poblaciones de bajos recursos económicos, son sistemas poco flexibles, que requieren de mayor definición y control de los parámetros de diseño, en especial del caudal, mantenimiento intensivo y, en gran medida, de la cultura en la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que éstos pueden tener. Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limita a la evacuación de las aguas residuales.

Los sistemas convencionales de alcantarillado se clasifican de acuerdo a lo siguiente.

### **2.3.1 Alcantarillado separado**

Es aquel en el cual se independiza la evacuación de las aguas residuales y la lluvia.

- a) Alcantarillado sanitario: sistema diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales.

- b) Alcantarillado pluvial: sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación.

## **2.3.2 Alcantarillado combinado**

Conduce simultáneamente las aguas residuales, domésticas e industriales, y las aguas de lluvia.

## **2.3.3 Alcantarillado simplificado**

Un sistema de alcantarillado sanitario simplificado se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y aumentar distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.

## **2.3.4 Alcantarillado condominiales**

Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional.

## **2.3.5 Alcantarillado sin arrastre de sólidos**

Conocidos también como alcantarillados a presión, son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetro de energía uniforme y que, por tanto, pueden trabajar a presión en algunas secciones.

## 2.4 Componentes de un sistema de alcantarillado

Una red de alcantarillado sanitario se compone de varios elementos certificados, tales como tuberías, conexiones, anillos, y obras accesorias: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales. Por otra parte en los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas residuales.

La expectativa de vida útil de los elementos que conforman una red de alcantarillado sanitario debe ser de al menos 50 años.

Todos los elementos que conforman la red de alcantarillado sanitario y su instalación deben cumplir con la norma oficial mexicana NOM-001-CONAGUA-1995 (sistema de alcantarillado sanitario-especificaciones de hermeticidad).

Cuando alguno de los elementos que conforma la red de alcantarillado sanitario carezca de norma mexicana para regular su calidad se debe asegurar que éstos cumplan con las especificaciones internacionales o en su defecto con las del país de origen (artículo 53 de la ley federal sobre metrología y normalización).

## 2.5 Alternativas de materiales a utilizar

Hay una variedad de tuberías que se pueden utilizar en la colocación de una red de alcantarillado, la tubería de alcantarillado se compone de tuberías y conexiones acopladas mediante un sistema de unión hermético, el cual permite la conducción de las aguas residuales.

En la selección del material de la tubería de alcantarillado, intervienen diversas características tales como: resistencia mecánica, resistencia estructural del material, durabilidad, capacidad de conducción, características de los suelos y agua, economía, facilidad de manejo, colocación e instalación, flexibilidad en su diseño y facilidad de mantenimiento y reparación.

Las tuberías para alcantarillado sanitario se fabrican de diversos materiales, tales como:

- Acero
- Concreto simple (CS) y concreto reforzado (CR)
- Concreto reforzado con revestimiento interior (CRRI)
- Poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV)

- Policloruro de vinilo (PVC)
- Fibrocemento (FC)
- Polietileno de alta densidad (PEAD)

## 2.6 Tratamiento de las aguas negras (humedal)

Un humedal es una zona de tierras, generalmente planas, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente. Al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres.

El carácter distintivo de los humedales está en la escasa profundidad del nivel freático, con la consecuente alteración del régimen del suelo. La vegetación específicamente adaptada a estas condiciones se denomina hidrófita, cuando se ubica sobre zonas inundadas de agua; y freatofita cuando estas zonas se ubican sobre zonas de agua oculta (criptohumedales); en estos casos se reemplaza a las especies terrestres normales. Las peculiaridades del entorno hacen que la fauna presente sea por lo general endémica y netamente diferenciada de las zonas adyacentes; grandes familias de aves y reptiles están únicamente adaptadas a entornos de este tipo.

La función principal del humedal, aparte de ser un gran ecosistema y un importante hábitat para muchos seres vivos, es que actúan como filtradores naturales de agua, esto se debe a que sus plantas hidrófitas, gracias a sus tejidos, almacenan y liberan agua, y de esta forma comienzan con el proceso de filtración. Antiguamente los humedales eran drenados por ser considerados una simple inundación de los terrenos, pero hoy en día se sabe que los humedales representan un gran ecosistema y se los valora más.

Nótese que ciertos roles de las tierras húmedas poseen importancia institucional. Por ejemplo, los peces no reconocen las fronteras nacionales y son capaces de migrar largas distancias. Consecuentemente, la destrucción o degradación de las tierras húmedas en un país puede tener impactos directos sobre los recursos biológicos de otros.

A pesar de su importancia, las tierras húmedas en todo el mundo se encuentran amenazadas. Estos peligros provienen de la conversión intensiva a la agricultura o acuicultura, desarrollo industrial, cambios hidrológicos artificiales o degradación por medio de la explotación excesiva. Siendo este uno de los temas más importantes de cara a su futura conservación.

## CAPÍTULO 3. GENERALIDADES DE LA POBLACIÓN

### 3.1 Localización geográfica

Punta Allen es una pequeña comunidad ubicada en la rívera maya, hoy integrada a la población Javier Rojo Gómez, del estado de Quintana Roo, en el municipio de Tulum, el municipio anteriormente pertenecía al municipio de Solidaridad, a 180 kilómetros de Cancún. De acuerdo al último censo que con el que cuenta el INEGI en el 2010 el número de habitantes de la localidad es de 469.

Se ubica geográficamente en los paralelos  $19^{\circ} 47' 59.16''$  de latitud norte y  $87^{\circ} 28' 36.58''$  de latitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura aproximada de dos metros sobre el nivel del mar (msnm).

La comunidad se encuentra dentro de la reserva ecológica de Sian Ka'an (Figura 1) que cuenta con 650 000 hectáreas equivalentes a  $740 \text{ km}^2$  de la cual la comunidad de Punta Allen tiene aproximadamente  $30 \text{ km}^2$  junto con la bahía con la que equivale a  $197 \text{ km}^2$ .

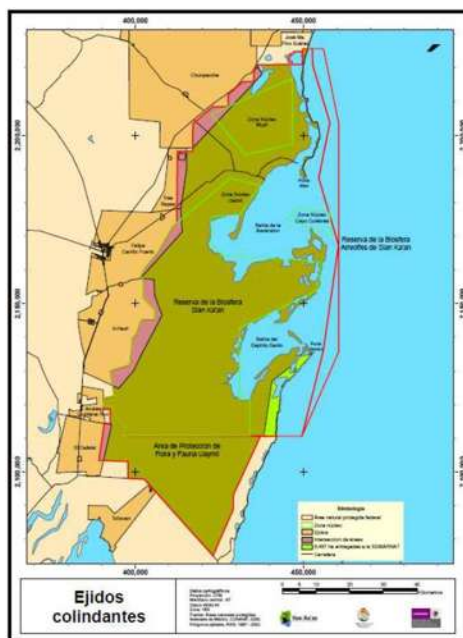


Figura 1. Croquis de localización de la comunidad de Punta Allen en la reserva natural de Sian Ka'an (Fuente: SEMARNAT)

La cual limita al norte de la boca de la Bahía de la Ascensión, al oeste limita con la laguna Molo, y al este está limitado con el mar caribe (Figura 2).

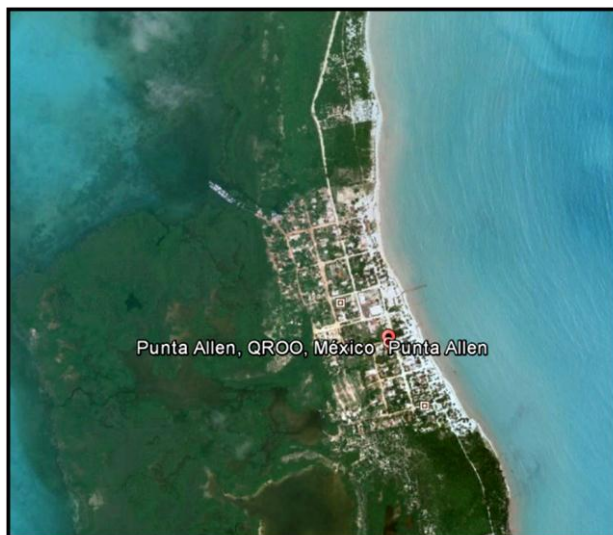


Figura 2. Mapa de localización de Punta Allen (fuente: google maps)

El acceso a Punta Allen es del centro de la cabecera municipal de Tulum, son 782 m pasando por varias calles de la cabecera municipal hasta llegar a la carretera federal 307 en dirección hacia México, en este punto se recorren 550 m de dicha carretera hasta encontrar con la carretera estatal 109 y después de aproximadamente 54 km habrá llegado al centro de Punta Allen (Figura 3).



Figura 3. Croquis de localización de la comunidad de Punta Allen (fuente: google maps)

Esta localidad se identifica con las siguientes claves de acuerdo al INEGI:

Clave estatal: 23 Quintana Roo

Clave municipal: 009 Tulum

Clave localidad: 0106 Javier Rojo Gómez (Punta Allen)

La comunidad más importante cercana a la localidad de Punta Allen es la cabecera municipal Tulum, en la Tabla 1 se muestran las coordenadas UTM del sitio, así también se indica la distancia aproximada entre la cabecera municipal a la localidad.

Tabla 1. Distancia de la cabecera municipal a Tulum

| Localidad | X (UTM) | Y (UTM)   | Distancia a Tulum |
|-----------|---------|-----------|-------------------|
| Tulum     | 548 597 | 2 234 965 | 55 km             |

Las coordenadas UTM del sitio ubicadas en la Carta Topográfica F16C88 en escala 1:50 000 de INEGI son en X = 548 597 y, Y = 2 234 965 se muestra la ubicación en la Figura 4.



Figura 4. Croquis de localización de la cabecera municipal Tulum (fuente: INEGI)

## 3.2 Aspectos físicos

### 3.2.1 Geología y edafología

En el municipio de Tulum existen afloramientos de roca sedimentaria (Figura 5). Las rocas más antiguas dentro del municipio de Tulum son las rocas sedimentarias (caliza 94.28%) y datan posiblemente del Neógeno (96.36%) y cuaternario (3.64%).

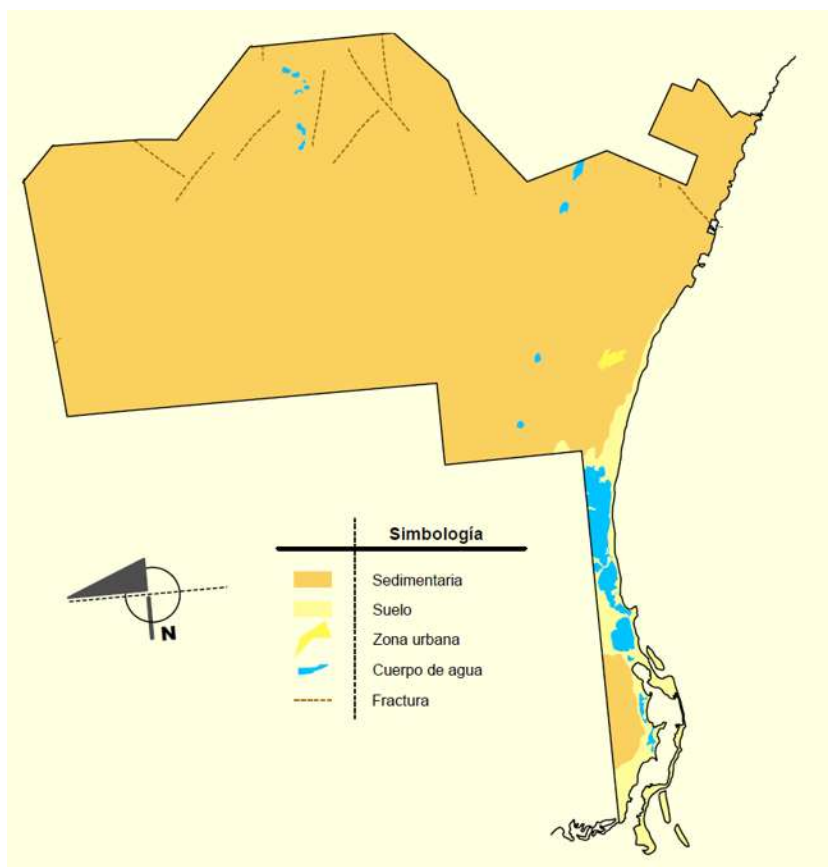


Figura 5. Geología del municipio de Tulum (fuente: INEGI)

El suelo que existe en el municipio de Tulum es lacustre (1.68%), litoral (1.54%), eólico (0.26%) y palustre (0.16%). El suelo dominante es leptosol (55.81%), phaeozem (37.73%), solonchak (1.39%), arenosol (1.29%), gleysol (1.26%) y histosol (0.44%), ver Figura 6.

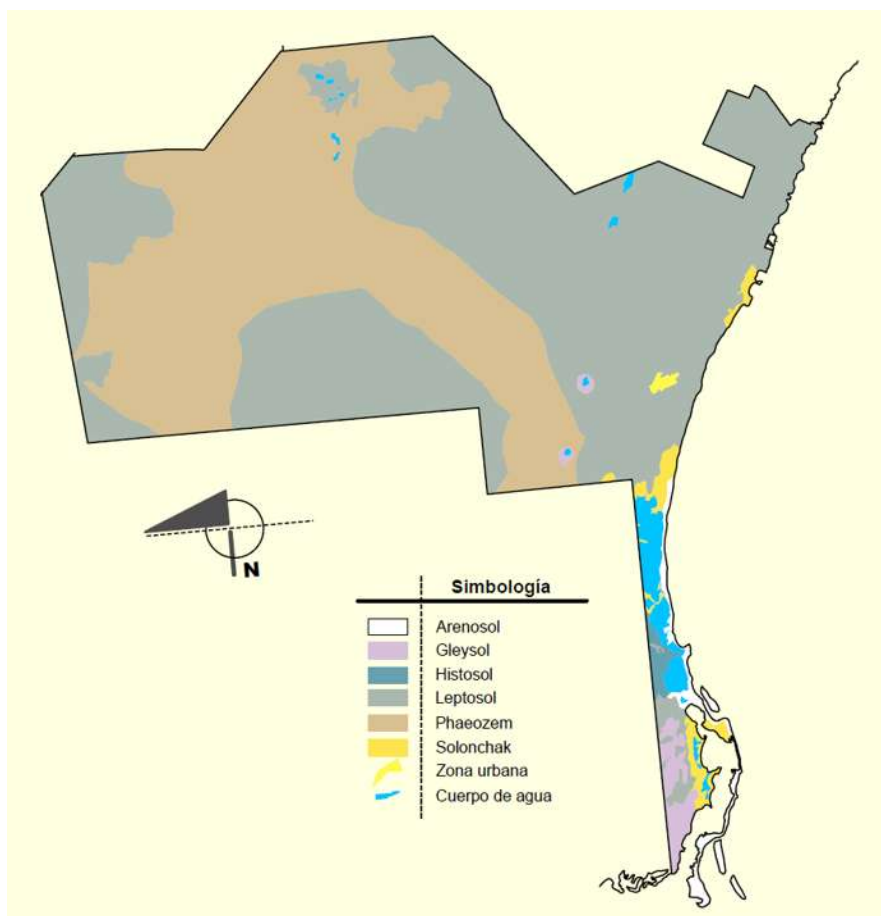


Figura 6. Suelos dominantes del municipio de Tulum (fuente: INEGI)

### 3.2.2 Fisiografía

En el municipio de Tulum se encuentra la península de Yucatán, en la subprovincia se encuentra el carso yucateco y costa baja de Quintana Roo. La configuración topográfica de la localidad que integra la zona de estudio tiene llanura rocosa de piso rocoso o cementado (49.59%), llanura rocosa de transición de piso rocoso o cementado (34.98%), llanura rocosa con hondonadas someras de piso rocoso o cementado (7.94%), playa o barra de piso rocoso o cementado (2.82%) y playa o barra inundable y salina (2.73%), ver Figura 7.

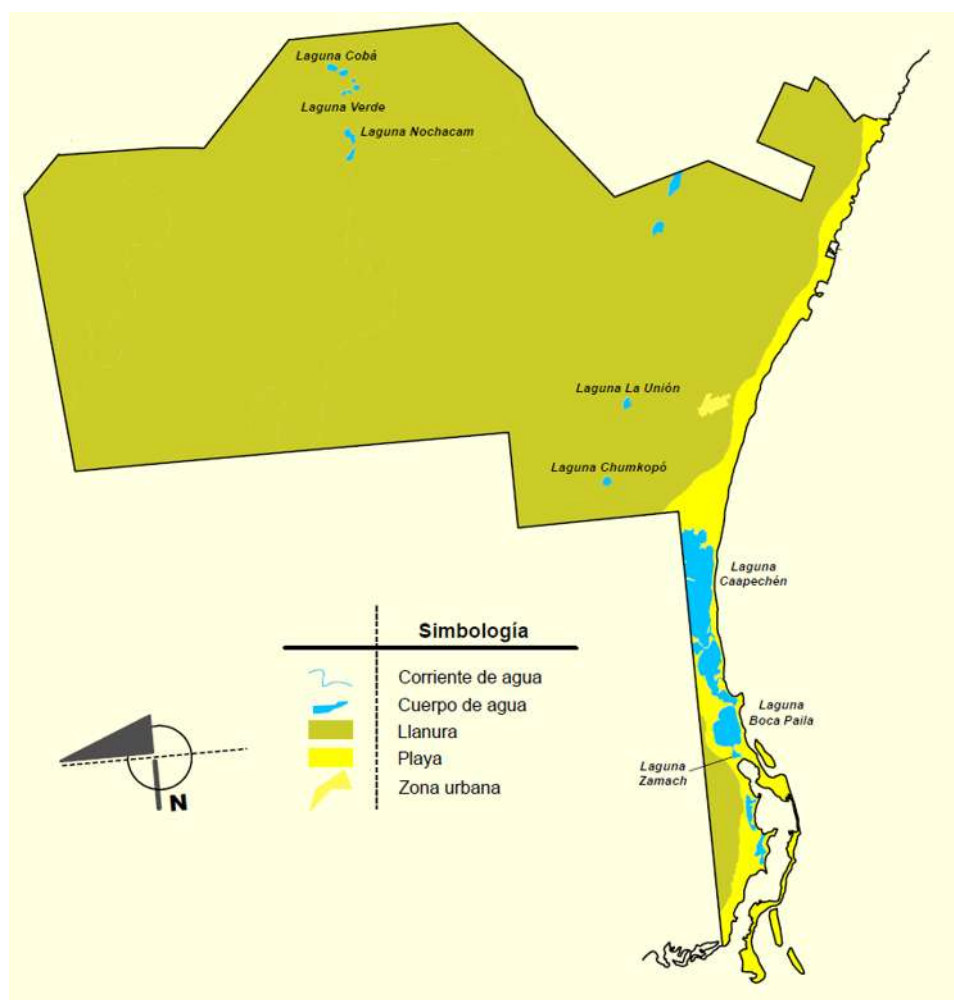


Figura 7. Fisiografía del municipio de Tulum (fuente: INEGI)

### 3.2.3 Usos del suelo

El municipio de Tulum tiene una extensión territorial de 2 090.43 km<sup>2</sup> (209 043 ha), de las cuales 2 602 ha son de uso agrícola. Representando así el uso de suelo que se tiene es pastizal (2.60%), agricultura (0.89%) y zona urbana (0.14%).

De acuerdo al INEGI, Figura 8, el uso potencial de tierra es la siguiente para el uso agrícola es no apta para la agricultura (88.52%), para la agricultura manual estacional (11.10%), y para la agricultura mecanizada continua (0.38%); y para el uso pecuario es no apta para uso pecuario

(96.16%), para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (3.46%), y para el establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola (0.38%).

Y la zona urbana está creciendo sobre rocas sedimentarias del Neógeno, en llanuras; sobre áreas donde originalmente había suelo denominado Leptosol; tiene clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, y está creciendo sobre terrenos previamente ocupados por selvas.

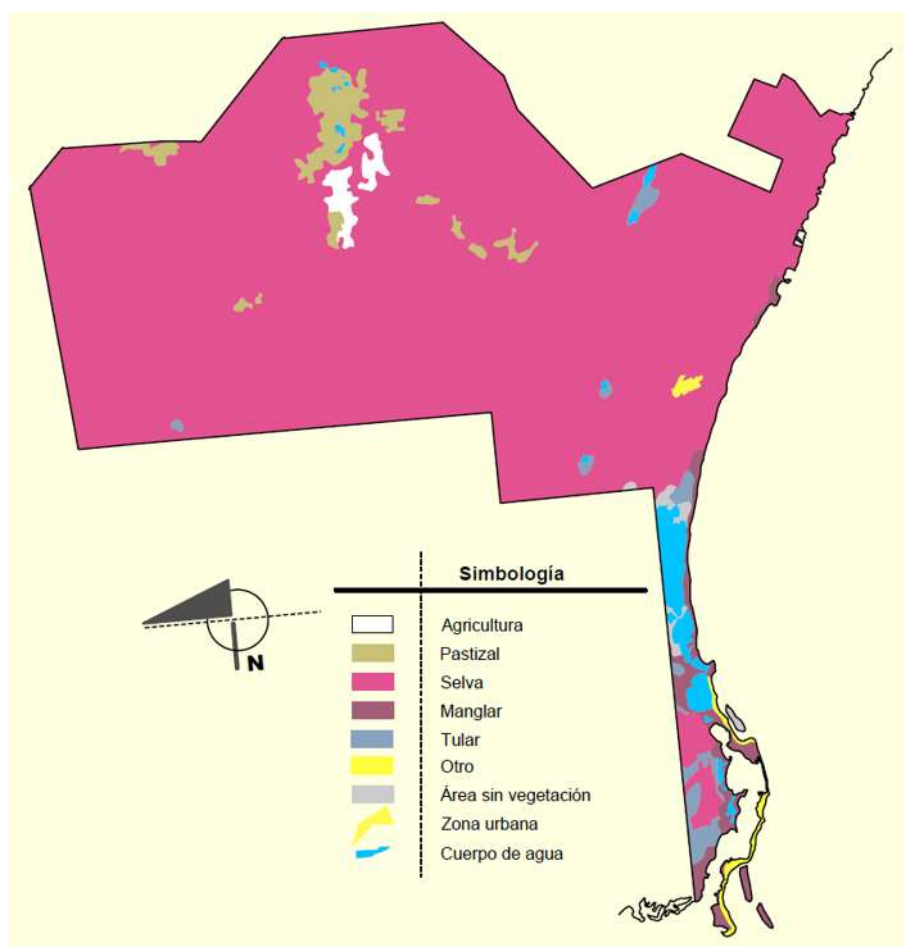


Figura 8. Uso del suelo del municipio de Tulum (fuente: INEGI)

### 3.3 Aspectos naturales

#### 3.3.1 Clima

En Quintana Roo predomina el clima tropical con lluvias en verano, excepto en el suroeste y el sureste, donde predomina una temperatura tropical con intensas lluvias periódicas en invierno seco en las comarcas del norte. En síntesis el clima mayoritario en las regiones centro y este, es el tropical, con lluvias en otoño. Al oeste también es tropical, pero con lluvias intensas en verano. Al norte, el clima es de sabana con lluvias periódicas e invierno seco. La temperatura media anual en el estado es de 26 °C. La época de secas comprende de febrero a mayo, y la de lluvias de mayo a octubre, aunque con frecuencia se prolonga hasta enero, en forma de chubascos procedentes del norte.

Para el caso del municipio de Tulum y en particular la localidad de Punta Allen, el cual se ubica al sureste del municipio; le corresponde la zona cálido subhúmedo con lluvias en verano de acuerdo a la clasificación de INEGI, de mayor humedad (Figura 9).

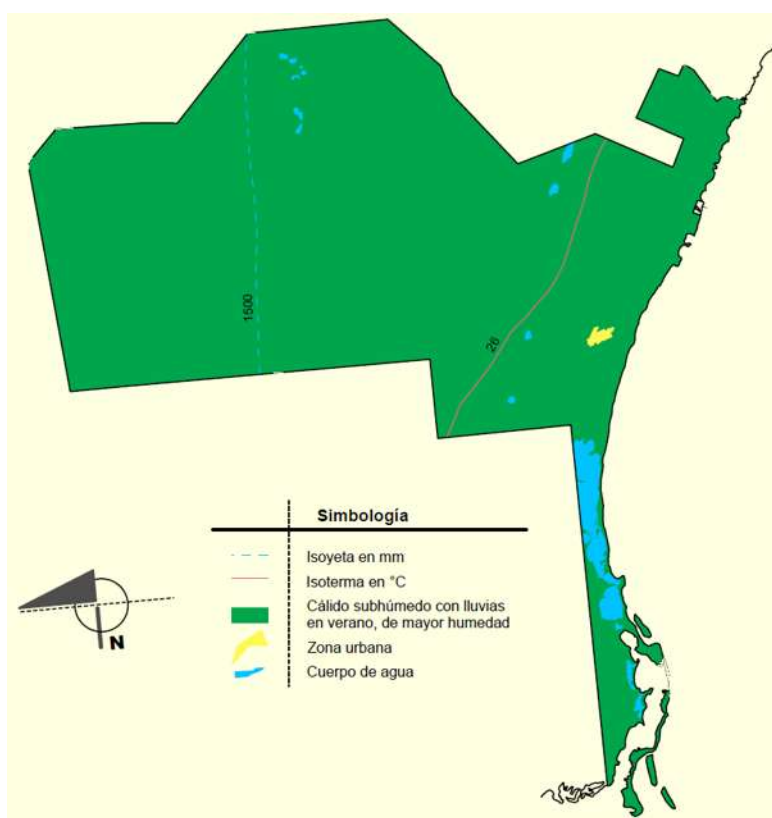


Figura 9. Clima del municipio de Tulum (fuente: INEGI)

A la localidad le corresponde el clima cálido subhúmedo, registrando una temperatura media anual de 25.26 °C y una precipitación de 1 135.2 milímetros al año.

El mes de agosto es el más caluroso del año con un promedio de 27.1 °C. El mes de enero es el más frío del año con un promedio de 22.6 °C. En nuestro caso tomaremos los valores de la estación climatológica más cercana que se encuentra a las afueras de la cabecera municipal de Tulum, dicha estación cuenta con la clave 23025 y con las siguientes coordenadas X = -87.458 y Y = 20.226 con una altitud de 25 msnm.

En la Tabla 2 podemos observar los valores de temperatura a lo largo de varios años obtenidos con la base de datos ERIC.

Tabla 2. Valores de temperatura promedio obtenidos con la base de datos ERIC

| Mes      | Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Años     | 32   | 29   | 28   | 27   | 30   | 30   | 34   | 31   | 31   | 35   | 34   | 34   |
| Promedio | 22.6 | 23.1 | 24.9 | 25.8 | 26.9 | 27.1 | 26.7 | 26.9 | 25.9 | 25.3 | 24.5 | 23.4 |
| Máxima   | 29.3 | 29.8 | 30.8 | 31   | 32.1 | 32   | 32.3 | 32.3 | 31.7 | 31.2 | 30.6 | 29.4 |
| Mínima   | 17.7 | 18.1 | 19.9 | 21   | 21.6 | 22.3 | 21.4 | 21.5 | 21.2 | 20.5 | 19.5 | 18.3 |

### 3.3.2 Precipitación

La precipitación pluvial media anual que se presenta en la localidad de Punta Allen es de 1 135.2 mm, la época más intensa de lluvias se presenta en septiembre; marzo y abril son los meses con la mínima incidencia, con el valor menor de 32.5 mm. La estación climatológica más cercana de acuerdo a la base de datos ERIC a la zona de estudio se localiza en la localidad de Tulum dicha estación cuenta con la clave 23025 y con las siguientes coordenadas X = -87.458 y Y = 20.226 con una altitud de 25 msnm.

En la Tabla 3 se encuentran los valores de precipitación obtenidos de la estación anteriormente mencionada de la base de datos de ERIC.

Tabla 3. Valores de precipitación promedio obtenidos con la base de datos ERIC

| Mes  | Ene     | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun   | Jul  | Ago   | Sep   | Oct   | Nov  | Dic  |
|------|---------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|
| Años | 32      | 29   | 28   | 27   | 30   | 30    | 34   | 31    | 31    | 35    | 33   | 34   |
| Prom | 61.3    | 46.6 | 32.5 | 40.5 | 92.2 | 158.4 | 93.2 | 100.9 | 166.1 | 187.8 | 86.3 | 69.4 |
| Suma | 1 135.2 |      |      |      |      |       |      |       |       |       |      |      |

En la Figura 10, se muestran las isoyetas de precipitación para un periodo de retorno de 25 años del estado de Quintana Roo.

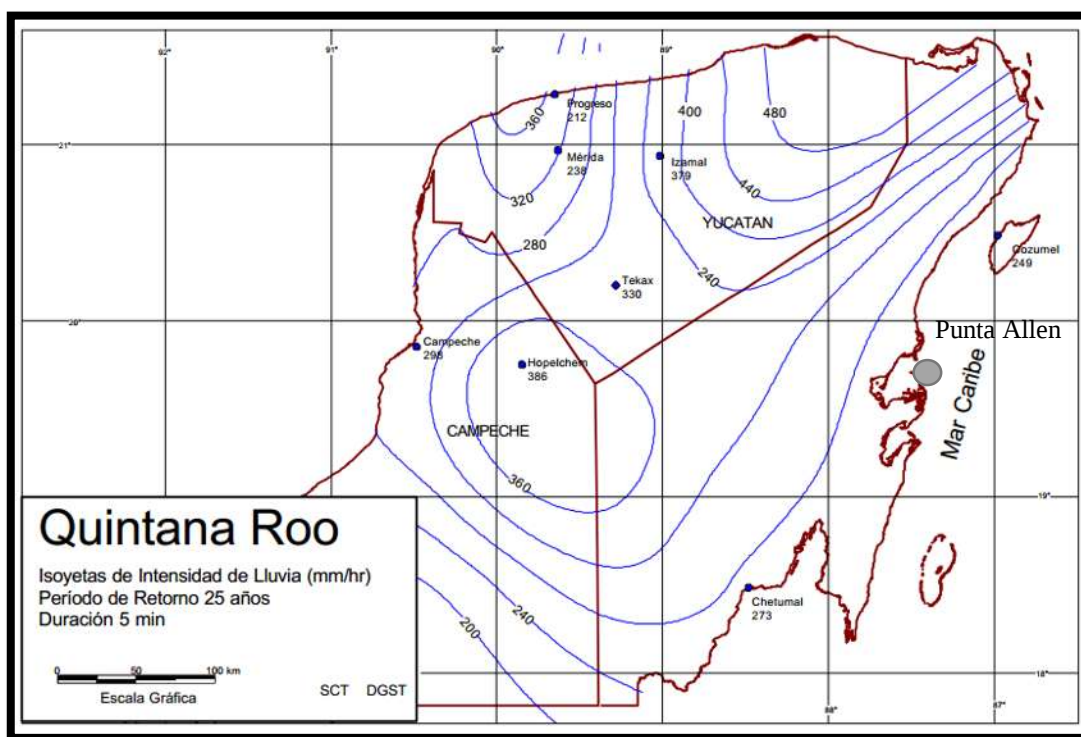


Figura 10. Isoyetas del estado de Quintana Roo (fuente: SCT)

### 3.3.3 Hidrología

La región hidrológica con la que cuenta el municipio de Tulum es la de Yucatán norte (Yucatán) y Yucatán este (Quintana Roo). Las cuencas con las que cuenta el municipio son la cuenca de Quintana Roo que es aproximadamente el 87.11% del agua con la que se abastece el municipio, cuencas cerradas que es el 9.71% y bahía de Chetumal y otras que son aproximadamente el 3.18%.

Las subcuencas con las que se cuenta son las de L. Chunyaxché y varias, y las bahías La Ascensión y Espíritu Santo. La corriente de agua se encuentra de forma perenne los cuerpos de agua que se encuentran de forma perene son la laguna Caapechén, la laguna Nochacam, la laguna La Unión, la laguna Chumkopó, la laguna Cobá, la laguna Zamach y la laguna Verde.

## 3.3.4 *Flora y fauna*

La flora y fauna de la comunidad de Punta Allen fue obtenida gracias al manual de “plantas costeras que conservan las playas y alimentan las aves” publicado por amigos de Sian Ka’an A.C., 2005, el cual nos indica que la comunidad de Punta Allen cuenta con 115 especies de aves y aparte de las 115 aves residentes llegan 226 aves migrantes a las playas de Punta Allen. En este manual al igual nos indica la flora que tiene: cuenta con 51 especies de plantas que ayudan a alimentar con sus diferentes frutos a las aves residentes como migrantes.

## 3.4 Aspectos generales de Punta Allen

### 3.4.1 *Censo actual*

De acuerdo a la información del censo de INEGI 2010, la población de la localidad asciende a 469 habitantes, en la Tabla 4 se muestra el crecimiento de la población del año 2000, 2005 y 2010.

Tabla 4. Evolución de la población (fuente: INEGI)

| Año  | Habitantes |
|------|------------|
| 2000 | 389        |
| 2005 | 277        |
| 2010 | 469        |

### 3.4.2 *Vivienda*

Las viviendas del lugar están construidas de diversos materiales, algunas casas son de block de concreto, lámina de cartón, de madera y palma (Figura 11 y Figura 12). Varios de los lotes del lugar están deshabitados.



Figura 11. Vivienda a base de madera, palma y block de concreto



Figura 12. Vivienda a base de block de concreto

Las viviendas son propias y en renta. Tienen piso de tierra, cemento y otros materiales. Los muros predominantes son tabique y madera, aunque también se encuentran otros materiales. Los techos de las viviendas son de lámina y losas de concreto.

El tipo de edificaciones es de una sola planta y la mayoría de las viviendas sólo cuentan con dos o tres cuartos, gran parte de las viviendas pueden clasificarse como seminuevas y en buen estado, una minoría son viejas y con diversos grados de deterioro.

En la Tabla 5 podemos observar los datos que tenemos de INEGI del tipo de viviendas y cuantas viviendas son en total.

Tabla 5. Tipo de viviendas (fuente: INEGI)

| Total de viviendas | Total de viviendas habitadas | Total de viviendas particulares | Total de viviendas particulares habitadas | Viviendas particulares deshabitadas | Viviendas particulares de uso temporal |
|--------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| 204                | 136                          | 196                             | 128                                       | 30                                  | 38                                     |

### 3.4.3 Electricidad

La comunidad de Punta Allen no cuenta con servicio de energía eléctrica por parte de la Comisión Federal de Electricidad, la comunidad cuenta con una planta de electricidad a base de diésel, que suministra energía a la comunidad dos veces al día en periodos de cuatro horas, una

vez por la mañana y otra por la tarde, la planta de electricidad es operada por el ayuntamiento de Punta Allen.

Los hoteles y algunos restaurantes cuentan con su propia planta de electricidad que utilizan para abastecerse durante el día y la noche, para poder atender de mejor manera a los turistas. En la Tabla 6 podemos observar el número de viviendas que cuentan con el servicio de energía eléctrica.

Tabla 6. Viviendas con electricidad (fuente: INEGI)

| Total de viviendas | Viviendas particulares que disponen con luz eléctrica | Viviendas particulares que no disponen con luz eléctrica |
|--------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 204                | 127                                                   | 77                                                       |

### 3.4.4 Agua potable y saneamiento

En la Tabla 7 se muestran las viviendas que cuentan con el servicio de agua potable y saneamiento.

Tabla 7. Agua potable y saneamiento (fuente: INEGI)

| Viviendas particulares habitadas que disponen de agua en el ámbito de la vivienda | Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua en el ámbito de la vivienda | Viviendas particulares que disponen de excusado o sanitario | Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje | Viviendas particulares que no disponen de drenaje |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 124                                                                               | 3                                                                                    | 122                                                         | 118                                                      | 9                                                 |

### 3.4.5 Servicios públicos

La comunidad de Punta Allen cuenta con una ruta de transporte público que pasa por la comunidad tres veces al día. La comunidad cuenta con acceso por medio carretera estatal 109, esta carretera lleva como nombre ramal a Punta Allen y conecta a la comunidad con la cabecera municipal de Tulum como se muestra en la Figura 13. La carretera estatal cuenta con un tramo de asfalto y otro tramo de terracería compactada.



Figura 13. Red carretera del estado de Quintana Roo (fuente: SCT)

Por otra parte la comunidad no cuenta con una red de alcantarillado, algunos de los habitantes de la comunidad cuentan con fosas sépticas donde no supera los dos metros y medio de profundidad debido a que a esa profundidad se encuentra el nivel freático, algunas de las fosas sépticas ya están colmatadas y otras no están construidas de manera adecuada.

Las vialidades de la comunidad son de terreno natural (arena de mar) y no cuentan con banquetas en las vialidades (Figura 14 y Figura 15).



Figura 14. Viabilidad en Punta Allen



Figura 15. Viabilidad en Punta Allen

En la Tabla 8 podemos observar los medios de comunicación con los que cuenta la comunidad.

Tabla 8. Medios de comunicación (fuente: INEGI)

| Viviendas particulares habitadas que disponen de computadora | Viviendas particulares habitadas que disponen de línea telefónica fija | Viviendas particulares habitadas que disponen de telefonía celular | Viviendas particulares habitadas que disponen de internet |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 21                                                           | 26                                                                     | 72                                                                 | 9                                                         |

### 3.5 Aspectos demográficos y económicos

#### 3.5.1 Demografía

De acuerdo a la última información recabada por el INEGI en 2010, la localidad tiene las siguientes características en su población (Tabla 9).

Tabla 9. Características de la población (fuente: INEGI)

| Viviendas habitadas | Población total | Hombres | Mujeres | Población económicamente activa | Población económicamente inactiva | Población de quince años y más |
|---------------------|-----------------|---------|---------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| 136                 | 469             | 243     | 226     | 185                             | 143                               | 316                            |

De la información anterior, se tiene un índice poblacional de 3.45 habitantes por vivienda. El 51.8% de población son hombres y el 48.2% son mujeres. El 56.4% de la población es económicamente activa, mientras que el 43.6% es económicamente inactiva.

### 3.5.2 Servicio de salud

La localidad cuenta con dos centros de salud: IMSS y una unidad de salud para enfermedades comunes o para brindar servicios de primeros auxilios (Tabla 10). El cual sólo proporciona el servicio cada tercer día alternándose estos dos centros. El servicio de 9:00 a.m. a 2:00 p.m., dicho servicio es insuficiente por presentarse cada tercer día. De solicitar sus servicios fuera de este horario los habitantes deben de asistir a la población más cercana.

Tabla 10. Población que es derechohabiente a servicios de salud en Punta Allen (fuente: INEGI)

| Población total | Población sin derechohabencia a servicios de salud | Población derechohabiente a servicios de salud | Población derechohabiente al IMSS | Población derechohabiente al Seguro Popular |
|-----------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| 469             | 166                                                | 279                                            | 157                               | 117                                         |

En cuanto a salud en la localidad de Punta Allen de la población estimada en el censo, el 35.39% no es derechohabiente a servicios de salud. El 64.61% si es derechohabiente a servicios de la salud. Porcentaje de población derechohabiente: el 57.3% acude al IMSS y el 42.7% al Seguro Popular. En la Tabla 11 se presentan las condiciones de discapacidad en la localidad.

Tabla 11. Población con condiciones de discapacidad en Punta Allen (fuente: INEGI)

| Población total | Población con discapacidad | Población con discapacidad motriz | Población con discapacidad auditiva | Población con discapacidad visual | Población con discapacidad mental |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 469             | 18                         | 12                                | 3                                   | 2                                 | 1                                 |

De las tablas anteriores se observa que la marginación del lugar es media, debido a la falta de servicios públicos, así también la capacidad económica de la población que habita se percibe que es baja, teniendo que el 35.39% de la población no tiene derecho a servicios de salud.

### 3.5.3 Población ocupada

La Tabla 12 muestra los datos referentes a este punto.

Tabla 12. Población de doce años y más según sector económico en Punta Allen (fuente: INEGI)

| Población de doce años y más | Población económicamente activa | Población ocupada | Población no económicamente activa |
|------------------------------|---------------------------------|-------------------|------------------------------------|
| 331                          | 185                             | 184               | 143                                |

### 3.5.4 Nivel de vida y comercio

El comercio local en la zona de estudio está constituido por el turismo y la pesca de langosta, el turismo es debido a que se encuentra en una reserva natural, las cooperativas turísticas de Punta Allen con el tiempo han logrado que los turistas se interesen por el servicio que presta la comunidad, las actividades que pueden realizar los turistas son el buceo o el nado con snorkel en toda la barrera coralina, visitas a los manglares y, avistamientos de tortugas y delfines.

Otra parte fundamental del comercio es la pesca de langosta esto ha sido uno de los pilares fundamentales de la comunidad de Punta Allen. Cuenta con cuatro cooperativas de pescadores, la pesca de langosta es la actividad más rentable en la comunidad ya que es un producto

exclusivo y los precios del mercado son altos durante los últimos años se ha ido dando un crecimiento considerable y constante en lo que se refiere a la cola de langosta, ya que es el producto con mayor demanda en el mercado, pero la pesca de langosta también tiene temporadas de veda.

Otros de los ingresos que tiene la comunidad son los Hoteles, la fábrica de hielo, cooperativas donde se ponen pequeños restaurantes, clubs deportivos de pesca y pequeñas tiendas donde se venden frutas, verduras y algunos productos de canasta básica.

### **3.5.5 Recreación, cultura y deporte**

La localidad cuenta con espacios para visitar tanto recreativa y culturalmente dado a que es una zona turística que se encuentra dentro de la reserva natural Sian Ka'an, cuenta con un campo deportivo y varias canchas de fútbol y básquetbol.

### **3.5.6 Educación**

En la Tabla 13 se muestra el grado de educación de la población en Punta Allen.

Tabla 13. Población de quince años y más con condición de alfabetismo (fuente: INEGI)

| Población total | Población de quince años y más | Población de quince años y más alfabetas | Población de quince años y más analfabeta |
|-----------------|--------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 469             | 316                            | 454                                      | 15                                        |

El 3% de la población censada en la localidad mayor de 15 años es analfabeta, el grado promedio de escolaridad es de 7.36 años.

### 3.5.7 Índice de marginación

En la Figura 16, se muestra el grado de marginación obtenido del Consejo Nacional de Población (CONAPO), en donde se puede observar que el municipio de Tulum tiene un grado de marginación bajo, y por lo tanto la comunidad de Punta Allen al igual tiene un grado de marginación bajo.

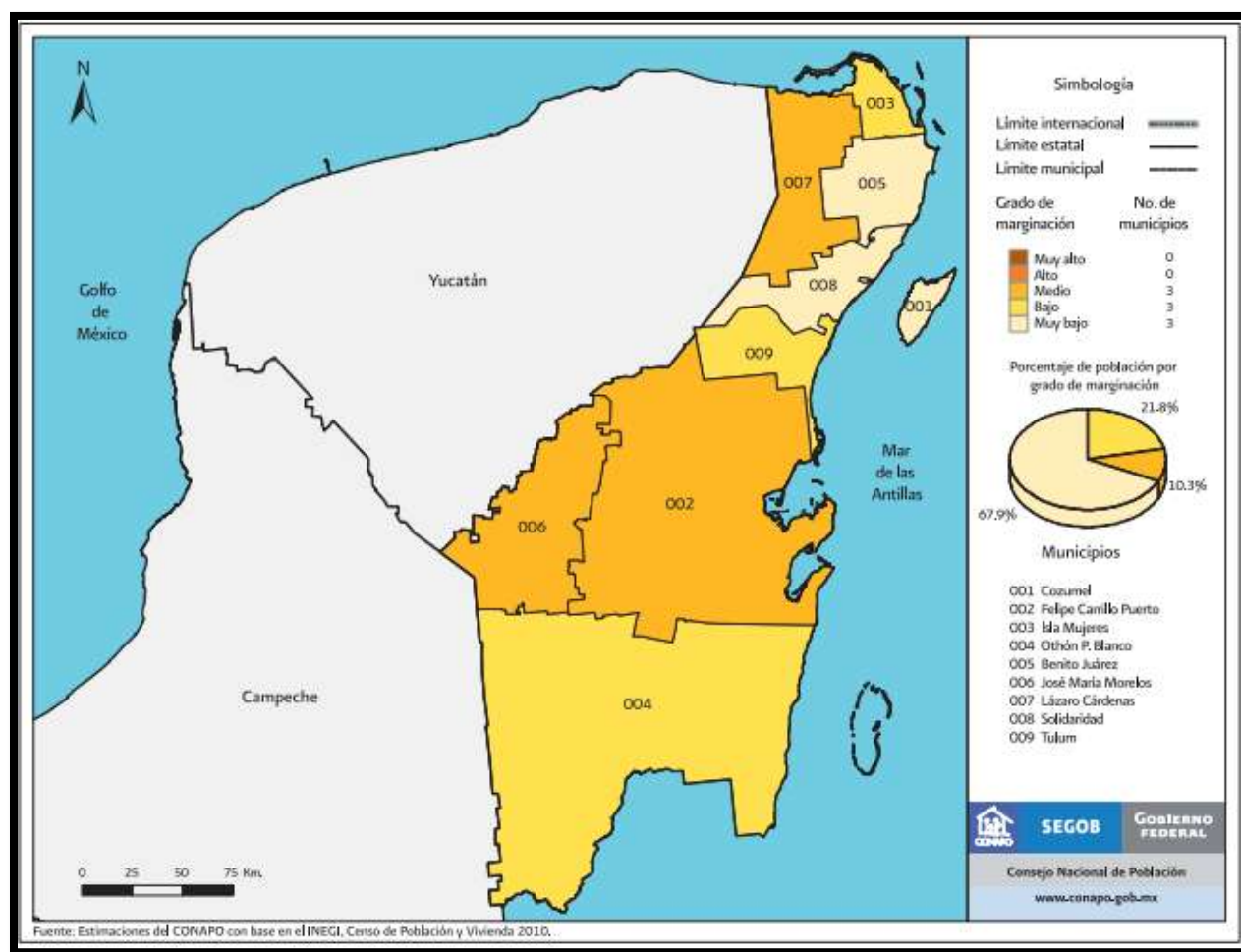


Figura 16. Mapa de marginación en Tulum (fuente: CONAPO)

## **CAPÍTULO 4. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO**

### **4.1 Población**

#### **4.1.1 Información básica**

Es necesario conocer el número de habitantes de Punta Allen para definir la cantidad de agua a tratar en el humedal. Es también importante estimar la producción futura, para definir las cantidades de agua que se va a tratar durante un periodo de diseño, lo cual nos lleva a realizar una proyección de la población, al igual que en cualquier obra de servicio público. La población de Punta Allen contaba con 469 habitantes en el año 2010 en el censo del INEGI.

#### **4.1.2 Cálculo de la población futura**

Los ingenieros y científicos se valen de proyecciones poblacionales para diseñar servicios comunitarios, regionales y nacionales. Los métodos para calcular la población futura dependen del alto grado de los registros del pasado y de la exactitud de las predicciones del crecimiento futuro de la actividad comercial e industrial de una región, la cual puede tener un efecto importante en la migración neta a la región. Muchos otros factores difíciles de evaluar pueden tener una importante influencia en el crecimiento de la población. Algunas de ellas son la actitud de las personas hacia el hecho de procrear hijos, las condiciones económicas, las guerras, los desastres naturales, los desarrollos tecnológicos y la actitud de los gobiernos.

Existen varios métodos de cálculo de extrapolación de los cuales se hará una comparación y se tendrá una mayor aproximación de la población futura; estos métodos se describen y aplican a continuación:

1. Método aritmético
2. Método geométrico
3. Método de mínimos cuadrados

Para aplicar los métodos de la población futura nos basaremos en los censos de población y vivienda que se muestran en la Tabla 4.

Antes de poder aplicar los métodos obtendremos el periodo económico de proyecto, como su nombre lo indica, supone un crecimiento potencial y ascendente aplicando a través de un porcentaje que se suma cada vez en los años futuros.

Este método se aplica con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{1}{t} \times \left( \frac{N_x}{N_o} - 1 \right) \quad (1)$$

Donde:

$t$  = tiempo entre censos

$N_x$  = última población tabulada

$N_o$  = primera población tabulada

$r$  = tasa de crecimiento anual

Sustituyendo los valores a la ecuación (1), se tiene:

$$r = \frac{1}{5} \times \left( \frac{469}{389} - 1 \right)$$

$$r = 0.2 \times 0.20565$$

$$r = 0.041$$

$$r = 4.11\%$$

Cuando la rapidez de crecimiento es menor que el 3% se estima un periodo de proyecto entre 4 y 10 años, mientras que para un crecimiento mayor se estima un periodo económico entre 10 y 15 años.

Para nuestro caso se pondrá un periodo económico de 15 años, la realización de este proyecto implica un cierto tiempo que no debe contarse en el periodo económico, así que se propondrá un año para el estudio, planeación y construcción del sistema de alcantarillado e instalación del humedal artificial, entonces quedara como sigue:

$$2014 + 1 + 15 = 2030$$

En la Tabla 14 podemos observar los periodos de diseño para los diferentes elementos para la planificación del desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado tomando en cuenta que el periodo de diseño será siempre menor al de la vida útil que se muestra en la Tabla 15 el

periodo de diseño es el periodo de tiempo que estará funcionando de manera correcta la obra sin que tenga alguna dificultad.

Tabla 14. Periodos de diseño (fuente: CONAGUA)

| Elemento                | Periodo de diseño (años) |
|-------------------------|--------------------------|
| Fuente                  |                          |
| Pozo                    | 5                        |
| Embalse (presa)         | hasta 50                 |
| Línea de conducción     | de 5 a 20                |
| Planta potabilizadora   | de 5 a 10                |
| Estación de bombeo      | de 5 a 10                |
| Tanque                  | de 5 a 20                |
| Distribución primaria   | de 5 a 20                |
| Distribución secundaria | a saturación             |
| Red de atarjeas         | a saturación             |
| Colector y emisor       | de 5 a 20                |
| Planta de tratamiento   | de 5 a 10                |

Tabla 15. Vida útil (fuente: CONAGUA)

| Elemento                       | Vida útil (años) |
|--------------------------------|------------------|
| Pozo                           |                  |
| Obra civil                     | de 10 a 30       |
| Equipo electromecánico         | de 8 a 20        |
| Línea de conducción            |                  |
| Planta potabilizadora          |                  |
| Obra civil                     | 40               |
| Equipo electromecánico         | de 15 a 20       |
| Estación de bombeo             |                  |
| Obra civil                     | 40               |
| Equipo electromecánico         | de 8 a 20        |
| Tanque                         |                  |
| Elevado                        | 20               |
| Superficial                    | 40               |
| Red de distribución primaria   | De 20 a 40       |
| Red de distribución secundaria | De 15 a 30       |
| Red de atarjeas                | De 15 a 30       |
| Colector y emisor              | De 20 a 40       |
| Planta de tratamiento          |                  |
| Obra civil                     | 40               |
| Equipo electromecánico         | de 15 a 20       |

Ahora bien ya obtenido el periodo de diseño del proyecto que será de 20 años, se procederá a calcular la población proyecto con los métodos antes mencionados.

### 4.1.3 Método aritmético

Este método consiste en determinar las diferencias absolutas entre otros censos, llamadas incrementos aritméticos, sumarlas y encontrar un promedio de ellas, que luego se aplican como crecimiento constante y uniforme sucesivamente a partir de la última población, matemáticamente se expresa como sigue:

$$i / \text{año} = \frac{\sum (P_n - P_{n-1})}{\sum (Y_n - Y_o)} \quad (2)$$

Donde:

$i / \text{año}$  = incremento promedio por año

$P_n$  = población en el año  $n$

$P_{n-1}$  = población en el año  $n - 1$

$Y_n$  = último año de censo

$Y_o$  = primer año de censo

Sustituyendo los datos en la ecuación (2) y utilizando la Tabla 4 se tiene el resultado mostrado en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultados obtenidos con el método aritmético

| Año  | Número de habitantes | Incremento | Número de años | Incremento por año |
|------|----------------------|------------|----------------|--------------------|
| 2000 | 389                  |            |                |                    |
| 2005 | 277                  | - 112      | 5              | - 11.2             |
| 2010 | 469                  | 192        | 5              | 19.2               |
|      |                      | 80         | 10             |                    |

De la Tabla 16 se observan tres periodos que son de 5 años, entonces el incremento promedio por año aplicando la expresión anterior tendremos:

$$i / \text{año} = \frac{80}{10} = 8$$

8 habitantes por año.

Para obtener la población proyecto se usa la siguiente formula:

$$P_n = P_{n-1} + [i / \text{año}(Y_n - Y_{n-1})] \quad (3)$$

Donde:

$i / \text{año}$  = incremento promedio por año

$P_n$  = población final

$P_{n-1}$  = población actual

$Y_n$  = año  $n$

$Y_{n-1}$  = año anterior

Sustituyendo los datos en la ecuación (3) se obtienen los siguientes resultados:

Para el año 2015

$$P_n = 469 + (8 \times 5) = 509 \text{ habitantes}$$

Para el año 2020

$$P_n = 469 + (8 \times 10) = 549 \text{ habitantes}$$

Para el año 2025

$$P_n = 469 + (8 \times 15) = 589 \text{ habitantes}$$

Para el año 2030

$$P_n = 469 + (8 \times 20) = 629 \text{ habitantes}$$

Para el año 2034

$$P_n = 469 + (8 \times 24) = 661 \text{ habitantes}$$

La población futura para el año de proyecto con este método es de 661 habitantes.

## 4.1.4 Método geométrico

### 4.1.4.1 Por porcentaje

Este procedimiento consiste en determinar el porcentaje anual de aumento por medio de los porcentajes de aumento en los años anteriores y aplicarlos en un futuro, Tabla 17.

Tabla 17. Método geométrico por porcentaje

| Año  | Número de habitantes | Incremento | Porcentaje de incremento | Número de años | Porcentaje anual |
|------|----------------------|------------|--------------------------|----------------|------------------|
| 2000 | 389                  |            |                          |                |                  |
| 2005 | 277                  | – 112      | – 28.79                  | 5              | 5.76             |
| 2010 | 469                  | 192        | 69.31                    | 5              | 13.86            |
|      |                      |            | 40.52                    | 10             |                  |

De la Tabla 17 se tiene:

$$i / \text{año} = \frac{40.52}{10} = 4.05\% / \text{año}$$

En un periodo de cinco años se tendrá un incremento de 20.26%.

Aplicando para los años siguientes se tiene:

Para el año 2015

$$P = 469 + \frac{(469 \cdot 20.26)}{100} = 564 \text{ habitantes}$$

Para el año 2020

$$P = 469 + \frac{(469 \cdot 40.52)}{100} = 659 \text{ habitantes}$$

Para el año 2025

$$P = 469 + \frac{(469 \cdot 60.78)}{100} = 754 \text{ habitantes}$$

Para el año 2030

$$P = 469 + \frac{(469 \cdot 81.04)}{100} = 849 \text{ habitantes}$$

Para el año 2034

$$P = 469 + \frac{(469 \cdot 97.248)}{100} = 925 \text{ habitantes}$$

La población futura para el año en proyecto con este método es de 925 habitantes.

#### 4.1.4.2 Por incremento medio total

Este procedimiento consiste en suponer que la población tendrá un incremento análogo al que sigue un capital primitivo, aumentando en sus intereses, en el que el rédito es el factor de crecimiento, Tabla 18.

Las siguientes fórmulas serán para obtener la población futura:

$$Pf = Pa(1+r)^n \quad (4)$$

$$\log(1+r) = \frac{\log(Pf) - \log(Pa)}{n} \quad (5)$$

Tabla 18. Método geométrico por incremento medio total

| Año  | Número de habitantes | $\log (Pa)$ | $\log (1 + r)$ |
|------|----------------------|-------------|----------------|
| 2000 | 389                  | 2.59        |                |
| 2005 | 277                  | 2.44        | – 0.030        |
| 2010 | 469                  | 2.67        | 0.046          |
|      |                      |             | 0.016          |

La columna  $\log (1 + r)$ , se obtiene restando el logaritmo del número habitantes sucesivo entre los  $n$  años que existen entre ellos.

De la ecuación (5) obtenemos la siguiente fórmula:

$$\log (Pf) = \log (Pa) + n \log (1 + r) \quad (6)$$

Donde  $\log (1 + r)$  se obtiene de la ecuación (4), obteniendo el siguiente resultado:

$$\log (1 + r) = \frac{0.016}{5} = 0.0031$$

Hacemos los cálculos para los años de proyecto, obteniéndose los siguientes resultados:

Para el año 2015

$$\log (Pf) = \log (469) + (5 \cdot 0.0031)$$

$$\log (Pf) = 2.6867$$

$$Pf = 10^{2.6867}$$

$$Pf = 486 \text{ habitantes}$$

Para el año 2020

$$\log (Pf) = \log (469) + (10 \cdot 0.0031)$$

$$\log (Pf) = 2.7022$$

$$Pf = 10^{2.7022}$$

$$Pf = 503 \text{ habitantes}$$

Para el año 2025

$$\log(P_f) = \log(469) + (15 \cdot 0.0031)$$

$$\log(P_f) = 2.7177$$

$$P_f = 10^{2.7177}$$

$$P_f = 522 \text{ habitantes}$$

Para el año 2030

$$\log(P_f) = \log(469) + (20 \cdot 0.0031)$$

$$\log(P_f) = 2.7332$$

$$P_f = 10^{2.7332}$$

$$P_f = 541 \text{ habitantes}$$

Para el año 2034

$$\log(P_f) = \log(469) + (24 \cdot 0.0031)$$

$$\log(P_f) = 2.7456$$

$$P_f = 10^{2.7456}$$

$$P_f = 557 \text{ habitantes}$$

La población futura con este método es de 557 habitantes.

#### 4.1.2 Método de mínimos cuadrados

##### 4.1.2.1 Ajuste a una recta

Este método se aplica cuando una serie de datos no se ajusta a una recta, por lo cual los datos de los censos se trata de puntos dispersos presentando una curva, la aplicación es ajustar los valores a una recta, Tabla 19, cuya ecuación es la siguiente:

$$y = a + b x \quad (7)$$

Cuyas ecuaciones simultáneas son:

$$\Sigma y = n a + b \Sigma x \quad (8)$$

$$\Sigma x y = \Sigma x a + b \Sigma x^2 \quad (9)$$

Tabla 19. Método de mínimos cuadrados: ajuste a una recta

|            | Año   | Número de habitantes | Operaciones |           |
|------------|-------|----------------------|-------------|-----------|
|            | $x$   | $y$                  | $x^2$       | $x y$     |
|            | 2000  | 389                  | 4 000 000   | 778 000   |
|            | 2005  | 277                  | 4 020 025   | 555 385   |
|            | 2010  | 469                  | 4 040 100   | 942 690   |
| $\Sigma =$ | 6 015 | 1 135                | 12 060 125  | 2 276 075 |

Sustituyendo en las ecuaciones simultáneas para despejar los valores de las constantes  $a$  y  $b$ , se obtiene lo siguiente:

$$1\,135 = 3a + 6\,015b$$

$$2\,276\,075 = 6\,015a + 12\,060\,125b$$

$$a = -15\,662$$

$$b = 8$$

Sustituyendo valores en la ecuación (7):

$$y = -15\,662 + 8x$$

Ahora haremos los cálculos para la población proyecto obteniendo los siguientes resultados:

Para el año 2015

$$y = -15\,662 + 8 \cdot 2015$$

$$y = 458 \text{ habitantes}$$

Para el año 2020

$$y = -15\,662 + 8 \cdot 2020$$

$$y = 498 \text{ habitantes}$$

Para el año 2025

$$y = -15\,662 + 8 \cdot 2025$$

$$y = 538 \text{ habitantes}$$

Para el año 2030

$$y = -15\,662 + 8 \cdot 2030$$

$$y = 578 \text{ habitantes}$$

Para el año 2034

$$y = -15\,662 + 8 \cdot 2034$$

$$y = 610 \text{ habitantes}$$

Con este método se obtuvo una población proyecto de 610 habitantes.

#### 4.1.3 Método de proyección estatal (CONAGUA)

Las ecuaciones que propone la CONAGUA son:

$$P_{i+1} = P_i (1 + Tc)^n \quad (10)$$

$$Tc = \left( \frac{P_{i+n}}{P_i} \right)^{1/n} - 1 \quad (11)$$

Donde:

$P_i$  = Población conocida al inicio del periodo

$P_{i+n}$  = Población de  $n$  años después

$Tc$  = Tasa de crecimiento (adimensional)

De la ecuación (11) obtenemos la tasa de crecimiento:

$$Tc = \left( \frac{25\,155}{20\,628} \right)^{1/16} - 1$$

$$Tc = 0.0124 \text{ (1.24\%)}$$

El cálculo de la población lo obtenemos con la ecuación (10):

$$P_{i+1} = 469 \times (1 + 0.0124)^{24}$$

$$P_{i+1} = 630 \text{ habitantes}$$

Con este método se obtuvo una población proyecto de 630 habitantes.

En la Tabla 20 se presenta un resumen de los métodos utilizados para obtener la población de proyecto.

Tabla 20. Población de proyecto

| Método                                   | Población de proyecto |
|------------------------------------------|-----------------------|
| Aritmético                               | 661                   |
| Geométrico por porcentajes               | 925                   |
| Geométrico por incremento medio total    | 557                   |
| Mínimos cuadrados con ajuste a una recta | 610                   |
| Proyección estatal (CONAGUA)             | 630                   |

De la Tabla 20 podemos observar los valores de población que nos da cada uno de los métodos, con estos valores obtenemos un promedio de los resultados, esto nos indica que la población promedio es de 677 habitantes.

## 4.2 Gastos de diseño

### 4.2.1 Dotación

El cálculo de la dotación de la comunidad de Punta Allen se obtendrá por medio de tablas que se encuentran ya establecidas en la CONAGUA, primero obtendremos el clima de Punta Allen con ayuda de la Tabla 21.

Tabla 21. Clasificación de climas por su temperatura

| Temperatura media anual (°C) | Tipo de clima |
|------------------------------|---------------|
| > a 22                       | Cálido        |
| de 18 a 22                   | Semicálido    |
| de 12 a 17.9                 | Templado      |
| de 5 a 11.9                  | Semifrío      |
| < a 5                        | Frío          |

Dado que tenemos una temperatura media en Punta Allen de 25.26 °C la Tabla 21 nos muestra que para una temperatura mayor a 22°C tenemos un clima cálido, ya obtenido este valor procedemos a la obtención de la dotación con ayuda de la Tabla 22.

Tabla 22. Dotación

| Clima      | Consumo por clase socioeconómica (l/hab/día) |       |         |
|------------|----------------------------------------------|-------|---------|
|            | Residencial                                  | Media | Popular |
| Cálido     | 400                                          | 230   | 185     |
| Semicálido | 300                                          | 205   | 130     |
| Templado   | 250                                          | 195   | 100     |

Teniendo un clima cálido en la comunidad de Punta Allen y siendo una zona popular la Tabla 22 nos muestra que la dotación para Punta Allen será de 185 l/hab/día.

### 4.2.2 Aportación

El valor de la aportación se calcula multiplicando la dotación por 0.75, con lo que se obtiene el volumen por habitante por día, que se vierte en la red de alcantarillado.

$$Ap = 0.75 D \quad (12)$$

Donde:

$Ap$  = Aportación

$D$  = Dotación

$$Ap = 0.75 \times 185 = 138.75 \text{ l/hab/día}$$

Tenemos una aportación de 138.75 l/hab/día en la comunidad de Punta Allen.

### 4.2.3 Gasto medio

Es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año de la comunidad de Punta Allen.

La Conagua considera que el alcantarillado debe construirse herméticamente, por lo que no se adicionará al caudal de aguas negras el volumen por infiltraciones.

En función de la población y de la aportación, el gasto medio de aguas negras en cada tramo de la red, se calcula con la Ecuación 13:

$$Q_m = \frac{A_p P}{86\,400} \quad (13)$$

Donde:

$Q_m$  = Gasto medio de aguas negras en l/s

$A_p$  = Aportación de aguas negras en l/hab/día

$P$  = Población en hab

86 400 = segundos/día

El gasto medio será de:

$$Q_m = \frac{138.75 \cdot 677}{86\,400} = 1.09 \text{ l/s}$$

El gasto medio en Punta Allen es de 1.09 l/s.

### 4.2.4 Gasto mínimo

El gasto mínimo en la localidad de Punta Allen, es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presenta en un conducto. Se acepta que este valor es igual a la mitad del gasto medio.

$$Q_{\min} = 0.5 Q_m \quad (14)$$

$$Q_{\text{mín}} = 0.5 \times 1.09 = 0.55 \text{ l/s}$$

El gasto mínimo de Punta Allen es de 0.55 l/s, pero por norma el gasto mínimo debe ser de al menos 1.5 l/s, tal y como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23. Gasto mínimo de aguas residuales

| Diámetro<br>(cm) | Excusado de 16 litros            |                                    | Excusado de 8 litros             |                                    |
|------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
|                  | Aportación por<br>descarga (l/s) | Gasto mínimo<br>aguas negras (l/s) | Aportación por<br>descarga (l/s) | Gasto mínimo<br>aguas negras (l/s) |
| 20               | 1.5                              | 1.5                                | 1                                | 1                                  |
| 25               | 1.5                              | 1.5                                | 1                                | 1                                  |
| 30               | 1.5                              | 3                                  | 1                                | 2                                  |
| 38               | 1.5                              | 3                                  | 1                                | 2                                  |
| 46               | 1.5                              | 4.5                                | 1                                | 3                                  |
| 61               | 1.5                              | 7.5                                | 1                                | 5                                  |
| 76               | 1.5                              | 12                                 | 1                                | 8                                  |
| 91               | 1.5                              | 18                                 | 1                                | 12                                 |

Es conveniente mencionar, que 1.5 l/s es el gasto que genera la descarga de un excusado con tanque de 16 litros (excusado tradicional). Sin embargo, actualmente existe una tendencia a la implantación de muebles de bajo consumo, que utilizan solamente 6 litros y que arrojan un gasto promedio de 1.0 l/s, por lo que se podrá utilizar este último valor en algunos tramos iniciales de la red, siempre y cuando se asegure que en dichos tramos existen este tipo de aparatos.

#### 4.2.5 Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo en la comunidad de Punta Allen, es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Para evaluar este gasto se consideran criterios ajenos a las condiciones socioeconómicas de cada lugar.

El gasto máximo instantáneo se obtiene a partir del coeficiente de Harmon ( $M$ ):

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (15)$$

Donde  $P$  es la población servida acumulada hasta el punto final (aguas abajo) del tramo de tubería considerada en miles de habitantes.

Este coeficiente de variación máxima instantánea, se aplica considerando que:

En tramos con una población acumulada menor a los 1 000 habitantes, el coeficiente  $M$  es constante e igual a 3.8.

Para una población acumulada mayor que 63 454, el coeficiente  $M$  se considera constante e igual a 2.17, es decir, se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes, no sigue la ley de variación establecida por Harmon. Lo anterior resulta de considerar al alcantarillado como un reflejo de la red de distribución de agua potable, ya que el coeficiente  $M$  se equipara con el coeficiente de variación del gasto máximo horario necesario en un sistema de agua potable, cuyo límite inferior es de  $1.40 \times 1.55 = 2.17$ .

Como en Punta Allen cuenta con una población menor a 1 000 habitantes, tomaremos un valor constante para la variable  $M$  de 3.8.

Así, la expresión para el cálculo del gasto máximo instantáneo es:

$$Q_{\text{máx } i} = M Q_m \quad (16)$$

Donde:

$Q_{\text{máx } i}$  = Gasto máximo instantáneo, en l/s

$M$  = Coeficiente de Harmon o de variación máxima instantánea

$Q_{\text{máx } i} = 3.8 \times 1.5 = 5.7 \text{ l/s}$

El gasto máximo instantáneo en la comunidad de Punta Allen es de 5.7 l/s.

### 4.2.6 Gasto máximo extraordinario

El gasto máximo extraordinario en Punta Allen, es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como por ejemplo bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado.

En función de este gasto se determina el diámetro adecuado de los conductos, ya que brinda un margen de seguridad para prever los excesos en las aportaciones que pueda recibir la red, bajo esas circunstancias.

En los casos en que se diseñe un sistema nuevo apegado a un plan de desarrollo urbano que impida un crecimiento desordenado y se prevea que no existan aportaciones pluviales de los predios vecinos, ya que estas serán manejadas por un sistema de drenaje pluvial por separado, el coeficiente de seguridad será 1.

En los casos en que se diseñe la ampliación de un sistema existente de tipo combinado, previendo las aportaciones extraordinarias de origen pluvial, se podrá usar un coeficiente de seguridad de 1.5.

La expresión para el cálculo del gasto máximo extraordinario resulta:

$$Q_{\text{máx } e} = C_s Q_{\text{máx } i} \quad (17)$$

Donde:

$Q_{\text{máx } e}$  = Gasto máximo extraordinario, en l/s

$C_s$  = Coeficiente de seguridad

Se considera un coeficiente de seguridad de 1.5 dado que el sistema de drenaje será únicamente de aguas negras y no contará con un sistema de drenaje pluvial.

$$Q_{\text{máx } e} = 1.5 \times 5.7 = 8.55 \text{ l/s}$$

El gasto máximo extraordinario en la comunidad de Punta Allen es de 8.55 l/s.

## 4.2.7 Velocidades máxima y mínima

Las velocidades permisibles del líquido en un conducto están gobernadas por las características del material del conducto y la magnitud de los fenómenos transitorios. Existen límites tanto inferiores como superiores. La velocidad mínima de escurrimiento se fija para evitar la precipitación de partículas que arrastra el agua. La velocidad máxima será aquella con la cual no deberá ocasionarse erosión en las paredes de las tuberías. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**<sup>4</sup> se presentan valores de estas velocidades para la tubería que utilizaremos para nuestro proyecto que será de polietileno de alta densidad.

Tabla 24. Velocidades máximas y mínimas permisibles en tuberías

| Material de la tubería                            | Velocidad (m/s) |        |
|---------------------------------------------------|-----------------|--------|
|                                                   | Máxima          | Mínima |
| Concreto simple hasta 45 cm de diámetro           | 3.0             | 0.3    |
| Concreto reforzado de 60 cm de diámetro o mayores | 3.5             | 0.3    |
| Concreto presforzado                              | 3.5             | 0.3    |
| Acero con revestimiento                           | 5.0             | 0.3    |
| Acero sin revestimiento                           | 5.0             | 0.3    |
| Acero galvanizado                                 | 5.0             | 0.3    |
| Asbesto cemento                                   | 5.0             | 0.3    |
| Fierro fundido                                    | 5.0             | 0.3    |
| Hierro dúctil                                     | 5.0             | 0.3    |
| Polietileno de alta densidad                      | 5.0             | 0.3    |
| Policloruro de vinilo                             | 5.0             | 0.3    |

Nota: las velocidades altas incrementan la magnitud de los fenómenos transitorios. La velocidad máxima en la tabla es considerando que se han resuelto los problemas asociados a fenómenos transitorios.

La velocidad para la tubería de polietileno de alta densidad según la Tabla 24, la máxima es de 5.0 m/s y la mínima es de 0.3 m/s.

### **4.2.8 Pendientes**

El objeto de limitar los valores de pendientes es evitar, hasta donde sea posible, el azolve y la construcción de estructuras de caída libre que además de encarecer notablemente las obras, propician la producción de sulfuro de hidrógeno, gas muy tóxico, que destruye el concreto de los conductos cuando son de este material y aumenta los malos olores de las aguas negras, propiciando la contaminación ambiental.

Las pendientes de las tuberías, deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta las restricciones de velocidad y la ubicación y topografía de los lotes a los que se les darán servicio.

En la Tabla 25 aparecen pendientes mínimas recomendadas para los diferentes tipos de tuberías. Estas pendientes podrán modificarse sólo en casos especiales previo análisis particular y justificación en cada caso.

Tabla 25. Pendientes mínimas

| COEFICIENTE DE FRICCIÓN = 0.013 |                     |                               | COEF. DE FRIC. = 0.014 |                               | COEF. DE FRIC. = 0.010 |                               | COEFICIENTE DE FRICCIÓN = 0.009 |                                |                               |                               |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| CS<br>Diámetro (cm)             | CR<br>Diámetro (cm) | Pendiente mín.<br>(milésimas) | AC<br>Diámetro (cm)    | Pendiente mín.<br>(milésimas) | FC<br>Diámetro (cm)    | Pendiente mín.<br>(milésimas) | PEAD<br>Diámetro (cm)           | PVC (métrico)<br>Diámetro (cm) | PVC (inglés)<br>Diámetro (cm) | Pendiente mín.<br>(milésimas) |
| 15                              |                     |                               | 17                     | 5.0                           | 15                     | 3.0                           | 15                              | 16.0                           | 15                            | 2.5                           |
| 20                              |                     | 4.0                           | 22                     | 4.0                           | 20                     | 2.0                           | 20                              | 20.0                           | 20                            | 2.0                           |
| 25                              |                     | 2.5                           | 27                     | 3.0                           | 25                     | 1.5                           | 25                              | 25.0                           | 25                            | 1.5                           |
| 30                              | 30                  | 2.0                           | 32                     | 2.5                           | 30                     | 1.5                           | 30                              | 31.5                           | 30                            | 1.0                           |
| 38                              | 38                  | 1.5                           | 36                     | 2.0                           | 35                     | 1.0                           | 35                              |                                | 37.5                          | 0.7                           |
|                                 |                     |                               | 41                     | 1.5                           | 40                     | 0.8                           | 40                              | 40.0                           |                               | 0.7                           |
| 45                              | 45                  | 1.2                           | 46                     | 1.3                           | 45                     | 0.7                           | 45                              |                                | 45                            | 0.6                           |
|                                 |                     |                               | 51                     | 1.1                           | 50                     | 0.6                           | 50                              | 50.0                           | 52.5                          | 0.5                           |
|                                 |                     |                               |                        |                               |                        |                               | 55                              |                                |                               | 0.5                           |
| 60                              | 60                  | 0.8                           | 61                     | 0.9                           | 60                     | 0.5                           | 60                              | 63.0                           | 60                            | 0.4                           |
|                                 |                     |                               |                        |                               |                        |                               | 65                              |                                |                               | 0.4                           |
|                                 |                     |                               |                        |                               |                        |                               | 70                              |                                |                               | 0.3                           |
| 76                              | 76                  | 0.6                           |                        |                               | 75                     | 0.4                           | 75                              |                                |                               | 0.3                           |
|                                 |                     |                               |                        |                               |                        |                               | 80                              |                                |                               | 0.3                           |
|                                 |                     |                               |                        |                               |                        |                               | 81                              |                                |                               | 0.3                           |
|                                 |                     |                               |                        |                               |                        |                               | 85                              |                                |                               | 0.3                           |
|                                 | 91                  | 0.5                           |                        |                               | 90                     | 0.3                           | 90                              |                                |                               | 0.3                           |
|                                 |                     |                               |                        |                               | 100                    | 0.3                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 | 107                 | 0.4                           |                        |                               | 110                    | 0.3                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 | 122                 | 0.3                           |                        |                               | 120                    | 0.2                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 |                     |                               |                        |                               | 130                    | 0.2                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 |                     |                               |                        |                               | 140                    | 0.2                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 | 152                 | 0.3                           |                        |                               | 150                    | 0.2                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 |                     |                               |                        |                               | 160                    | 0.2                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 |                     |                               |                        |                               | 170                    | 0.2                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 | 183                 | 0.2                           |                        |                               | 180                    | 0.2                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 |                     |                               |                        |                               | 190                    | 0.1                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 |                     |                               |                        |                               | 200                    | 0.1                           |                                 |                                |                               |                               |
|                                 | 213                 | 0.2                           |                        |                               |                        |                               |                                 |                                |                               |                               |
|                                 | 244                 | 0.2                           |                        |                               |                        |                               |                                 |                                |                               |                               |
|                                 | 305                 | 0.1                           |                        |                               |                        |                               |                                 |                                |                               |                               |

Donde:

CS = Concreto simple

CR = Concreto reforzado

AC = Acero

FC = Fibrocemento

PEAD = Polietileno de alta densidad

PVC = Policloruro de vinilo

## 4.3 Trazo de la red de alcantarillado

El trazo de la red de alcantarillado se obtuvo primeramente haciendo un levantamiento topográfico de la comunidad, pudiendo obtener las elevaciones de la comunidad, con lo que se procedió al trazado de la comunidad, la cual nos sirvió para poder hacer el trazo de la red de alcantarillado, el trazado de la red de alcantarillado fue mediante el programa SWMM el cual se obtuvo mediante las áreas tributarias que gracias a ello pudimos obtener las pendientes de la tubería y alturas de los pozos de visita.

### 4.3.1 Levantamiento topográfico











CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

5.1 Presupuesto de la red de alcantarillado

| CÓDIGO                         | CONCEPTO                                                                                                                                                                                                                                       | UNIDAD         | CANTIDAD | P.U. (\$) | IMPORTE (\$) | %        |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-----------|--------------|----------|
| <b>Preliminares</b>            |                                                                                                                                                                                                                                                |                |          |           |              |          |
| 1005 01                        | Limpieza, trazo y nivelación con equipo topográfico en terreno plano del área por construir, estableciendo ejes de referencia y bancos de nivel, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta. (mayor a 1 000 m <sup>2</sup> ).     | m <sup>2</sup> | 2 889.75 | 23.31     | 67 360.07    | 0.010356 |
| <b>Excavaciones y rellenos</b> |                                                                                                                                                                                                                                                |                |          |           |              |          |
| 1100 01                        | Excavación con equipo para zanjas en cualquier material excepto roca, con presencia de agua, en zona B de 0 a 4 m de profundidad, incluye: mano de obra, equipo y herramienta.                                                                 | m <sup>3</sup> | 5 616.53 | 190.53    | 1 070 117.27 | 0.164524 |
| 9000 02                        | Acarreo primer km de material producto de excavación en camión volteo dentro de la obra, al lugar indicado por el ingeniero responsable, descarga a volteo en camino lomerío suave, incluye: carga manual, mano de obra, equipo y herramienta. | m <sup>3</sup> | 1 717.57 | 81.77     | 140 445.7    | 0.021592 |
| 1131 02                        | Cama de arena para asentar tubería, incluye: materiales, acarreo, mano de obra, equipo y herramienta.                                                                                                                                          | m <sup>2</sup> | 2 889.75 | 92.37     | 266 926.21   | 4.10     |
|                                | Relleno en zanja con material de banco compactado con bailarina al 90% proctor adicionando agua, llenando todos los espacios libres abajo y adyacentes a la tubería (acostillado), en capas que no excedan de                                  |                |          |           |              |          |

## Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

|                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                |          |          |              |          |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|----------|--------------|----------|
| 1131 06                       | 15 cm de espesor. Incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | m <sup>3</sup> | 866.94   | 250.54   | 217 201.89   | 3.34     |
| 1131 03                       | Relleno en zanja con material producto de la excavación compactado con bailarina al 85% proctor adicionando agua, incluye: materiales, mano de obra, equipo y herramienta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | m <sup>3</sup> | 4 460.62 | 85.66    | 382 096.28   | 5.87     |
| <b>Instalación hidráulica</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                |          |          |              |          |
| 2050 04                       | Suministro e instalación de tubería corrugada de PEAD para alcantarillado sanitario RD-26 interior liso de 20 cm de diámetro, incluye: desperdicio de tubería, mano de obra y herramienta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | m              | 3 853.00 | 598.49   | 2 305 981.97 | 35.45    |
| 3060 02                       | Pozo de visita tipo común, hasta 1.25 m de profundidad, prefabricado de concreto f'c=150 kg/cm <sup>2</sup> con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia; plantilla de 5 cm de espesor a base de concreto pobre f'c=100 kg/cm <sup>2</sup> ; plantilla de 10 cm de espesor con material de banco compactada con bailarina al 95% proctor; escalones de fo.fo. Incluye: elaboración de medias cañas, excavaciones por medios mecánicos, maniobras de carga y descarga con grúa, materiales, maquinaria, mano de obra, equipo y herramientas. | Pieza          | 16.00    | 6 938.54 | 111 016.64   | 1.71     |
| 3060 03                       | Pozo de visita tipo común, hasta 1.5 m de profundidad, prefabricado de concreto f'c=150 kg/cm <sup>2</sup> con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia; plantilla de 5 cm de espesor a base de concreto pobre f'c=100 kg/cm <sup>2</sup> ; plantilla de 10 cm de espesor con material de banco compactada con bailarina al 95% proctor; escalones de fo.fo. Incluye: elaboración de medias cañas, excavaciones por medios mecánicos, maniobras de carga y descarga con grúa, materiales, maquinaria, mano de obra, equipo y herramientas.  | Pieza          | 2        | 8 162.65 | 16 325.3     | 0.002509 |

## Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |   |           |           |          |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|-----------|-----------|----------|
| 3060 04 | Pozo de visita tipo común, hasta 1.75 m de profundidad, prefabricado de concreto $f'c=150$ kg/cm <sup>2</sup> con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia; plantilla de 5 cm de espesor a base de concreto pobre $f'c=100$ kg/cm <sup>2</sup> ; plantilla de 10 cm de espesor con material de banco compactada con bailarina al 95% proctor; escalones de fo.fo. Incluye: elaboración de medias cañas, excavaciones por medios mecánicos, maniobras de carga y descarga con grúa, materiales, maquinaria, mano de obra, equipo y herramientas. | Pieza | 3 | 8 866.27  | 26 598.81 | 0.004089 |
| 3060 05 | Pozo de visita tipo común, hasta 2 m de profundidad, prefabricado de concreto $f'c=150$ kg/cm <sup>2</sup> con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia; plantilla de 5 cm de espesor a base de concreto pobre $f'c=100$ kg/cm <sup>2</sup> ; plantilla de 10 cm de espesor con material de banco compactada con bailarina al 95% proctor; escalones de fo.fo. Incluye: elaboración de medias cañas, excavaciones por medios mecánicos, maniobras de carga y descarga con grúa, materiales, maquinaria, mano de obra, equipo y herramientas.    | Pieza | 6 | 9 321.79  | 55 930.74 | 0.008599 |
| 3060 07 | Pozo de visita tipo común, hasta 2.5 m de profundidad, prefabricado de concreto $f'c=150$ kg/cm <sup>2</sup> con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia; plantilla de 5 cm de espesor a base de concreto pobre $f'c=100$ kg/cm <sup>2</sup> ; plantilla de 10 cm de espesor con material de banco compactada con bailarina al 95% proctor; escalones de fo.fo. Incluye: elaboración de medias cañas, excavaciones por medios mecánicos, maniobras de carga y descarga con grúa, materiales, maquinaria, mano de obra, equipo y herramientas.  | Pieza | 2 | 12 078.59 | 24 157.18 | 0.003714 |
| 3060 09 | Pozo de visita tipo común, hasta 3 m de profundidad,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Pieza | 5 | 13 870.58 | 69 352.9  | 0.010662 |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |    |           |            |          |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----------|------------|----------|
|         | prefabricado de concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia; plantilla de 5 cm de espesor a base de concreto pobre $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ ; plantilla de 10 cm de espesor con material de banco compactada con bailarina al 95% proctor; escalones de fo.fo. Incluye: elaboración de medias cañas, excavaciones por medios mecánicos, maniobras de carga y descarga con grúa, materiales, maquinaria, mano de obra, equipo y herramientas.                                                         |       |    |           |            |          |
| 3060 10 | Pozo de visita tipo común, hasta 3.25 m de profundidad, prefabricado de concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia; plantilla de 5 cm de espesor a base de concreto pobre $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ ; plantilla de 10 cm de espesor con material de banco compactada con bailarina al 95% proctor; escalones de fo.fo. Incluye: elaboración de medias cañas, excavaciones por medios mecánicos, maniobras de carga y descarga con grúa, materiales, maquinaria, mano de obra, equipo y herramientas. | Pieza | 1  | 16 029.21 | 16 029.21  | 0.002464 |
| 3060 13 | Pozo de visita tipo común, hasta 4 m de profundidad, prefabricado de concreto $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia; plantilla de 5 cm de espesor a base de concreto pobre $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ ; plantilla de 10 cm de espesor con material de banco compactada con bailarina al 95% proctor; escalones de fo.fo. Incluye: elaboración de medias cañas, excavaciones por medios mecánicos, maniobras de carga y descarga con grúa, materiales, maquinaria, mano de obra, equipo y herramientas.    | Pieza | 6  | 19 067.66 | 114 405.96 | 0.017589 |
| 3110 01 | Suministro y colocación de tapa con brocal para pozo de visita de polietileno de alta resistencia, incluye: materiales, mano de obra y herramienta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Pieza | 41 | 2 638.23  | 108 167.43 | 0.01663  |

## Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |   |          |           |          |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|----------|-----------|----------|
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |   |          |           |          |
| 3120 02 | Caja de caída adosada a pozo de visita de hasta 1 m de profundidad, incluye: plantilla de 10 cm de espesor a base de concreto $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ con armado varilla de $3/8"@15 \text{ cm}$ ambos sentidos, rellenos de tubería, concreto reforzado $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia, suministro e instalación de tubo de PEAD de 20 cm de diámetro, colocación y acarreo de los materiales, mano de obra y herramienta necesaria para su completa ejecución.                         | Caja | 2 | 2 649.26 | 5 298.52  | 0.000814 |
| 3120 03 | Caja de caída adosada a pozo de visita de hasta 1.5 m de profundidad, incluye: plantilla de 10 cm de espesor a base de concreto $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ con armado varilla de $3/8"@15 \text{ cm}$ ambos sentidos, rellenos de tubería, concreto reforzado $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia, suministro e instalación de PEAD de 20 cm de diámetro, colocación y acarreo de los materiales, mano de obra y herramienta necesaria para su completa ejecución.                               | Caja | 8 | 3 234.99 | 25 879.92 | 0.003978 |
| 3120 04 | Caja de caída adosada a pozo de visita de hasta 2 m de profundidad, incluye: plantilla de 10 cm de espesor a base de concreto $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ con armado varilla de $3/8"@15 \text{ cm}$ ambos sentidos, rellenos de tubería, concreto reforzado $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ con malla electro-soldada 6x6-10/10 de alta resistencia, suministro e instalación de tubo de polietileno de alta densidad de 20 cm de diámetro, colocación y acarreo de los materiales, mano de obra y herramienta necesaria para su completa ejecución. | Caja | 5 | 3 497.09 | 17 485.45 | 0.002688 |
|         | Desmontaje de tubería de pvc de 10 cm de diámetro, con recuperación hasta una altura de 7 m, incluye:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |   |          |           |          |

## Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

|                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |     |          |              |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----|----------|--------------|----------|
| RA-HA01 01                                                                                    | desconexión hidráulica, retiro de soportes, acarreo hasta el almacén, andamios, mano de obra, equipo y herramienta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | m     | 77  | 20.27    | 1 560.79     | 0.000239 |
| RA-HA01 02                                                                                    | Tubo de PVC hidráulico RD 26 de 10 cm de diámetro, incluye: materiales, acarreos, cortes, desperdicios, mano de obra, pruebas, equipo y herramienta.                                                                                                                                                                                                                                                                      | m     | 77  | 426.95   | 32 875.15    | 0.005054 |
| Obra civil                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |     |          |              |          |
| 6005 01                                                                                       | Registros de albañal de 0.4x0.6x0.8 m de profundidad, muros de block de concreto ligero de 20 cm, asentado con mezcla cemento arena 1:3, con aplanado pulido en el interior y tapa de 10 cm de espesor de concreto de f'c=150 kg/cm², con marco y contramarco comercial de fierro, piso de 10 cm de espesor de concreto de f'c=150 kg/cm², incluye: materiales, acarreos, excavación, mano de obra, equipo y herramienta. | Pieza | 204 | 2 204.55 | 449 728.2    | 0.069143 |
| RA-HA01 03                                                                                    | Suministro e instalación de albañal en cada domicilio con tubería de 20 cm de diámetro, incluye tubería, slant y codo de PEAD para alcantarillado sanitario para conexiones domiciliarias, materiales, mano de obra y herramienta.                                                                                                                                                                                        | Pieza | 204 | 4 800.71 | 979 344.84   | 0.150569 |
| TOTAL DEL PRESUPUESTO MOSTRADO SIN IVA:                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |     |          | 6 504 286.43 |          |
| IVA 16%:                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |     |          | 1 040 685.83 |          |
| TOTAL DEL PRESUPUESTO MOSTRADO:                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |     |          | 7 544 972.26 |          |
| (SIETE MILLONES QUINIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS SETENTA Y DOS PESOS 26/100 M.N.) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |       |     |          |              |          |

## **CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Con este trabajo se plantea la solución a la problemática de la comunidad de Punta Allen, esto beneficiará a los habitantes de la zona y al turismo que se presenta en la comunidad, esto se resolverá con la colocación de una red de alcantarillado y las aguas negras se tratarán por medio de un humedal.

Gracias a este proyecto la comunidad de Punta Allen resolverá el impacto ambiental, esto será muy favorable dado que gracias a que no habrá más contaminación en los mantos acuíferos y el ecosistema estará protegido y ya no habrá deterioro de los arrecifes de coral.

Así como los habitantes de la comunidad contarán con un mejor servicio y este mismo servicio lo podrán ofrecer a los turistas que visitan año tras año la comunidad de Punta Allen.

La red de alcantarillado que se propone es de polietileno de alta densidad, debido a que el nivel freático se encuentra a dos metros de profundidad, para poder evitar el deterioro de dicha tubería, así como pozos prefabricados de concreto, para evitar infiltraciones o algo aún peor que las aguas negras se filtren y sigan contaminando el manto acuífero.

Las recomendaciones que se plantean son las siguientes:

El diseño de la red se limita para el desalojo exclusivo de las aguas residuales domésticas y para algunos hospitales que se encuentran en la zona.

Dar un tratamiento preventivo y correctivo a la red de alcantarillado sanitario periódicamente para evitar daños en su funcionamiento.

En los tramos donde las velocidades son relativamente bajas, se recomienda realizar inspección y limpieza en periodos más cortos, para evitar la sedimentación y posterior obstrucción del sistema de alcantarillado.

## BIBLIOGRAFÍA

INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Geológica 1:250 000, serie I.

INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000 Serie II (Continuo Nacional). INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II. GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO. Periódico Oficial. 19-V-08. Tomo II.

INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica 1:1 000 000, serie I. INEGI-CONAGUA. 2007. Mapa de la Red Hidrográfica Digital de México escala 1:250 000. México. GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO. Periódico Oficial. 19-V-08. Tomo II.

INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. INEGI. Conjunto de Dato Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie III Escala 1:250 000. INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie II. GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO. Periódico Oficial. 19-V-08. Tomo II.

<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=230090106>.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/23/23009.pdf>.

[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2979\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2979_C.pdf).

[http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos-Viales-2013/23\\_QUINTANA\\_ROO.pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Datos-Viales-2013/23_QUINTANA_ROO.pdf).

<http://www.conagua.gob.mx/ConsultaIndicadores.aspx?n1=3&n2=69>.

<ftp://ftp.cna.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Datos%20B%E1sicos.pdf>.

<http://www.aecid.org.mx/CONVOCATORIAS/TdR%20Análisis%20Económico%20y%20Estudio%20de%20Evaluación%20Socioeconómica%20MEX001B.pdf>.