



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Criterios para una localización
sostenible de una planta de biodiésel
a partir de aceite vegetal de desecho
en un entorno urbano**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Eduardo Meza Medina

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Michiko Amemiya Ramírez



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

Agradecimientos

A la Universidad por todo lo que ha brindado a mi existencia y a mi ser, porque a ella debo la vida.

A mis padres María de la Cruz y Germán, pues gracias a todos sus esfuerzos y enseñanzas me he forjado como lo que soy ahora, porque se han desvivido por darme lo mejor.

A la Dra. Alejandra Castro, por haberme involucrado en este Proyecto SECITI/106/2016.

A la Dra. Michiko Amemiya, por su apoyo y supervisión.

Al departamento MISTI del MIT que apoyaron este proyecto con gran entusiasmo y que aportaron una experiencia inolvidable a mi memoria.

A Emile Hissung Schmidt por darme una perspectiva tan diferente y fabulosa de la vida.

A Yeix, Roberto y Juan, porque su amistad ha sido flor perene a través de los áridos años, porque me han mostrado el significado de la amistad, del apoyo, de la comprensión incondicional.

A Aban, Carlos, Rodrigo y Fernando, porque aún en los momentos más difíciles encontraban motivos para reír que lograban contagiarme de alegría. Por los Doctores.

A Orestes, por los lazos de liderazgo que hemos forjado. A Viviana y Ricardo, por los años que hemos pasado juntos.

A Yuri, porque hemos compartido desvelos en charlas poéticas.

A Celes, por tu paciencia y dedicación.

A Vero, por compartir la música.

A Giselle, por tu inigualable sentido del humor.

A la Prepa 2, por permitirme iniciar como universitario, pues ahí comenzó todo.

A todas las personas que han pasado por mi vida, que ya no se encuentran en ella, porque han dejado enseñanzas invaluables, y yo espero haber aportado algo a las suyas.

¡Gracias!

Índice

Agradecimientos	1
Índice	2
Objetivos.....	5
Introducción.....	5
Capítulo 1. Biocombustibles y biodiésel	6
1.1. Introducción	6
1.2. Panorama energético internacional	6
1.3. Panorama energético nacional.....	8
1.4. Energías renovables	8
1.5. Distribución de la energía por sectores	10
1.6. El Biodiésel	11
1.6.1. Composición	11
1.6.2. Principales procesos de producción de biodiésel.....	11
1.7. Producción del biodiésel a partir de aceite de desecho	13
1.8. Riegos asociados a la producción	13
1.9. Conclusiones	14
Capítulo 2. La Ciudad de México.....	15
2.1. Introducción.....	15
2.2. Composición de la población urbana en México	15
2.3. La Ciudad	15
2.3.1. Historia de la Ciudad de México	16
2.3.1.1. Periodo prehispánico	16
2.3.1.2. Periodo colonial	17
2.3.1.3. De la independencia a la revolución	17
2.3.1.4. La urbanización del siglo XX	17
2.3.1.4.2. Segunda etapa (1930-1950).....	18
2.3.1.4.3. Tercera etapa (1950-1980)	18
2.3.1.4.4. Cuarta etapa 1980-Actualidad, transición demográfica	19
2.3.2. La movilidad y el transporte en la Ciudad de México.....	20

2.3.3.	Principales problemas del transporte de la Ciudad de México	22
2.3.4.	Impacto del transporte público en las condiciones de sostenibilidad de la ciudad 22	
2.4.	Normatividad y Organismos Administrativos de la ciudad	23
2.4.1.	Planes de Desarrollo Urbano	24
2.4.2.	Protección civil	24
2.4.3.	Leyes ambientales	25
2.4.4.	Leyes de movilidad	25
2.5.	Conclusiones.....	26
Capítulo 3. Criterios de Localización y metodología		27
3.1.	Introducción.....	27
3.2.	Caso de estudio	27
3.3.	Criterios para la localización de planta	27
3.4.	Instalaciones para la producción de biodiésel y proceso productivo	28
3.5.	La Red de Transporte de Pasajeros (RTP)	29
3.6.	Matriz de Pugh	30
3.7.	Establecimiento de criterios a utilizar para la selección de encierro	31
3.8.	Conclusiones	33
Capítulo 4. Caso de aplicación		34
4.1.	Introducción	34
4.2.	Los Encierros	34
4.3.	Características físicas de los encierros	35
4.4.	Especificación de la asignación de puntaje	37
4.5.	Primera eliminación	38
4.6.	Protección civil.....	41
4.5.1.	Medición de la distancia a cada encierro	42
4.6.	Accesibilidad de transportes	44
4.7.	El problema del Módulo 3.....	46
4.8.	Segunda eliminación	47
4.9.	Densidad de restaurantes.....	48
4.9.1.	Densidad de restaurantes del Módulo 8.....	52

4.9.2.	Densidad de restaurantes del Módulo 12.....	53
4.9.3.	Densidad de restaurantes del Módulo 15.....	54
4.10.	Eficiencia de ruta.....	56
4.10.1.	Módulo 8.....	56
4.10.2.	Módulo 12.....	56
4.10.3.	Módulo 15.....	57
4.11.	Resumen de la información obtenida en los criterios del 4 al 7.....	58
4.12.	Conclusiones.....	58
Capítulo 5. Resumen de resultados.....		59
5.1.	Introducción.....	59
5.2.	Disponibilidad de espacio dentro del encierro.....	59
5.3.	Legislación y normas públicas vigentes.....	59
5.4.	Disponibilidad de servicios generales (agua, energía eléctrica, drenaje).....	60
5.5.	Acceso a instalaciones de protección civil.....	60
5.6.	Accesibilidad para transportes.....	60
5.7.	Densidad de restaurantes.....	61
5.8.	Eficiencia de rutas.....	61
5.9.	Otros factores.....	61
5.10.	Resultados finales vertidos en la matriz de Pugh.....	62
5.11.	Selección Final.....	63
Conclusiones.....		64
Bibliografía.....		65
Apéndice A.....		68

Objetivos

Con el presente trabajo se tiene como objetivo proponer criterios para la localización de una planta de biodiésel en un entorno urbano, que utilice como materia prima aceite vegetal de desecho proveniente de establecimientos de comida, considerando las condiciones de seguridad y sostenibilidad necesarias para que aporte un beneficio al desarrollo de la ciudad y genere bienestar minimizando efectos colaterales.

Introducción

El sistema energético actual se basa, en su mayor parte, en los combustibles fósiles, tanto en la generación, como en el consumo. En las ciudades, uno de los usos fundamentales es el consumo de energía para la movilidad. Al día de hoy, las reservas petroleras disminuyen y la contaminación es imperante, los efectos son especialmente notables, sobre todo, en nuestra ciudad, la Ciudad de México. Por tanto, es importante que se encuentren formas alternativas para satisfacer las necesidades energéticas, y a la vez, encontrar alternativas que sean más sostenibles.

Una de esas opciones son los biocombustibles, entre los cuáles se encuentra el biodiésel. El biodiésel se puede producir con aceite de desecho. De esta manera, el costo de producción se reduce sustancialmente, en comparación con el biodiesel producido a partir de aceites vegetales sin uso previo, donde lo más costoso es la materia prima. Adicionalmente, se le da un segundo uso a un residuo que puede producir un problema ambiental, en especial con las reservas hídricas.

Una de las principales razones que me impulsaron a llevar a cabo este proyecto fue la inquietud por la resolución de problemas reales, que influyan en la vida cotidiana y que permitan un desarrollo sostenible en la Ciudad, que sin duda es de las cosas que más hacen falta. Es, para mí, poder aportar algo a la sociedad como parte de la conclusión de un ciclo, como lo son los estudios de Ingeniería.

El presente trabajo se ha desarrollado bajo el marco del proyecto “Estudio, diseño e implementación de una planta piloto para producción de biodiésel a partir de aceites comestibles usados” que se realiza en conjunto con la Facultad de Ingeniería, CONACyT y el Gobierno de la Ciudad de México. Además también ha recibido un apoyo constante del departamento International Science and Technology Initiatives (MISTI) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) durante su realización.

Capítulo 1. Biocombustibles y biodiésel

1.1. Introducción

En este capítulo se abordará el panorama mundial y nacional de la bioenergía, centrándose en el biodiésel, del cual se describirán cuáles son los procesos que se utilizan para su producción, así como los riesgos y cuidados que se deben tener en la misma.

1.2. Panorama energético internacional

La disponibilidad y consumo de energía son indicadores del desarrollo de un país y calidad de vida de sus habitantes. Los países más desarrollados económica y tecnológicamente son los que tienen una mayor producción de energía per cápita y en consecuencia, son los que más contaminan si dicha energía es producida con recursos no renovables. Actualmente se requiere una transición a una forma de vida más sostenible en el ámbito alimentario y energético. La sostenibilidad energética es un concepto holístico que hace referencia a la generación de cadenas de suministro (producción, procesamiento, transporte y consumo) que logren un respeto a las capacidades de los ecosistemas, así como el poder garantizar un suministro alimenticio a futuras generaciones (FAO, 2008). La sostenibilidad energética es todo tipo de energía que permita satisfacer las necesidades presentes, es decir, que haya seguridad energética, que tenga un impacto benéfico en la sociedad, y que logre tener un impacto en la mitigación del deterioro ambiental (WEC, 2011).

Según el World Energy Balance 2014, el total de energía producida durante el año 2013 a nivel mundial fue de 13,611.81 millones de millones de toneladas equivalentes de petróleo y solamente el 13.7% de dicha producción fue con energías renovables. La oferta interna bruta fue de 13,550.52 debido a las pérdidas de producción y distribución (IEA, 2014).

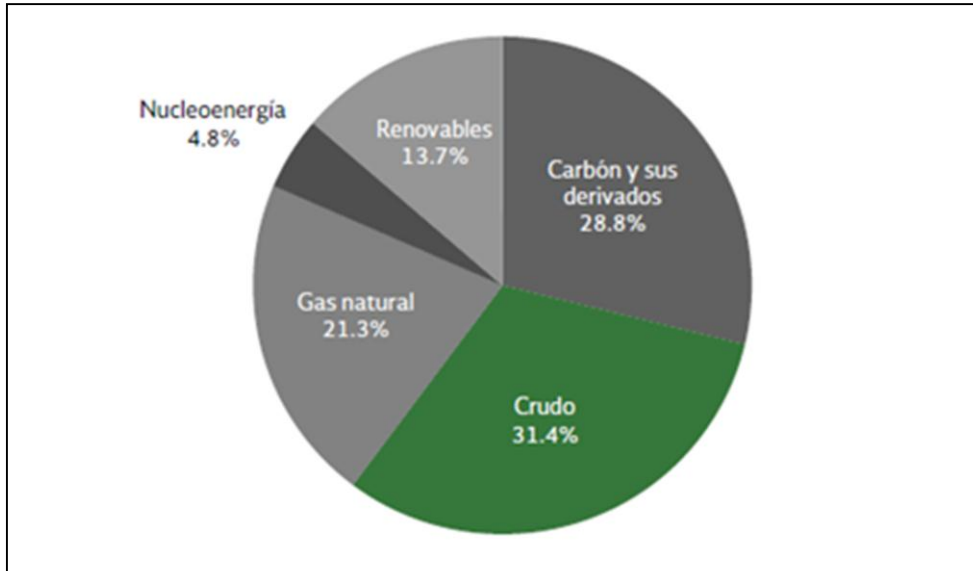


Figura 1.1 Producción de energía primaria durante el año 2013, total 13,611.81 MMtep (IEA, 2014).

El destino de la energía producida a nivel mundial en 2013 tiene la distribución mostrada en la Figura 1.2. Se puede observar que la energía producida tiene como destinos principales la industria, el transporte y el uso residencial. Lo anterior implica que, para lograr una transición energética, se deben desarrollar métodos que impacten el consumo de cada uno de los diversos sectores, que tienen diferentes necesidades y métodos de crecimiento.

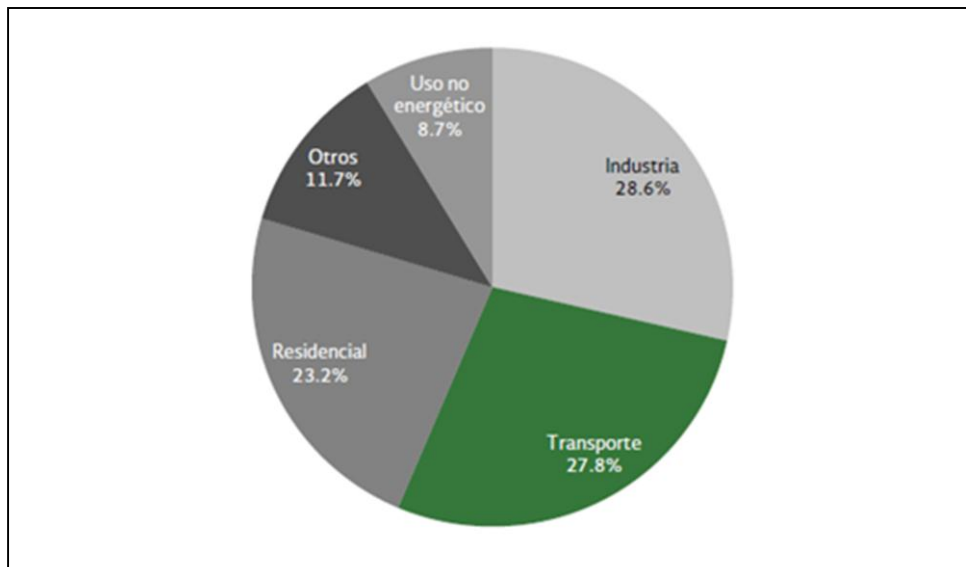


Figura 1.2 Consumo total mundial de energía por sector durante el año 2013, total 13,611.81 MMtep (IEA, 2014).

1.3. Panorama energético nacional

El panorama nacional no es muy diferente, si acaso un poco menos prometedor. De acuerdo con el Balance Nacional de Energía 2014, la producción nacional de energía durante el año 2014 fue de 8,826.15 PJ, un 2.1% menor que en 2013 con una reducción de la producción del petróleo, pero un aumento de la producción y consumo del gas natural (SENER, 2015).

1.4. Energías renovables

En los últimos años las energías renovables se han desarrollado ampliamente y se han reducido sus costos de producción e implementación, lo cual es un gran avance para que estas energías lleguen a todos. Sin embargo, todavía queda mucho camino por recorrer para lograr una transición a nivel mundial.

En lo que se refiere a la producción a través de energías renovables, ésta fue sólo el 7.6% de la producción del año 2014. La bioenergía, junto con el biogás, abarcó el mayor porcentaje, pues en el desglose, contribuyeron con el 4.1% de la energía. (SENER, 2015). En el balance Nacional, ni siquiera contempla la producción de energía a partir del biodiésel. Esto no significa que no haya producción en el país. Actualmente existen diversas iniciativas y proyectos. Sin embargo, no son lo suficientemente grandes o extendidas para tener un lugar en un análisis a gran escala.

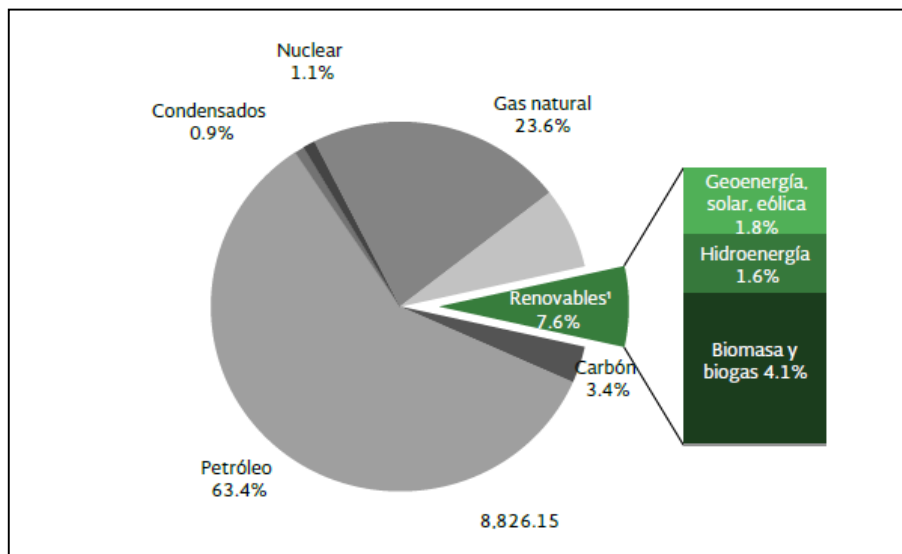


Figura 1.3 Estructura de la producción de energía primaria 2014, 8,826.15 PJ (SENER, 2015).

Las cifras de producción de biocombustible en México son someras si se les compara con países como los de la Unión Europea, Estados Unidos o Brasil, que tienen una producción más alta. En lo que se refiere al bioetanol, Estados Unidos y Brasil lideran la producción a nivel mundial; mientras que la Unión Europea lo hace en el campo de biodiésel, como se puede apreciar en las Figuras 1.4 y 1.5.

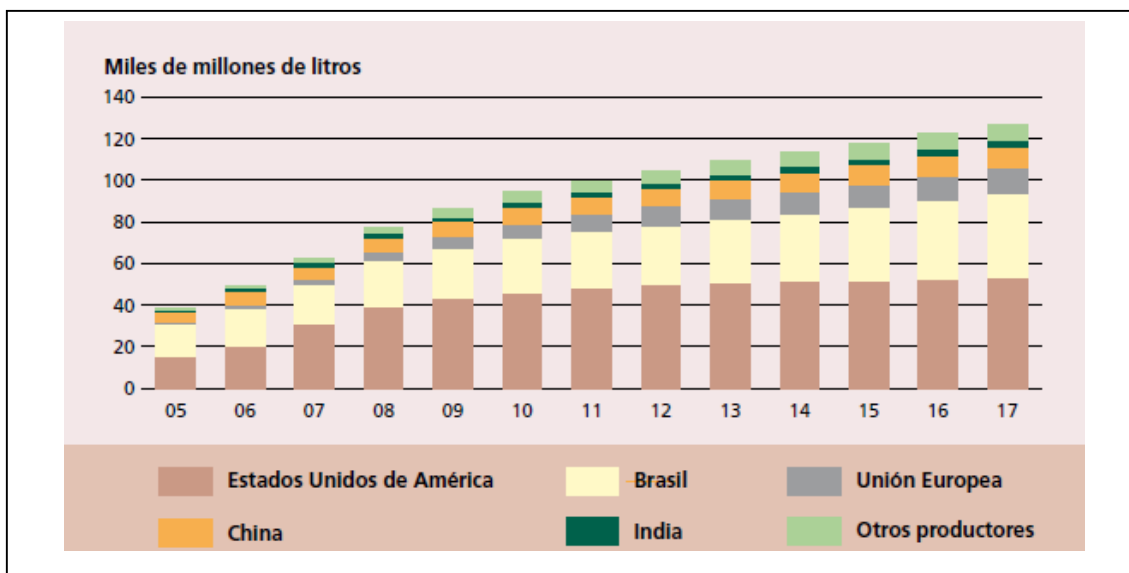


Figura 1.4 Principales productores de Etanol con proyecciones hasta el 2017 (OCDE-FAO, 2008).

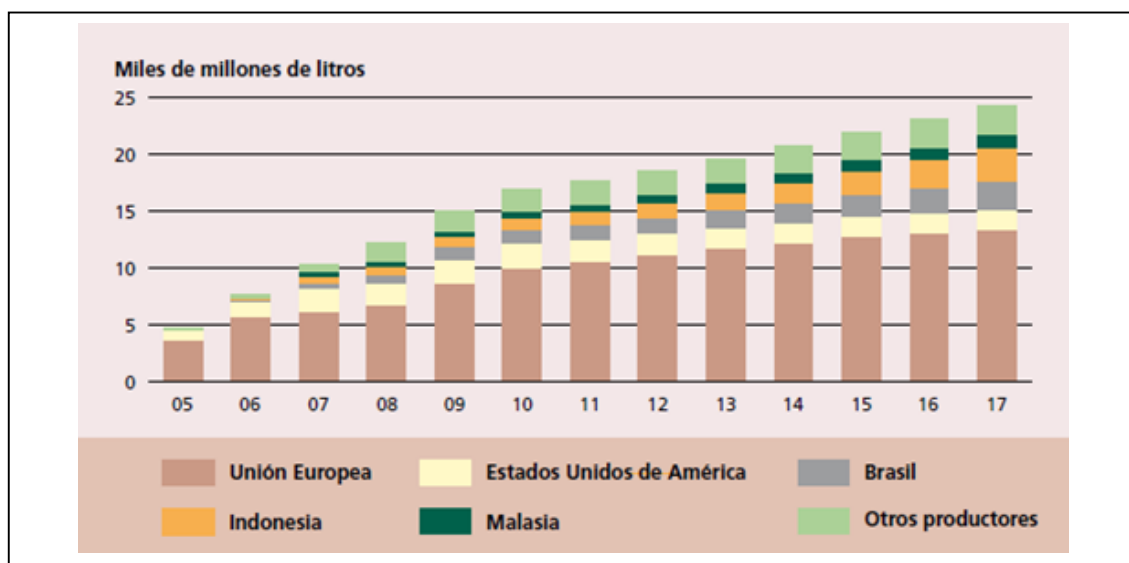


Figura 1.5 Principales productores de Biodiésel con proyecciones hasta el 2017 (OCDE-FAO, 2008).

En la Unión Europea se planea que para el 2020, en todos los países constituyentes, que al menos un 10 % de los combustibles del transporte sea de fuentes renovables como el biodiésel (European Commission, 2015).

1.5. Distribución de la energía por sectores

La oferta nacional de energía satisface las necesidades de diferentes sectores: agropecuario, industrial residencial, comercial, público, y de transporte. El consumo final nacional de la energía en 2014 registra que el 45.9% de la oferta interna bruta se utiliza en el transporte, como se puede apreciar en la Figura 1.6. Además, el 26.6% de la energía utilizada en el transporte es generada a partir de diésel (SENER, 2016).

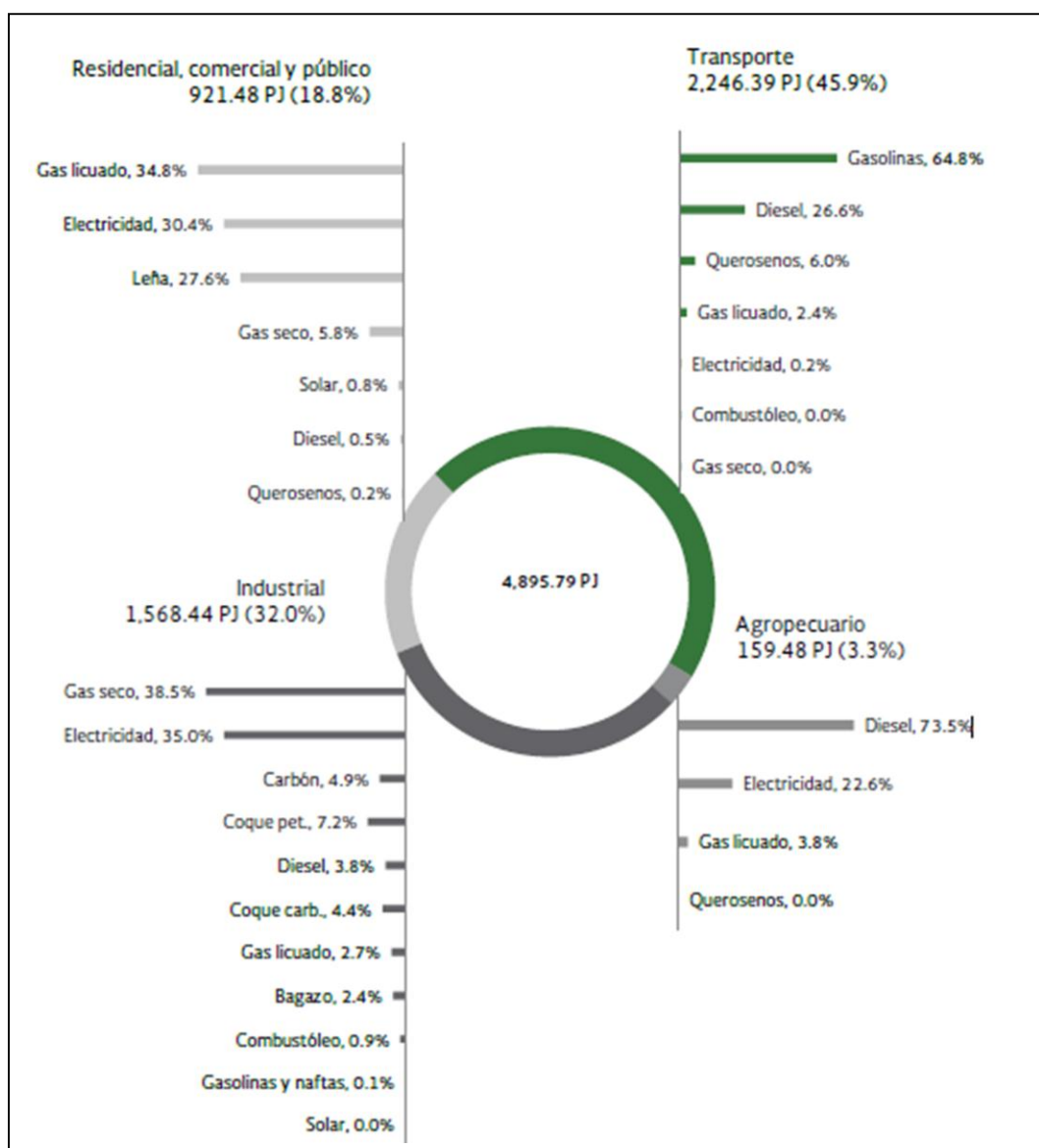


Figura 1.6 Consumo final por sector y energético, 4,895.79 PJ (SENER, 2016).

Esta es una gran área de oportunidad que no se está aprovechando, ya que el biodiésel podría, potencialmente, sustituir al diésel. Extender la producción y utilización de biodiesel no sólo contribuiría a disminuir el impacto ambiental que tiene el sector del transporte en el ambiente, sino que también extendería el uso de energías renovables y la diversificación energética del país. De esta manera, se tendrían efectos positivos en la economía y la seguridad energética.

1.6. El Biodiésel

1.6.1. Composición

El biodiésel son mezclas de monoalquilésteres de ácidos grasos obtenidos a partir de lípidos renovables, como aceites y grasas de origen vegetal o animal. Las materias primas para la producción de biodiésel son los aceites y grasas. Principalmente se utilizan aceites vegetales, ya que la disponibilidad y composición de los aceites derivados de animales es variable por tratarse de un subproducto de la industria cárnica. Los aceites vegetales se componen de 95 a 99% de triglicéridos en peso.

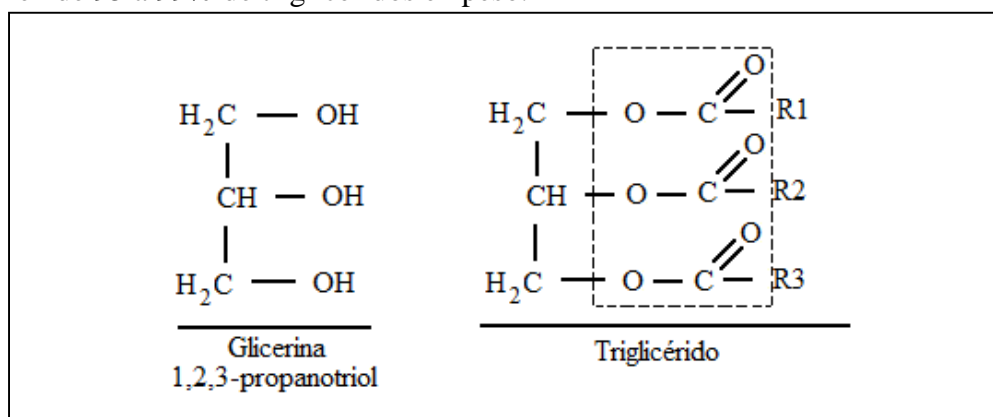


Figura 1.7 Estructura química de la glicerina y de un triglicérido (Benjumea, P., Agudelo, J., Ríos, A., 2010).

1.6.2. Principales procesos de producción de biodiésel

Los principales procesos de producción que existen son la esterificación y la transesterificación.

✓ Esterificación:

La reacción de esterificación se utiliza para obtener alquilésteres a partir de una materia prima que tiene un alto contenido de ácidos grasos libres. Es un proceso importante cuando se

utilizan aceites de desecho, pues el freír alimentos es un proceso físico-químico que contribuye a la formación de ácido grasos libres y mono y diglicéridos. Requiere de un monoalcohol y un catalizador ácido (H_2SO_4 o HCl) para llevarse a cabo.

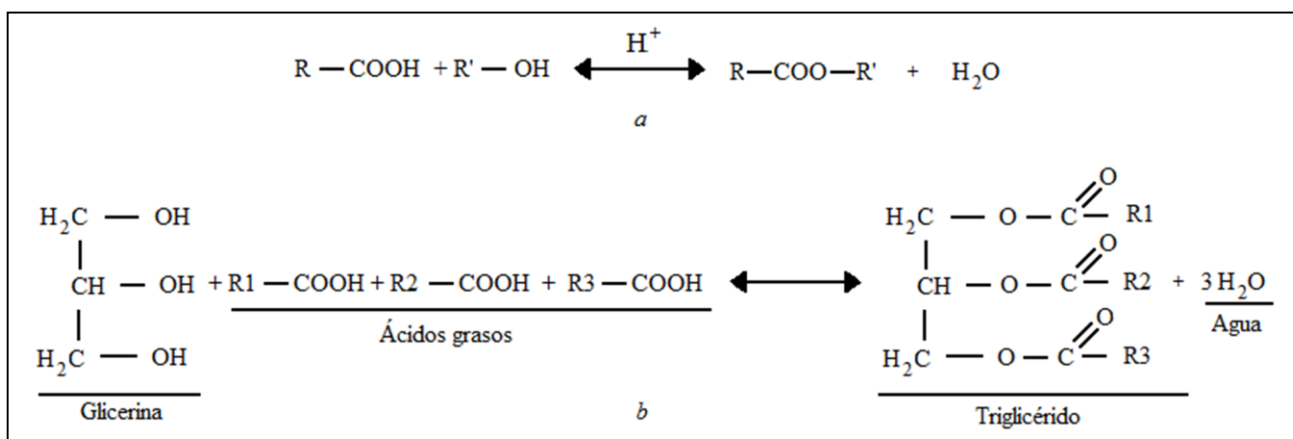


Figura 1.8 Esterificación de ácidos grasos. a. Esterificación de Fisher. b. reacción global (Benjumea, P., Agudelo, J., Ríos, A., 2010).

✓ Transesterificación:

La reacción de transesterificación es un intercambio de un éster por otro. El éster original, normalmente es un triglicérido, el cual, al mezclarse con un alcohol genera como productos alquiésteres y glicerol. Es una reacción que se lleva a cabo por etapas, degradando el triglicérido en diglicérido y luego en monoglicérido. Dado que es una reacción reversible, es importante que haya un exceso de alcohol en la reacción para que el equilibrio de ésta se desplace hacia la formación de metilésteres. Al igual que en la esterificación, se utiliza un catalizador para que la velocidad de la reacción aumente o se tenga un mayor rendimiento. En este caso se pueden utilizar ácidos, bases o enzimas.

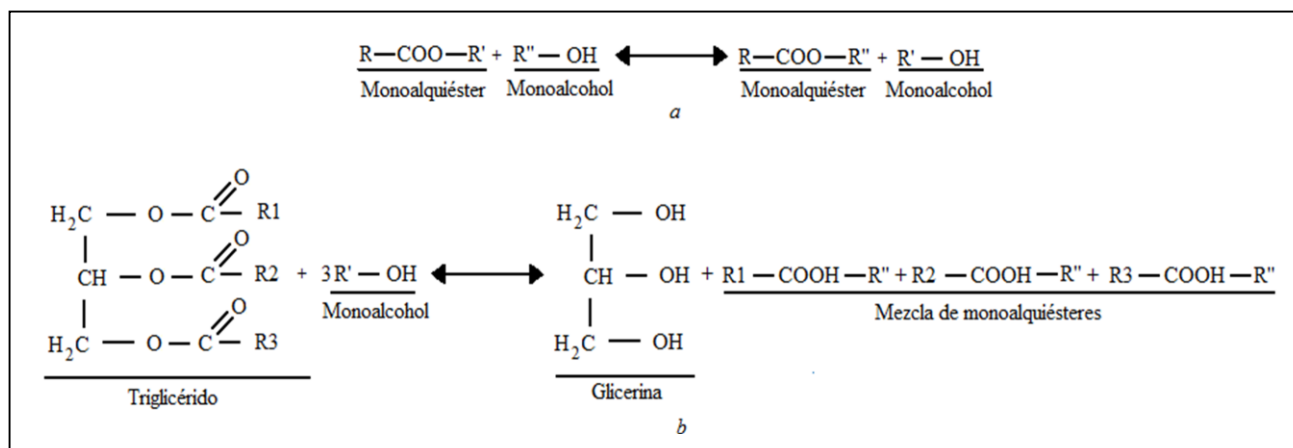


Figura 1.9 Reacción de transesterificación, a. De un monoalquiéster. b. de un triglicérido (Benjumea, P., Agudelo, J., Ríos, A., 2010).

1.7. Producción del biodiésel a partir de aceite de desecho

A pesar de sus considerables ventajas, el biodiésel tiene como desventaja que la materia prima para su producción son semillas, ya sea de soya, maíz, trigo o aquellas que no son comestibles como la jatrofa. Esto implica que se destinen áreas completas de tierra fértil a los cultivos energéticos, que siempre son más redituables que la industria alimentaria. Esto no sólo impacta a la sostenibilidad energética, sino también a la alimentaria.

El Centro Mario Molina (2011) asegura el uso de biocombustibles es estratégica en la diversificación energética y que permitirá que México juegue un papel de liderazgo. Sin embargo, para lograrlo se deben garantizar algunos puntos (CMM, 2011):

- ✓ Contribuir al bienestar económico regional y nacional
- ✓ No impactar indebidamente la calidad del suelo el agua y el suelo
- ✓ Reducir realmente la emisión de gases efecto invernadero
- ✓ No competir con la producción de alimentos o afectar negativamente a sus mercados
- ✓ No afectar la biodiversidad ni contribuir a la deforestación

El Centro Mario Molina menciona otros puntos, pero los señalados arriba son los más relevantes para el análisis del biodiesel. Por lo tanto, considerar como materia prima el aceite utilizado o de desecho para la producción de biodiesel es una opción que, no sólo contribuye a la producción de un energético, sino que permite una adecuada disposición final del desecho. Además, no se pone en riesgo la producción de alimentos.

El aceite de desecho es un gran problema ambiental y de salud pública. Provoca contaminación de agua ya que un litro de aceite puede contaminar hasta 1000 litros de agua (ANGRAGC, 2010). En Estados Unidos, al aceite de desecho es considerado un “commodity”, es decir, un recurso o artículo de consumo que incluso tiene valuaciones en la bolsa (IBISWorld, 2016). Mientras que en nuestro país no existe una legislación adecuada sobre el tratamiento del aceite, lo cual implica que en general, termina en el drenaje (SEMARNAT, 2011).

1.8. Riesgos asociados a la producción

Todo proceso productivo tiene sus particularidades y cuidados que deben ser considerados. En el caso de la producción de biodiésel, se manejan ácidos, bases y alcoholes, por lo cual es importante estar consciente de los riesgos de transportación manejo de dichas sustancias. Los riesgos no solo se tienen al interior de la instalación, sino que deben considerarse también riesgos alrededor de la ubicación de una planta. Por tanto, si a los riesgos internos añadimos que la planta estará localizada en una zona urbana, las medidas de

seguridad que se deben tener son aún mayores. En la Tabla 1.1 se encuentran las especificaciones técnicas de los compuestos que se utilizan en la producción de biodiésel y en la Tabla 1.2 se encuentran los riesgos que presenta la transportación masiva de cada uno de ellos, las medidas de seguridad para su manejo, además de las medidas de mitigación de los efectos adversos que pueda provocar el derrame de alguno de ellos.

Tabla 1.1 Especificaciones técnicas de los compuestos utilizados en la producción de biodiesel

Compuesto	Simbología	Código ONU de mercancías peligrosas (RIDADR)	Seguridad	No. CAS	Estado a temperatura ambiente
Ácidos					
Ácido clorhídrico HCl	HCl	UN: 1789	Sustancia corrosiva	7647-01-0	Líquido
Ácido Sulfúrico H₂SO₄	H ₂ SO ₄	UN: 1830 al 1832	Sustancia corrosiva higroscópica. Reacciona con el agua.	7664-93-9	Líquido
Bases					
Hidróxido de sodio NaOH	NaOH	UN: sólido:1823	disolución: 1824 Sustancia corrosiva	1310-73-2	Sólido
Hidróxido de potasio KOH	KOH	UN1813	Sustancia corrosiva, asociada a explosión.	1310-58-3	Sólido
Metanol CH₄O	CH ₄ O, CH ₃ OH	UN: 1230	Líquido inflamable y venenoso.	67-56-1	Líquido
Etanol C₂H₆O	C ₂ H ₆ O, CH ₃ CH ₂ OH	UN: 1170	Líquido inflamable	64-17-5	Líquido
Glicerina C₃H₅(OH)₃	C ₃ H ₈ O ₃	S.N.	Sustancia inflamable.	56-81-5	
Biodiésel	C14-C24 Metiléster	S.N.	Sustancia inflamable.	67784-80-9	

1.9. Conclusiones

Este capítulo nos ha permitido una visión general actual de los biocombustibles, y sobre todo del biodiésel, además de hacer notar el potencial que tiene México para la producción de biocombustibles. También se abordó el tema del aceite de desecho, el cual es una opción que puede dar seguridad alimentaria y sostenibilidad energética. También se tocó el tema de la producción del biodiésel y las sustancias peligrosas que conlleva dicho proceso, para los cuales hay un riesgo asociado, por lo cual se debe de tener especial cuidado en el manejo y transporte.

Capítulo 2. La Ciudad de México

2.1. Introducción

En este capítulo se abordarán aspectos demográficos, históricos, geográficos y poblacionales de la Ciudad de México que permitirán un mejor entendimiento de los problemas actuales de la Ciudad, sobre todo en materia de transporte, así como las dinámicas y normas que se siguen dentro de ella para la planeación y desarrollo urbano.

2.2. Composición de la población urbana en México

Pareciera contradictorio que México, teniendo una de las ciudades más grandes del planeta, tenga una población predominantemente rural (Gutiérrez de MacGregor, 2003). Según Gutiérrez de MacGregor (2003), la población se distribuye según tres factores geográficos: la altitud, la longitud y el clima. Además, describe las condiciones que han favorecido el crecimiento de la Ciudad de México.

De acuerdo con este estudio, en lo que respecta a la latitud, en México, la mayoría de las poblaciones urbanas están situadas al sur del Trópico de Cáncer, entre los paralelos 19° y 21°. Para la Ciudad de México, la latitud en la que está situada daría como resultado un clima caluroso, sin embargo, la altitud juega un papel importante al generar en la ciudad un clima Cw dentro de la clasificación de Köppen, templado subhúmedo con lluvias en verano (Gutiérrez de MacGregor, 2003).

2.3. La Ciudad

La Ciudad de México es la capital de los Estados Unidos Mexicanos. Ubicada en la cuenca del Valle de México, cuenta con una superficie de 1,485.49 km², 8'918,653 de habitantes en la ciudad y 20 millones 843 mil habitantes considerando la zona metropolitana

del Valle de México Cuenta con una densidad poblacional de 5 966 hab/km² (INEGI, 2016). Se ubica en latitud norte 19° 26'. Es la ciudad más grande del continente americano, del mundo hispanoparlante y la 6^{ta} más grande a nivel mundial después de Tokio, Nueva Delhi, Seúl, Shanghái y Bombay (ONU, 2016).

Es considerada una Megaciudad, ya que cuenta con más de 10 millones de habitantes. Coughlan (2016) señala que las circunstancias y problemáticas de las Megaciudades, como lo son el transporte, la vivienda, la seguridad, empleo, migración y educación, entre otros, son de tal magnitud que requieren un trabajo conjunto entre las naciones afrontar sus desafíos (Coughlan, 2016).

En el año 2003, la población de la Ciudad estaba constituida de la siguiente manera: 43.3 % provienen de diversas localidades del país, 1.7% son extranjeros y 55.0% son habitantes nacidos en la Ciudad (Gutiérrez de MacGregor, 2003). Otros factores del crecimiento demográfico, además de los enunciados anteriormente, fueron los altos índices de natalidad, aumento de la esperanza de vida, el aumento en la oportunidad de trabajos y desarrollo industrial, y que en ella se sitúan dos centros educativos muy importantes: la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional (Cervantes Sánchez, 1988).

2.3.1. Historia de la Ciudad de México

La Ciudad de México tiene una complejidad enorme sólo equiparable a la historia de su desarrollo. Para poder entender mejor los problemas que la aquejan es relevante dar un vistazo a su evolución. El desarrollo de ésta consta de 4 grandes etapas, cada una de las cuáles ha dejado huella en lo que es ahora.

2.3.1.1. Periodo prehispánico

En 1216 los mexicas llegaron a la región lacustre del Valle de México. Tras poco más de cien años pasaron de no tener un lugar fijo a fundar Mexico-Tenochtitlan en 1325. Esta ciudad se convertiría en el centro político del imperio mexica durante los dos siglos siguientes. En la ciudad mexica hubo inundaciones de manera constante. La primera de ellas fue en 1449. Para la inundación de 1499 se hizo un levantamiento de la ciudad de entre 2 y 3 metros, lo cual implicó una reconstrucción completa. Cortés encontró esta ciudad a su llegada (Cervantes Sánchez, 1988).

2.3.1.2. Periodo colonial

La capital de la Nueva España se fundó en la isla de Tenochtitlán, aun cuando esta era una zona inundable con graves problemas de hundimiento de suelo. La traza de la nueva ciudad se apoyó en la ciudad de Tenochtitlán y tomó las calzadas existentes orientadas a los cuatro puntos cardinales como ejes urbanos. Durante el siglo XVIII fue la capital más importante de los territorios españoles, desde la provincia de Guatemala hasta las Californias y Texas (Cervantes Sánchez, 1988).

2.3.1.3. De la independencia a la revolución

Tras firmarse la independencia en 1821, se conformó de nuevo la Ciudad de México como el centro administrativo y político de la República naciente, decretada como un área circular alrededor de la Plaza Mayor de 8.2km de radio. Según el explorador Alexander von Humboldt, la Ciudad contaba con una población de 137,000 en 1804, creciendo hasta 200,000 para el año de 1852. Después, en 1870 aumentó a 240,000 habitantes (Cervantes Sánchez, 1988).

Durante el Porfiriato (1880-1910), el desarrollo industrial permitió la aceleración del crecimiento de la ciudad. Para 1885, el primer censo oficial realizado en la Ciudad arrojó un resultado de 325,707 habitantes en la ciudad y 468,705 contando las villas cercanas.

En los primeros años del siglo XX la Ciudad se expande en dirección oeste por medio de las colonias Guerrero, Santa María la Ribera, Santa Julia, San Rafael, Cuauhtémoc, Juárez, Roma y otras donde se estableció población de estratos económicos medios altos; y al noreste, formando colonias más populares: Morelos, La Bolsa, Rastro y Valle Gómez. Las industrias se ubicaron cerca de las vías ferroviarias al norte y al oriente (Cervantes Sánchez, 1988).

2.3.1.4. La urbanización del siglo XX

La urbanización de la Ciudad durante el siglo XX tiene cuatro etapas definidas. En un siglo pasó de ser una ciudad con poco menos de un millón de habitantes a tener una población que rebasa los 20 millones (López Olvera, 2012). En este periodo, la superficie urbana aumentó de 80 a 1.485 km².

2.3.1.4.1. Primera etapa (1900-1930)

Esta etapa comprende entre 1900 y 1930. Se caracteriza por la consolidación y crecimiento de la Ciudad Central. Hacia 1910, la población era de medio millón de habitantes. Además, los límites de la ciudad se expandieron a lo que hoy son las delegaciones de Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza y Benito Juárez.

2.3.1.4.2. Segunda etapa (1930-1950)

En 1930, la población ascendió a un poco más de un millón de habitantes. La ciudad inició su crecimiento fuera de la Ciudad Central. Una gran ola de migración del interior de la República ocasionó que la población aumentara. Comenzó un proceso de descentralización de comercios y servicios, del centro hacia la periferia intermedia de la ciudad, lo que hoy corresponde a las delegaciones adyacentes a Ciudad Central: Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Álvaro Obregón, Iztapalapa, Coyoacán e Iztacalco.

2.3.1.4.3. Tercera etapa (1950-1980)

Para 1950, la población llegó a los 3'491,210 (Cervantes Sánchez, 1988). Se rebasaron los límites de la Ciudad misma en una fusión con el Estado de México. Esto debido a que crecimiento industrial y económico del país encontraba el mayor repunte en la capital. Comenzaron a crecer las delegaciones Xochimilco, Tlalpan, Tláhuac, Magdalena Contreras, Cuajimalpa y Milpa Alta; además de los municipios conurbados: Naucalpan, Tlalnepantla, Netzahualcóyotl, Ecatepec, Tultitlán, Atizapan, Cuautitlán Izcalli, Nicolás Romero, Coacalco, La Paz, Tecamec, Ixtapaluca, Huixquilucan Chimalhuacán, Chalco Cuautitlán, Chicoloapan y Texcoco (Cervantes Sánchez, 1988).

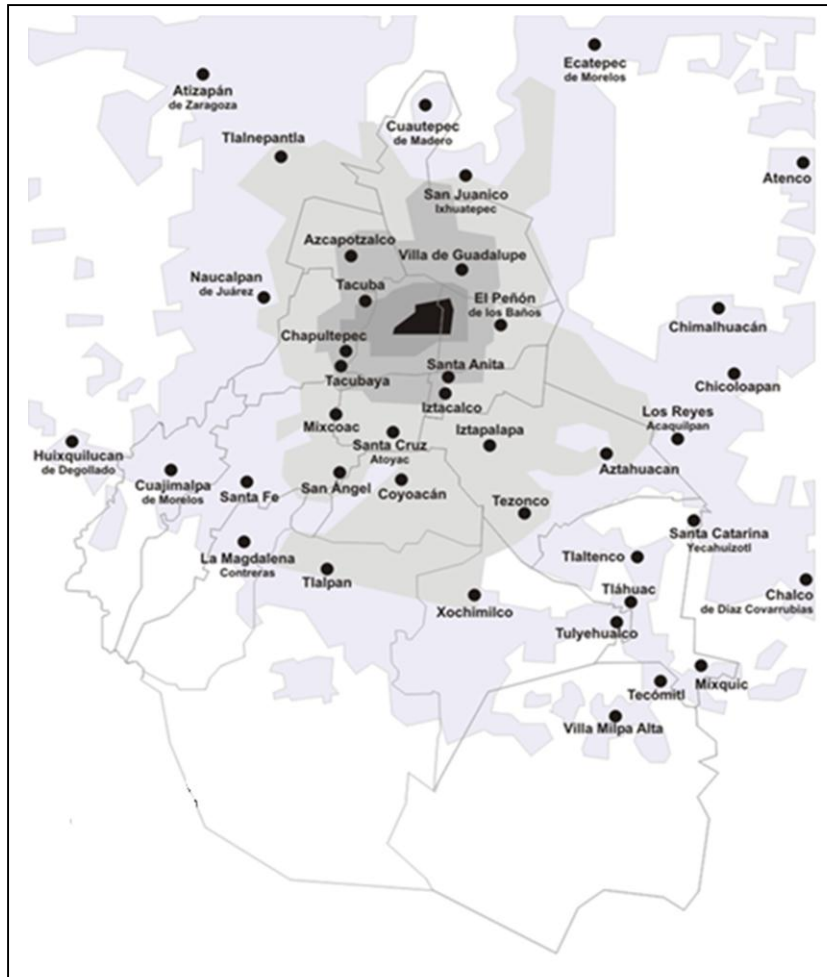


Figura 2.1. Primeras tres etapas de expansión de la ciudad, 1900-1980 (Wikipedia, 2016).

2.3.1.4.4. Cuarta etapa 1980-Actualidad, transición demográfica

Hacia 1980, la población conjunta de la Ciudad Y la Zona Metropolitana era de 14'386,748. Durante este periodo, hay una expansión mayor hacia los municipios metropolitanos: Acolman, Amecameca, Atenco, Atlautla, Axapusco, Ayapango, Cocotitlán, Coyotepec, Chiautla, Chiconcuac, Ecatingo, Huehuetoca, Isidro Fabela, Jaltenco, Jilotzingo, Juchitepec, Melchor Ocampo, Nextlalpan, Nopaltepec, Otumba, Ozumba, Papalotla, Sn. M. de las Pirámides, Temamantla, Temascalapa, Tenango del Aire, Teoloyucan, Teotihuacan, Tepetlaoxtoc, Tepetlixpa, Tepotzotlán, Tezoyuca, Tlalmanalco, Tultepec, Zumpango y Tizayuca, Hgo.

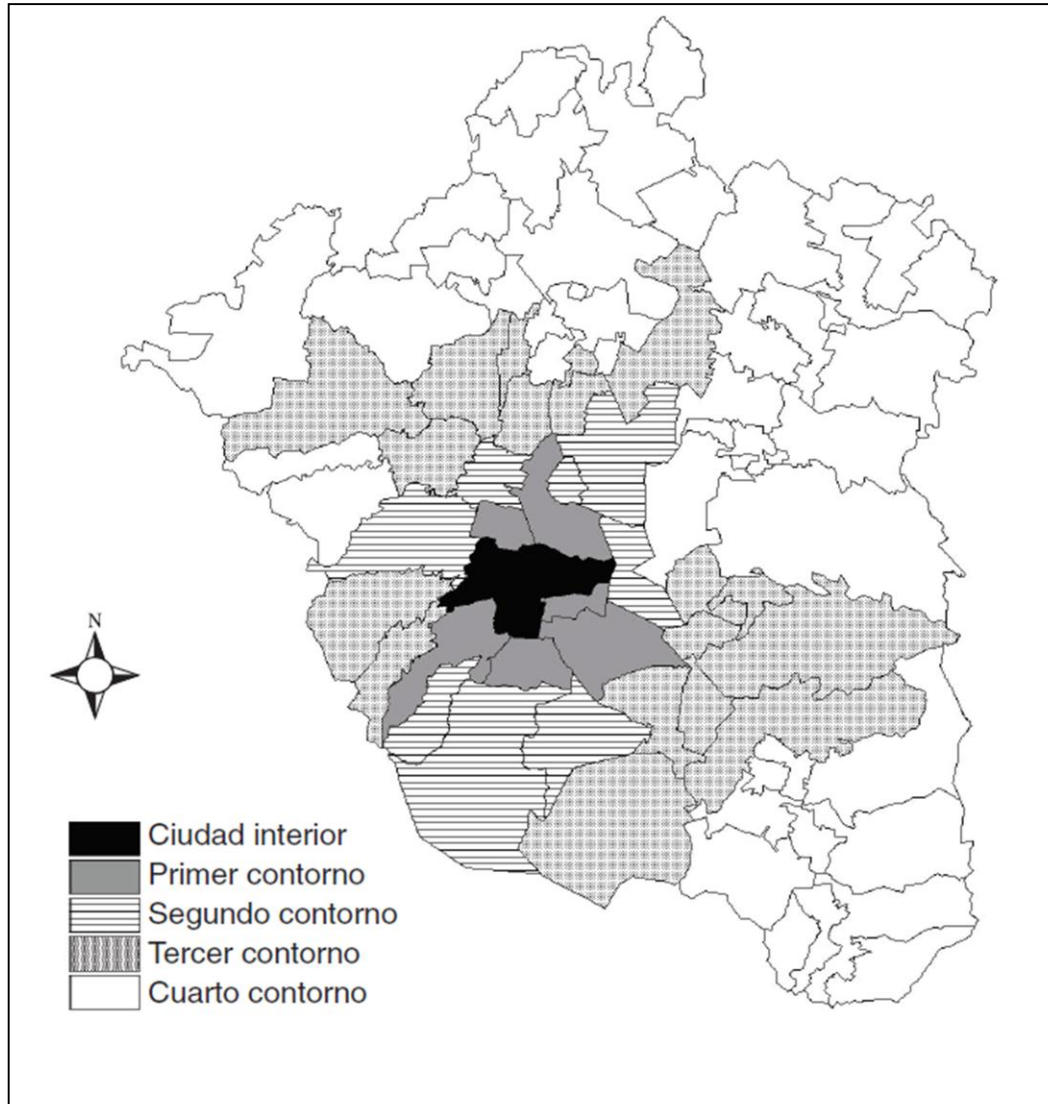


Figura 2.2 Cuarta expansión: 1980-Actualidad (Suárez, Delgado, 2016).

2.3.2. La movilidad y el transporte en la Ciudad de México

El transporte es fundamental para el desarrollo urbano, pues permite a sus habitantes la movilidad dentro de la ciudad. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2004) define la movilidad como:

“Se define a la movilidad como el fenómeno que consiste en los deseos de viajar de una zona a otra dentro de la región o ciudad, y es resultante de la interacción de las diferentes zonas de dicha región o ciudad. Se expresa en viajes-persona al día.” (SCT, 2004, p. 27)

La Obra Social Caja Madrid, en España, la define como:

“La movilidad urbana no es sino un medio para permitir a los ciudadanos, colectivos y empresas acceder a la multiplicidad de servicios, equipamientos y oportunidades que ofrece la ciudad” (Obra Social Caja Madrid, 2010, p. 17).

Otra definición, por parte de un artículo del Centro de Estudios Jurídicos y Ambientales (CEJA) es:

“La movilidad debe ser entendida como el derecho que tiene toda persona en lo individual y en lo colectivo, de disponer de un sistema integral de calidad y aceptable, que resulte suficiente, accesible y que permita el seguro y efectivo desplazamiento de todas las personas en su territorio, en condiciones de igualdad y sostenibilidad, para la satisfacción de sus necesidades y pleno desarrollo” (CEJA, 2015, p 64).

Es interesante ver cómo, a lo largo del tiempo, ha cambiado la concepción de la movilidad. Las tres definiciones tienen puntos en común, y aspectos complementarios. Pero sin duda, la definición del CEJA da un panorama más amplio, pues considera una perspectiva integral de la movilidad urbana, y considera el transporte en como un medio para alcanzar la movilidad.

El transporte dentro de la Ciudad de México es uno de los principales factores de la crisis urbana que se vive actualmente y una de las razones principales es que su planeación se ha desligado del desarrollo urbano (López Olvera, 2012). Dentro de la Ciudad hay 4.7 millones de autos (INEGI, 2016), y se mueven 21'954,157 millones de personas diariamente (Constructorio, 2012). Considerando las anteriores cifras, no es extraño que tenga grandes problemas de transporte, infraestructura y planeación urbana. Éstos son tantos que, inclusive a veces, la planeación resulta ser limitada, insuficiente y subestimada comparada con el avance del fenómeno urbano (Gutiérrez Chaparro, 2009).

El sistema de transporte de pasajeros de la Ciudad de México está constituido por el sistema de transporte colectivo Metro, el servicio de transportes eléctricos, y el Metrobús, administrados por el gobierno; el transporte público concesionado, integrado por: microbuses, autobuses, combis y taxis, el transporte particular, y la Red de Transporte de Pasajeros (RTP) (López Olvera, 2012).

2.3.3. Principales problemas del transporte de la Ciudad de México

Es indudable que existe una crisis urbana en la Ciudad de México, y los principales problemas que enfrenta el transporte, como los enuncia López Olvera (2012), son los siguientes:

✓ Contaminación:

Existe una gran cantidad de automóviles, así como vehículos destinados al transporte público. La emisión de contaminantes como el plomo, monóxido de carbono, dióxido de azufre impacta la calidad del aire que respiramos. El mitigar estas emisiones y lograr una calidad del aire óptima para todos, es un reto por cumplir.

✓ Sobrepoblación:

La sobrepoblación de la Ciudad de México se agrava por las características geográficas de la metrópolis y por la concentración de automóviles. El acelerado proceso de metropolización ha requerido de grandes sistemas de transportación masiva para tratar de resolver las necesidades de traslado entre las periferias y las zonas centrales de la ciudad, provocando que el transporte público sea insuficiente.

✓ Tiempo

Los problemas de tráfico y de congestión se traducen en pérdida de tiempo entre los traslados de un lugar a otro.

✓ Trabajo

La necesidad de los habitantes de las zonas periféricas de trasladarse diariamente hacia los lugares donde se concentran los centros productivos, de intercambio comercial y de servicios básicos en general, contribuye a agravar la problemática del transporte, lo cual provoca efectos negativos sobre la productividad y eficiencia de las personas.

2.3.4. Impacto del transporte público en las condiciones de sostenibilidad de la ciudad

En la Ciudad de México se desarrolló una infraestructura que priorizaba el uso del automóvil sobre los demás medios de transporte, lo que provocó un aumento del parque vehicular y una vialidad poco segura para peatones y ciclistas. El cambiar esta estructura es

un gran reto. Se deben generar y brindar alternativas de medios de transporte a los usuarios de automóviles particulares que les permitan trasladarse sin contratiempos a sus correspondientes destinos. Es necesario que los gobiernos locales promuevan un modelo de movilidad urbana sostenible, pues tienen la responsabilidad de implementar políticas públicas que concedan prioridad al peatón sobre el automóvil y que impulsen el uso de transportes no motorizados, así como la modernización y eficientización del transporte público (ONU, CEJA, 2015).

El transporte público integral dentro de una ciudad es fundamental para la competitividad económica, pues un sistema sostenible y a la vanguardia denota progreso y modernidad. Esto se refleja como una mejor calidad de vida para los habitantes y un aumento en la productividad. Un indicador de competitividad en la infraestructura urbana, es la implementación, en las ciudades de más de 500 mil habitantes, de sistemas integrados de autobuses o BRT, los cuales, son una prioridad en la Estrategia de Movilidad Urbana Sustentable en SEDATU (ONU, 2015).

La gestión de las megaciudades es bastante complicada y mucho más aún cuando la extensión de una ciudad se une con regiones adyacentes formando megarregiones y otras concentraciones urbanas masivas. En estos casos, el concepto de la movilidad urbana se debe aplicar sobre territorios muy extensos. Tal es el caso de nuestra ciudad, que forma parte de la “megalópolis” mexicana. Para gestionar la política medioambiental de la megarregión del Valle de México se integró la Comisión Ambiental de la Megalópolis como un órgano de coordinación administrativa intergubernamental que integra al Gobierno Federal, el gobierno de la Ciudad de México y los de los estados de Hidalgo, México, Puebla y Tlaxcala. Tiene como objetivo llevar a cabo la planeación y ejecución de acciones en materia de protección al ambiente, de preservación y restauración del equilibrio ecológico en la región (CEJA, 2015).

Más allá de la dimensión económica y administrativa, la noción vanguardista de prosperidad urbana está vinculada a los valores de solidaridad, pertenencia y colectividad, en una ciudad compacta, sostenible e incluyente, que reduce el consumo de energía y la emisión de Gases Efecto Invernadero, GEI, produce más bienes públicos, como el transporte, espacios públicos, recreación y procura las condiciones para generar empleos e incrementar el PIB (ONU, 2015).

2.4. Normatividad y Organismos Administrativos de la ciudad

Para el caso de estudio será necesario conocer algunos aspectos de la normatividad de la Ciudad de México en relación con su desarrollo, movilidad, infraestructura y seguridad.

Esto debido a que estos aspectos deben considerarse para poder proponer una solución apropiada y legal.

2.4.1. Planes de Desarrollo Urbano

El crecimiento de la Ciudad durante las últimas décadas, las condiciones físicas del territorio y el proceso de transformación económica, política y social, hacen necesario un instrumento de planeación estratégica que oriente el desarrollo de nuestra Ciudad. Los Planes de Desarrollo Urbano (PDDU, PGDU), a nivel delegacional, a nivel de ciudad y regional, permite la vinculación de los objetivos y estrategias de los diferentes niveles de planeación, con el propósito de lograr el desarrollo armónico orientando la planeación y el ordenamiento territorial en los principales aspectos de su problemática urbana ambiental, en un marco de sustentabilidad que, de no considerarse, tendrá consecuencias de tipo ambiental, económico y social para el territorio y su población (Gaceta oficial DF, 2010). Conjuntamente con la diversidad de vivienda, servicios y empleo, la vida pública y el espacio colectivo, son ejes vertebrales de articulación de los sistemas urbanos. La localización de la planta debe de asirse al ritmo de desarrollo de la comunidad y su construcción se permitirá siempre y cuando sea compatible con los intereses y necesidades del plan (Constructorio, 2012).

2.4.2. Protección civil

La Secretaría de Protección Civil tiene como fin primordial salvaguardar la vida, los bienes y el entorno de la población de la Ciudad de México, así como mitigar los efectos destructivos que los fenómenos perturbadores pudieran ocasionar a la estructura de los servicios vitales y los sistemas estratégicos de la Ciudad de México. Su misión es conducir las acciones encaminadas a salvaguardar la integridad física de los habitantes de la Ciudad de México, sus bienes y entorno, frente a la eventualidad de riesgo, emergencias, siniestros o desastres, mediante sistemas, instrumentos y diagnósticos, coordinando la implementación de acciones de prevención, mitigación, auxilio, rehabilitación, restablecimiento y reconstrucción, incorporando la participación ciudadana por medio de la instrumentación de la cultura de la Protección Civil. La parte de protección civil debe estar contemplada en la localización de planta, pues, si es el caso, se requerirá la intervención de esta, para lo cual será necesario un personal capacitado (SPCCDMX, 2016).

2.4.3. Leyes ambientales

El sector transporte es una de las principales causas de contaminación, al contribuir con el 20.4% de la emisión de GEI. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año mueren en nuestro país 14,700 personas a causa de enfermedades asociadas a la contaminación del aire (ONU 2015).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) establece que, en materia de asentamientos humanos, debe procurarse que la política ecológica busque la corrección de desequilibrios que deterioren la calidad de vida de la población y, a la vez, prever las tendencias de crecimiento de los asentamientos humanos (CEJA, 2015).

Con las bases del concepto de movilidad y la importancia de su regulación en el ámbito local, es posible desarrollar acciones encaminadas a satisfacer las necesidades sociales de libre movimiento, acceso, comunicación, comercio o establecimiento de relaciones en tiempo y costo razonables y que minimicen los efectos negativos sobre el entorno y la calidad de vida de las personas, llegando así al ejercicio de una movilidad sustentable, para lo cual se requiere impulsar activamente el uso de medios de transporte más eficientes y menos contaminantes. La contemplación del aspecto ambiental para una localización de planta sostenible es vital, pues se debe considerar el impacto que esta causa y podría causar con el tiempo; esto permitirá que su producción realmente ayude y satisfaga las necesidades de sostenibilidad.

2.4.4. Leyes de movilidad

Dentro de la Ley de movilidad para la Ciudad de México, publicada el 14 de julio de 2014 hay algunos aspectos en la infraestructura de movilidad que nos serán útiles para su aplicación posterior al caso de estudio.

En el Artículo 178 se clasifican las vialidades de la siguiente manera:

I. Vialidades primarias: Espacio físico cuya función es facilitar el flujo del tránsito vehicular continuo o controlado por semáforo, entre distintas zonas de la Ciudad, con la posibilidad de reserva para carriles exclusivos;

II. Acceso controlado: Vías primarias cuyas intersecciones generalmente son a desnivel; cuentan con carriles centrales y laterales separados por camellones. La incorporación y desincorporación al cuerpo de flujo continuo deberá realizarse a través de carriles de aceleración y desaceleración en puntos específicos.

III. Vialidades secundarias: Espacio físico cuya función es permitir el acceso a los predios y facultar el flujo del tránsito vehicular no continuo. Sus intersecciones pueden estar controladas por semáforos.

2.5. Conclusiones

En este capítulo se abordó la historia, condiciones geográficas y demográficas y el proceso de urbanización de la Ciudad de México, la normatividad de uso de suelo, movilidad y ámbito ambiental que en ella rige actualmente, así como los problemas más prominentes que sufre el transporte en estos momentos. Se establecieron las bases teóricas y contextuales del entorno urbano sobre el cuál se desarrollará el caso de estudio en los siguientes capítulos.

Capítulo 3. Criterios de Localización y metodología

3.1. Introducción

En este capítulo se presentará el caso de estudio, los criterios que se usan comúnmente, los criterios adicionales que se propone para la localización de planta y la metodología que se utilizará para la toma de decisión.

3.2. Caso de estudio

La meta del presente trabajo es establecer criterios para la localización de una planta productora de biodiésel a partir de aceite comestible de desecho en un entorno urbano. La materia prima se recolectará de establecimientos de comida de la Ciudad de México y el único costo que tendrá será el del transporte de las fuentes a la planta productora. Se desea tener una producción de 2000 L de biodiésel por día, y el combustible producido se utilizará en las unidades de la Red de Transporte de Pasajeros (RTP). La instalación de dicha planta se hará en uno de los 7 encierros con los que cuenta la Red para el resguardo de los camiones durante la noche. El resultado al que pretende llegar el presente trabajo es la elección de uno de esos encierros como la mejor opción tomando en cuenta las condiciones de transporte, sostenibilidad, movilidad, características físicas de los lugares, normativas de la ciudad y otros aspectos que se estudiarán como criterios de selección.

3.3. Criterios para la localización de planta

La localización de planta es un tema ampliamente estudiado que ha dado muchos frutos a la industria a lo largo de los años. Hay criterios mínimos a los cuales apegarse para generar una enfoque sistémico y de consciencia para el éxito de la planta. Los factores mínimos que se deben de tomar en cuenta para este fin, sin limitarse a ellos exclusivamente, son (Rase y Barrow, 1984):

- ✓ El abastecimiento de insumos y materias primas
- ✓ El transporte terrestre (aéreo o marítimo, si es necesario)
- ✓ Disponibilidad de servicios, como lo son la energía eléctrica y combustible
- ✓ El sistema para eliminación de desechos, y agua para abastecer las necesidades de la planta
- ✓ La disponibilidad de mano de obra, y
- ✓ El clima del lugar.

Si bien, siempre hay un punto de partida de requisitos básicos geográficos, de abastecimiento, y normativos, entre otros, es importante recalcar que las condiciones bajo las que se planea y construye cada planta son diferentes: si es un entorno rural o urbano, si se tienen requerimientos específicos o especiales y otros aspectos más que no pueden ser soslayados. Esto conlleva a que se generen criterios propios que atiendan las necesidades y limitaciones del entorno en donde se requiere establecer la planta.

3.4. Instalaciones para la producción de biodiésel y proceso productivo

La localización de planta es casi tan importante para su éxito como la elección del proceso apropiado. Castellanos y Guevara (2014), realizaron un análisis exhaustivo de cuál sería el proceso productivo más viable de acuerdo a las condiciones del proyecto. De acuerdo a los autores, el proceso más adecuado es la transesterificación con álcali en la parte principal del proceso, metanol (CH_3OH) como materia prima para la reacción e hidróxido de potasio (KOH) como catalizador para la misma. Los autores también diseñaron las instalaciones de la planta de biodiésel con los materiales que se requerirán para su construcción, la disposición interna de la maquinaria y elementos necesarios para la producción (Castellanos y Guevara, 2014).

El proceso productivo consta de una etapa de filtrado de todos los sólidos que pueda contener el aceite, luego pasa a un reactor de esterificación, al cual también se le añade ácido sulfúrico en condiciones de y presión temperatura ambientales y metanol; su tiempo de reacción está determinado por la acidez de la mezcla y esto se realiza con el fin de bajar la acidez del aceite. Después de la esterificación, la mezcla se centrifuga para separar el aceite, agua y metanol, el cual es recuperado con un condensador. Posteriormente en el reactor de transesterificación entra el aceite, con metanol e hidróxido de potasio, ahí se tendrán como productos biodiésel y glicerina. Se evapora el metanol, se separa la glicerina y finalmente se obtiene el biodiésel que se podrá utilizar como combustible (Castellanos y Guevara, 2014).

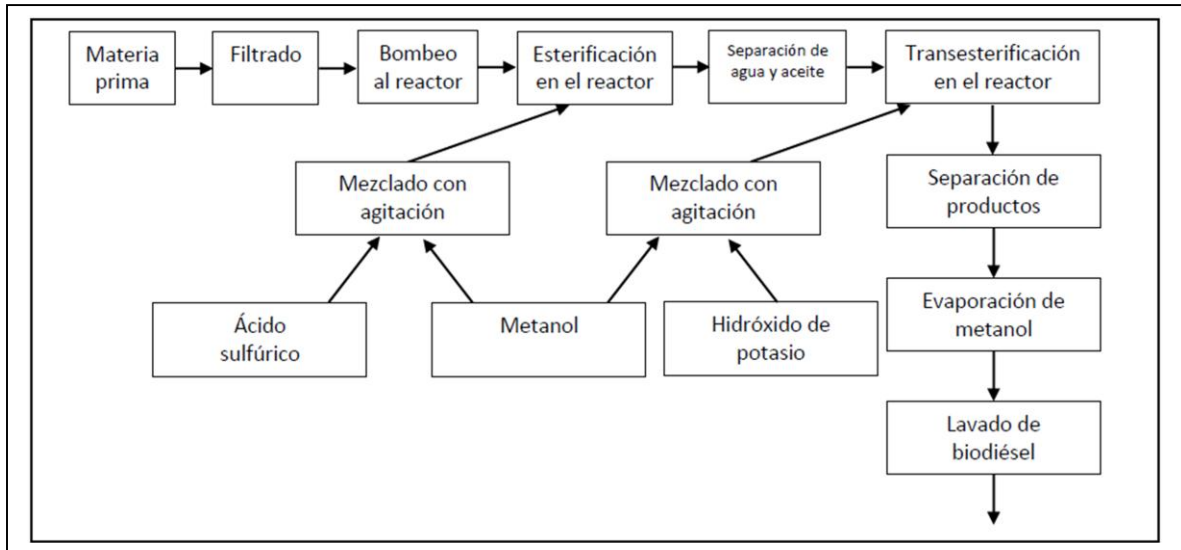


Figura 3.1. Diagrama de bloques del proceso productivo de biodiésel propuesto (Castellanos, J., Guevara, E., 2014).

3.5. La Red de Transporte de Pasajeros (RTP)

La red de transporte de pasajeros (ex Ruta 100) es un servicio de autobuses que presta el gobierno de la Ciudad de México. Tiene como objetivo principal, integrar, conjuntamente con los otros modos de transporte, una red que satisfaga las necesidades de movilidad urbana. Inició operaciones el 1ro de marzo del año 2000, con 2600 trabajadores, 7 módulos operativos y 3 talleres especializados. Tiene una cobertura de servicio de más de 3500 kilómetros de longitud, y une, principalmente, zonas habitacionales con terminales del sistema de transporte colectivo metro, y con las rutas del servicio de transportes eléctricos. Actualmente cuenta una flotilla de cerca de 1500 unidades (López Olvera, 2012).

Como parte de esta tesis, se utilizará uno de los encierros de la RTP como lugares tentativos para la instalación. De esta manera, se explora una parte del potencial de utilización del biodiésel en las unidades que prestan servicio dentro de la RTP.

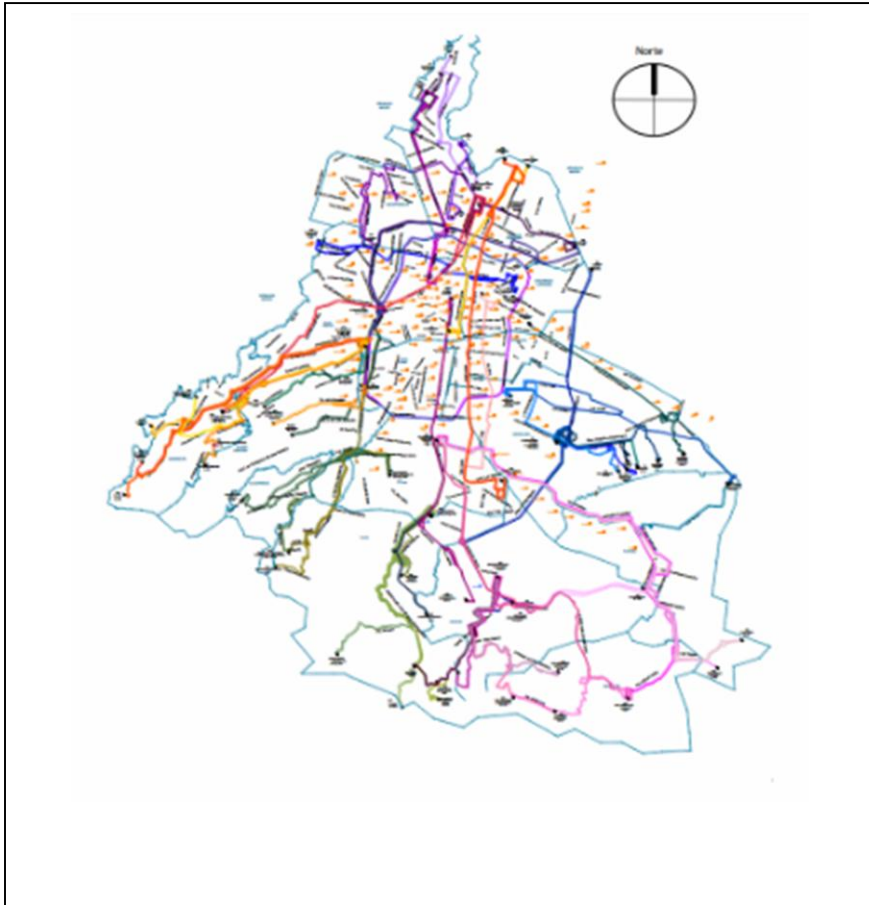


Figura 3.2. Rutas de la Red De Transporte de Pasajeros (RTP, 2014).

3.6. Matriz de Pugh

La Matriz de Pugh es una herramienta que permite la comparación de un número de candidatos diferentes y seleccionar el que mejor se adapte o cumpla un conjunto de criterios o requerimientos establecidos. Es fácil de utilizar. Se basa en una serie de comparaciones entre los candidatos. Una de sus ventajas sobre otras herramientas de toma de decisión es la capacidad que tiene para manejar un gran número de criterios al mismo tiempo (Burge, 2009). La construcción de la Matriz de Pugh consta de 5 pasos:

- ✓ Paso 1: Identificar y definir claramente los criterios para la selección.
- ✓ Paso 2: Utilizar un modelo base, que cumpla todos los criterios, y contra el cuál se compararán cada uno de los candidatos.
- ✓ Paso 3: Comparar cada candidato contra el modelo ideal y decidir una puntuación que se asignará utilizando la siguiente notación: S = igual, + = mejor, - = peor.
- ✓ Paso 4: Obtener el puntaje total de cada candidato. Esta se puede calcular contando los puntos positivos y negativos, los + y -. El puntaje más alto es el “ganador”.

- ✓ Paso 5 Habiendo hecho la puntuación de los candidatos considerar hibridaciones combinando, donde sea posible, lo mejor de cada alternativa, esto es una optimización cualitativa.

Muy frecuentemente, cuando se utiliza la matriz de Pugh no hay un claro “ganador” pero normalmente sí hay un claro “perdedor”. En estos casos se hace una inspección en la que se descartan las opciones con puntuaciones más bajas. En esta fase se pueden ponderar con mayor peso alguno de los criterios para lograr diferenciar mejor a los candidatos restantes. Típicamente se asignan valores en una escala del 1 al 5, siendo 1 el más bajo y el 5 el más alto. Si aún después de todas estas consideraciones no hay un claro ganador, el resultado que está arrojando la Matriz de Pugh indica que no hay suficiente información para discernir entre los candidatos. En este caso será necesario:

- Refinar los criterios o requerimientos
- Utilizar un enfoque alternativo para la selección
- Indagar más información para hacer la selección. También es recomendable generar un análisis de sensibilidad que se puede hacer de las siguientes maneras:
 - ✓ Analizar el cambio en el puntaje con los puntajes ± 1 .
 - ✓ Analizar el cambio en el puntaje cuando se quita alguno de los criterios (Burge, 2009).

3.7. Establecimiento de criterios a utilizar para la selección de encierro

Anteriormente se enumeraron algunos de los criterios más utilizados en la localización de planta. A continuación se describen los criterios adicionales propuestos que se consideraron adecuados para la lograr una mejor localización de planta con una perspectiva de sostenibilidad que responda a las necesidades y retos de la Ciudad de México.

1. Disponibilidad de espacio dentro del encierro

El primer criterio a cumplir en esta selección es la disponibilidad de espacio dentro de los encierros en los que se pretende hacer la construcción. Las instalaciones deben de tener las especificaciones mínimas necesarias para cubrir espaciamiento reglamentario, para mantenimiento y para tránsito de personal. Usando un diseño que se hizo en el estudio de Castellanos y Guevara (2014), la planta deberá contar con un mínimo de 25m de largo y 15m de ancho.

2. Legislación y normas públicas vigentes

La compatibilidad con el uso de suelo y los Planes de Desarrollo Urbano (PDU) es muy importante para lograr una armonía con el entorno urbano y ubicar la planta en el contexto urbano adecuado, tratando de minimizar problemas legales futuros y que puedan resolverse sin perjudicar los intereses de los vecinos ni del proyecto en sí.

3. Disponibilidad de servicios generales (agua, energía eléctrica, drenaje)

La instalación de la planta de biodiésel requerirá de bastantes recursos para su construcción y operación. En vista de este hecho, es primordial que los encierros cuenten con todos los servicios que se puedan requerir durante toda su vida útil.

4. Acceso a instalaciones de protección civil

Dado que se estarán manejando materiales peligrosos y corrosivos, como los son alcoholes y bases fuertes, el acceso a un equipo capacitado para mitigar los efectos que estos puedan causar en caso de derrames es vital. Por ello, es importante que el encierro esté cerca de ellos.

5. Accesibilidad para transportes

Este criterio considera la movilidad de la zona en la que se encuentra ubicado el encierro. La cercanía a vías primarias juega un papel importante, por lo que la distancia a las mismas desde el encierro será lo que determine la factibilidad de un encierro.

6. Densidad de restaurantes

Criterio generado para determinar el encierro con mayor eficiencia de transporte por la cantidad de restaurantes, su cercanía entre sí y con el encierro. Se trazó una circunferencia de 7 km tomando como centro de ésta cada uno de los 3 encierros. Luego se trabajó la localización y conteo de los restaurantes que quedaran dentro del perímetro trazado. Se considera como más favorable al sitio con mayor densidad de restaurantes.

7. Eficiencia de rutas

Este criterio nos permitirá tener un parámetro para ver cuáles encierros tendrían una mayor eficiencia de operación. El criterio se estableció tomando varios restaurantes que se encuentre en diferentes puntos del perímetro (o muy cerca de éste) y trazar la ruta desde cada uno de ellos a los encierros correspondientes. Esto se hizo para cada uno de los candidatos que llegaron a estas instancias, durante una semana, en tres horarios del día; 8:00 hrs, 14:00

hrs y 20:00 hrs, los cuáles, normalmente presentan más carga de vehículos. Con la información recabada se hizo un promedio del tiempo que se utiliza para llegar del punto más alejado al centro del perímetro. Se considerará como mejor el sitio que cuenta con un menor tiempo de recorrido promedio.

8. Otros factores

Algunas consideraciones que surjan durante el estudio. Pueden ser ventajas o desventajas para cada encierro que no se habían considerado.

3.8. Conclusiones

Este capítulo ha contribuido a saber cuáles son algunos de los criterios utilizados para la localización de planta, pero también se han establecido los criterios que son necesarios y consistentes con la realidad urbana que se vive en la Ciudad de México; aunados a la información que se ha dado en los capítulos anteriores, permitirán el análisis y elección del encierro más apropiado para la localización de la planta de biodiésel en la Ciudad.

Capítulo 4. Caso de aplicación

4.1. Introducción

En este capítulo se presentará la información que se obtuvo después de llevar a cabo análisis detallado de cada uno de los encierros utilizando los criterios propuestos en el capítulo 3 con el objetivo de seleccionar uno de ellos, que será el que mejor se ajuste y cumpla con las necesidades. Estos criterios se analizan a través de una Matriz de Pugh. Se utilizó Google Maps como una herramienta que permitió generar todos los mapas que han sido necesarios para realizar el análisis y obtener resultados del proyecto. Se presentan la aplicación de la metodología y sus resultados.

4.2. Los Encierros

Los 7 encierros con los que cuenta la Red de Transporte de Pasajeros se localizan en la Ciudad de México en distintas delegaciones. Los cuales se enumeran en la tabla 4.1 con las direcciones exactas de cada uno y las localizaciones en la ciudad en la imagen 4.1.

Tabla 4.1 Direcciones de los encierros

Encierro	Dirección
Módulo 3	Aquiles Serdán # 5865. Pueblo Tulyehualco, Delegación Xochimilco.
Módulo 8	Av. Telecomunicaciones s/n Col. Ejército Constitucionalista. Delegación Iztapalapa.
Módulo 9	Camino al Huizachito No. 1. Col. La Navidad. Delegación Cuajimalpa.
Módulo 12	Calle 301 # 1001. Col. Nueva Atzacolco. Delegación Gustavo A. Madero.
Módulo 15	Rio Becerra S/N. Col. Carola. Delegación Álvaro Obregón.
Módulo 23	Avenida San Pablo # 306. Col. Reynosa Tamaulipas. Delegación Azcapotzalco.
Módulo 34	Puerto de Mazatlán # 11. Col. La Pastora. Delegación Gustavo A. Madero.

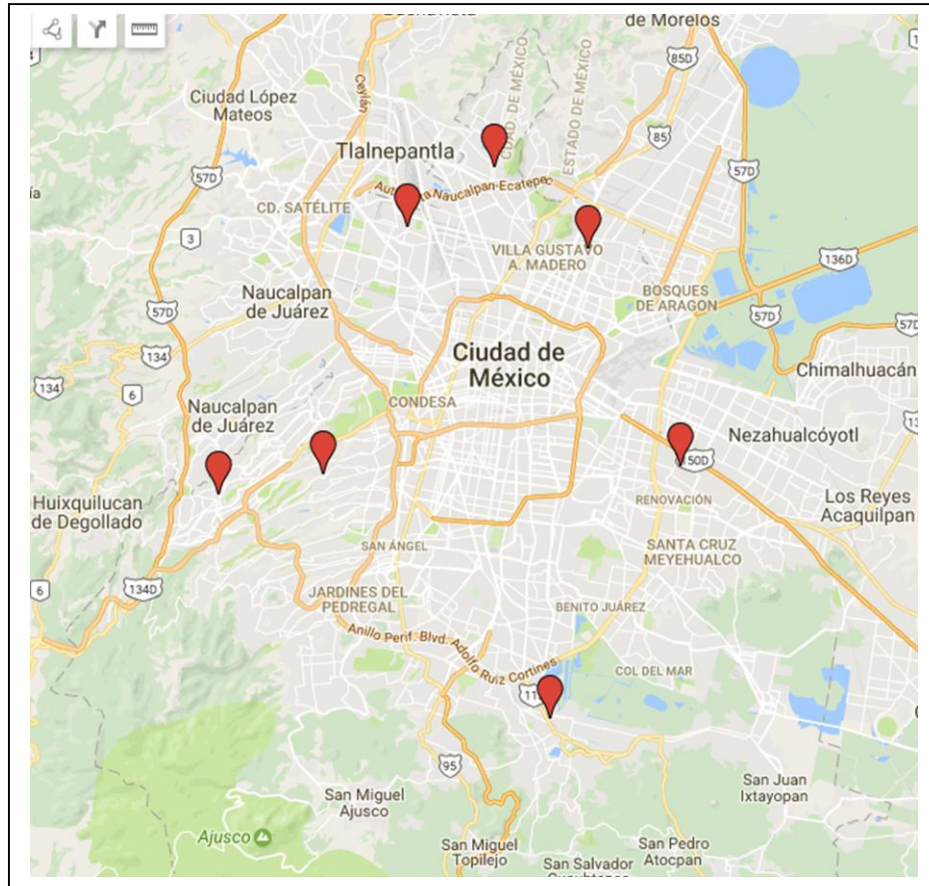


Figura 4.1 Localización de los 7 encierros de RTP.

4.3. Características físicas de los encierros

El levantamiento de información que se hizo en cada uno de los encierros permitió generar la tabla 4.2

Tabla 4.2 Características de los encierros de RTP

Características	Módulo 03	Módulo 8	Módulo 12	Módulo 15	Módulo 23	Módulo 34
Tanques	2	1 (subterráneo)	2	1	2	2
Capacidad de tanque [lts]	30,000 y 40,000	100,000	56,775	56,000	56,775	50,000
Pruebas con diésel	No	No	No	No	No	No
Horario de carga de combustibles	Antes de cada salida	8pm a 1 am	Antes de cada salida	Antes de cada salida	Antes de cada salida	Antes de cada salida
Días abastecimiento PEMEX	2 ó 3 veces por semana	1 vez por semana	3 veces por semana	3 veces por semana	3 veces por semana	3 veces por semana
Cantidad abastecida [lts]	20,000-30,000	40,000-60,000	35,000-40,000	35,000-40,000	20,000	25,000-30,000
Área de posible instalación	Actual área de lavado	Actual área de talleres	Actual área de talleres	Actual área de talleres	No disponible	No disponible
Conexión trifásica	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	-
Drenaje	No	Sí	Sí	Sí	Sí	-
Línea de agua	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	-
Tipo de piso	Cemento	Cemento	Cemento	Cemento	Cemento y terracería	Cemento
Programa de mantenimiento	No definido	No definido	No definido	No definido	No definido	No definido
Unidades servicios generales	3	4	4	4	2	4
Turno unidades servicios generales	No definido	No definido	No definido	No definido	No definido	No definido
Horario de salida de las unidades	3:15 am, 5:00 am, 4:00 pm	07:00 am	05:30 am	07:30 am	05:00 am	05:30 am
Horario de encierro de unidades	01:00 am	5:30 pm	12.30 am	1:30 am	01:00 am	12:30 pm
Posibilidad de techar área	Área techada	Área techada	Área techada	Área techada	Área techada	Área techada
Número de unidades	175	335	183	215	233	162

De la información recabada en la tabla 4.2, son notorios los siguientes puntos:

- ✓ No se cuenta con información de las condiciones del módulo 9.
- ✓ En el módulo 23 no cuenta con espacio disponible dentro de sus instalaciones.
- ✓ El módulo 34 no cuenta con ningún espacio disponible ya que el trazo de las operaciones es en forma de herradura y cualquier instalación adicional entorpecería la maniobrabilidad de las unidades.

Que la disponibilidad de área sea el primer criterio enumerado no es fortuito, pues es indispensable para que los candidatos puedan calificar y entrar en la contienda para ser evaluados en los siguientes criterios. Si no cumplen con esto, serán eliminados en la primera evaluación. La compatibilidad del proyecto con los PDU delegacionales y el general de la ciudad fue verificada, para que no exista ningún problema con la ejecución del mismo.

4.4. Especificación de la asignación de puntaje

Los criterios enumerados y explicados en el capítulo 3 nos permitirán llegar a una selección final, pero para ello se debe asignar un modelo base, el cual tendrá que cumplir con todos los criterios con las condiciones de la puntuación cero de la siguiente tabla.

Tabla 4.3 Especificaciones para asignar puntajes en cada criterio

Criterio	1	0	-1
1	Espacio disponible en el encierro.	Sin espacio disponible en el encierro.	No Aplica
2	Compatibilidad con PDU's.	Incompatibilidad con PDU's.	No Aplica
3	Cuenta con todos los servicios necesarios.	Servicios suspendidos por alguna razón.	No cuenta con uno o más de los servicios.
4	Se encuentra de 0 a 3.5 km de las instalaciones protección civil	Se encuentra de 3.501 a 7 km de las instalaciones protección civil	Se encuentra a más de 7 km de las instalaciones protección civil
5	Se encuentra de 0 a 500 m a una vía primaria.	Se encuentra de 501 m a 2 km a una vía primaria.	Se encuentra a más de 2 km de una vía primaria.
6	Más de 100 restaurantes dentro del perímetro definido.	De 51 a 100 restaurantes dentro del perímetro definido.	De 1 a 50 restaurantes dentro del perímetro definido.
7	Recorrido de 1 a 30 min desde el perímetro hasta el encierro.	Recorrido de 31 a 1 hr desde el perímetro hasta el encierro.	Más de 1 hr desde el perímetro hasta el encierro.
8	Especificado para cada módulo que cuente con otros factores		

Se asignará un entero dentro del intervalo [-1,1] con las siguientes especificaciones:

- 1 – Mejor (si supera las expectativas)
- 0 – No es relevante
- 1 – Peor (si no cumple con las expectativas)

4.5. Primera eliminación

Tras haber presentado la información de las instalaciones físicas se puede proceder a la construcción preliminar de la matriz de Pugh.

Tabla 4.4 Primera Matriz de Pugh

	Módulo 3	Módulo 8	Módulo 9	Módulo 12	Módulo 15	Módulo 23	Módulo 34
Disponibilidad de espacio dentro del encierro	1	1	0	1	1	0	0
Legislación y normas públicas vigentes	1	1		1	1		
Disponibilidad de servicios generales (agua, energía eléctrica, drenaje)	-1	1		1	1		
Acceso a instalaciones de protección civil	No analizado aún	No analizado aún		No analizado aún	No analizado aún		
Accesibilidad de transportes	No analizado aún	No analizado aún		No analizado aún	No analizado aún		
Densidad de restaurantes	No analizado aún	No analizado aún		No analizado aún	No analizado aún		
Eficiencia de rutas	No analizado aún	No analizado aún		No analizado aún	No analizado aún		
Otros factores	No analizado aún	No analizado aún		No analizado aún	No analizado aún		
Total parcial	1	3	0	3	3	0	0

Después de la primera eliminación han quedado los módulos 3, 8, 12 y 15.

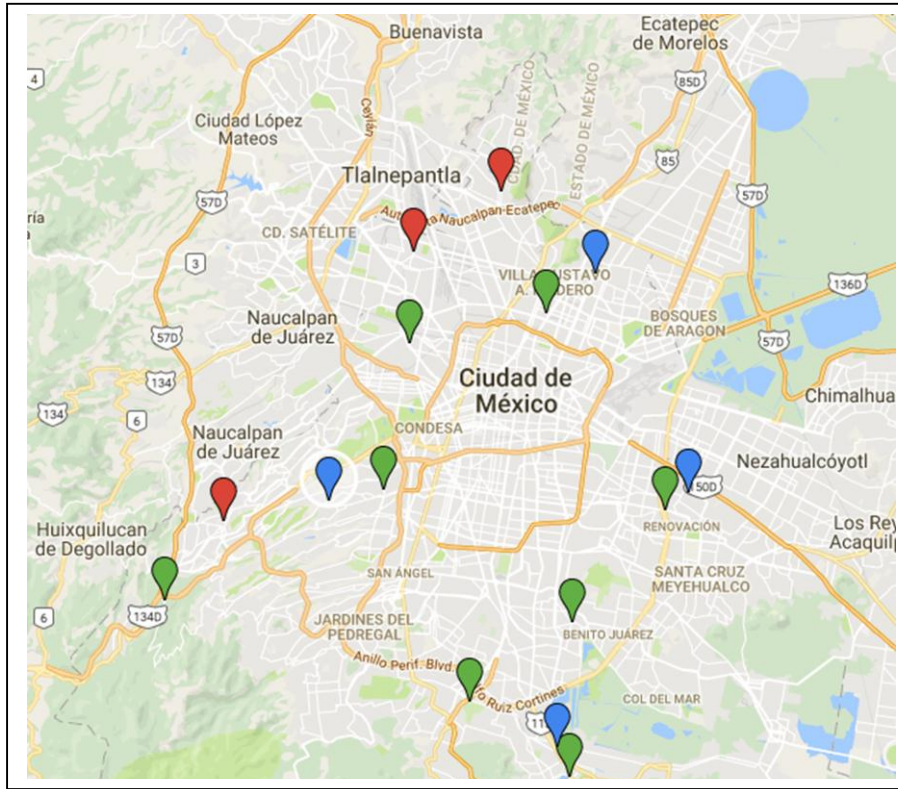


Figura 4.2 Módulos eliminados (rojo) y candidatos restantes (azul).

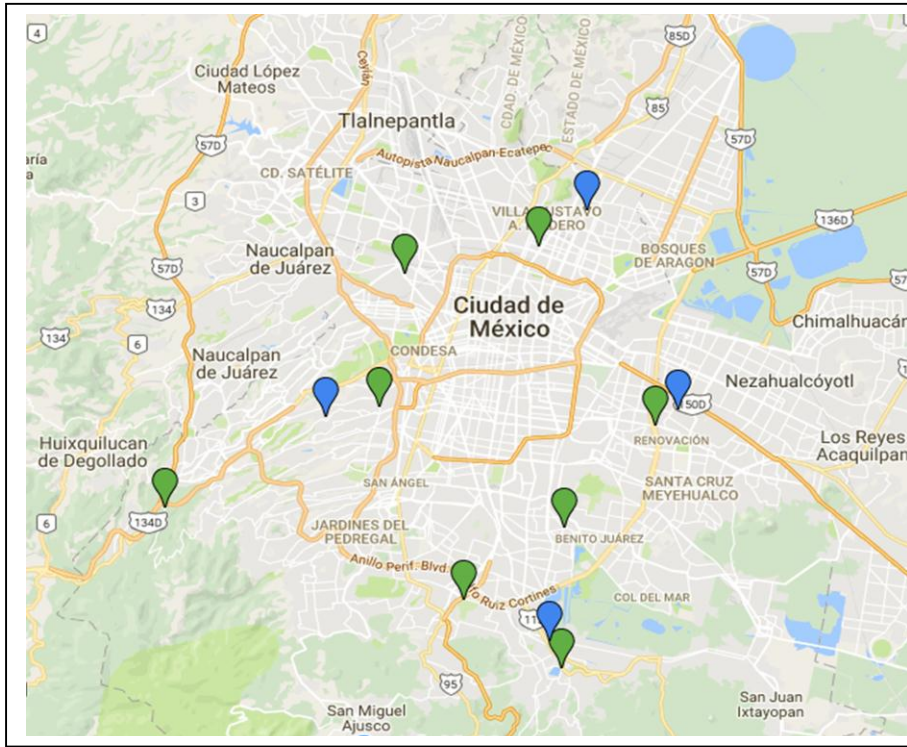


Figura 4.3 Candidatos restantes (azul).

4.6. Protección civil

Dado que el proceso para transformar aceite en biodiésel involucra sustancias peligrosas, como lo son alcoholes y ácidos y bases fuertes, es primordial que las instalaciones cuenten con acceso a una rápida respuesta en caso de derrame o incendio. Por lo que se han considerado y encontrado las estaciones de bomberos más cercanas a cada uno de los módulos. Se hizo una evaluación de la distancia de cada encierro a la estación de bomberos más cercana para determinar cuál de ellos es el que tiene una mejor accesibilidad a Protección civil.

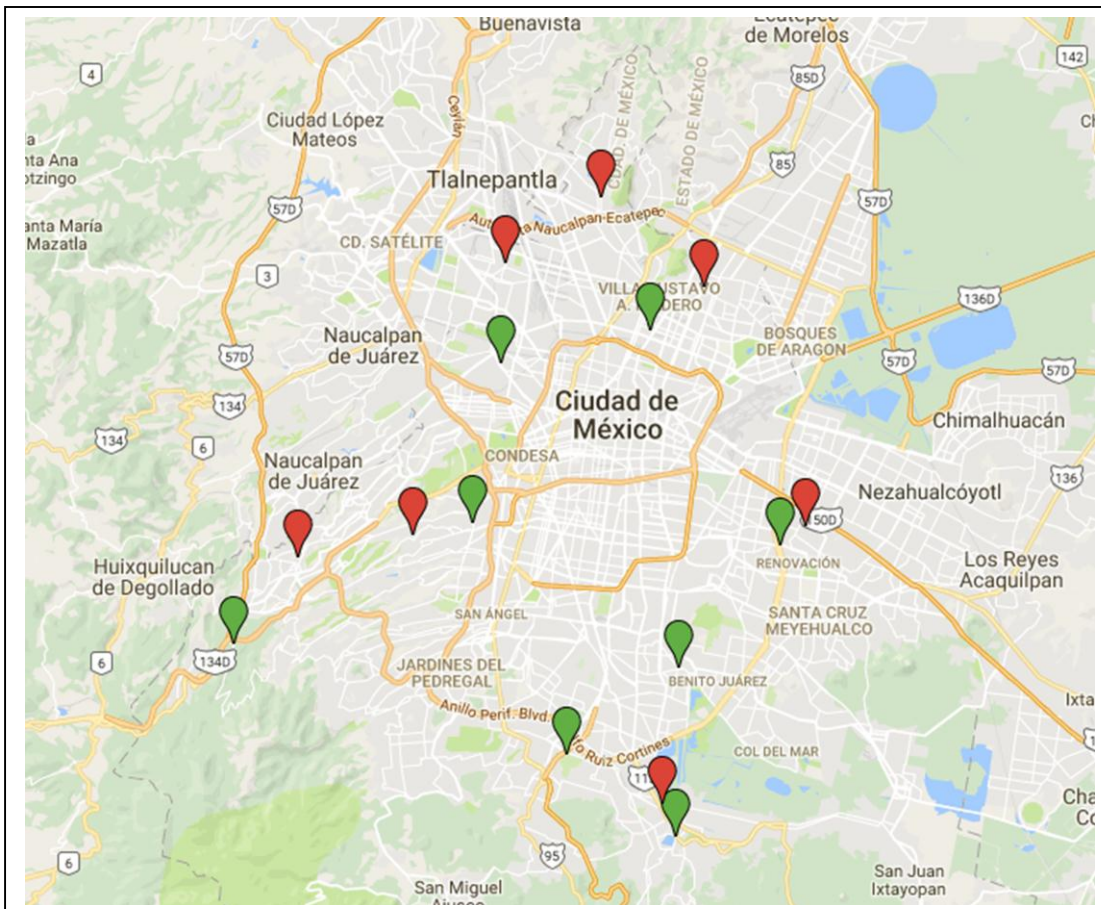


Figura 4.4 Ubicación de los módulos (rojo) y las estaciones de bomberos más cercanas a los mismos (verde).

Tabla 4.5 Direcciones de Protección civil

Nombre de la estación	Encierro	Dirección
Comandante Ignacio Ponce de León Méndez	Módulo 3	Esquina Capulín, Prol. 16 de Septiembre, Barrio Xaltocan, Santiago Tepalcatlalpan.
Felipe Zepeda Días	Módulo 8	Eje 5 Sur Marcelino Buendia y Anillo Periférico, Av. Leyes de Reforma, Chinampac de Juárez.
No disponible	Módulo 12	Henry Ford s/n, Gustavo A. Madero, Guadalupe Tepeyac.
Isidro Solache	Módulo 15	Esquina Escuadrón 201, Antigua Vía a la Venta, San Pedro de los Pinos.

4.5.1. Medición de la distancia a cada encierro

Para tener cómo evaluar este criterio, se hizo de la medición de la distancia de cada uno de los encierros desde la estación de protección civil más cercana que pudiera atender cualquier percance; con la ruta más corta y tomando en cuenta los sentidos de las calles.

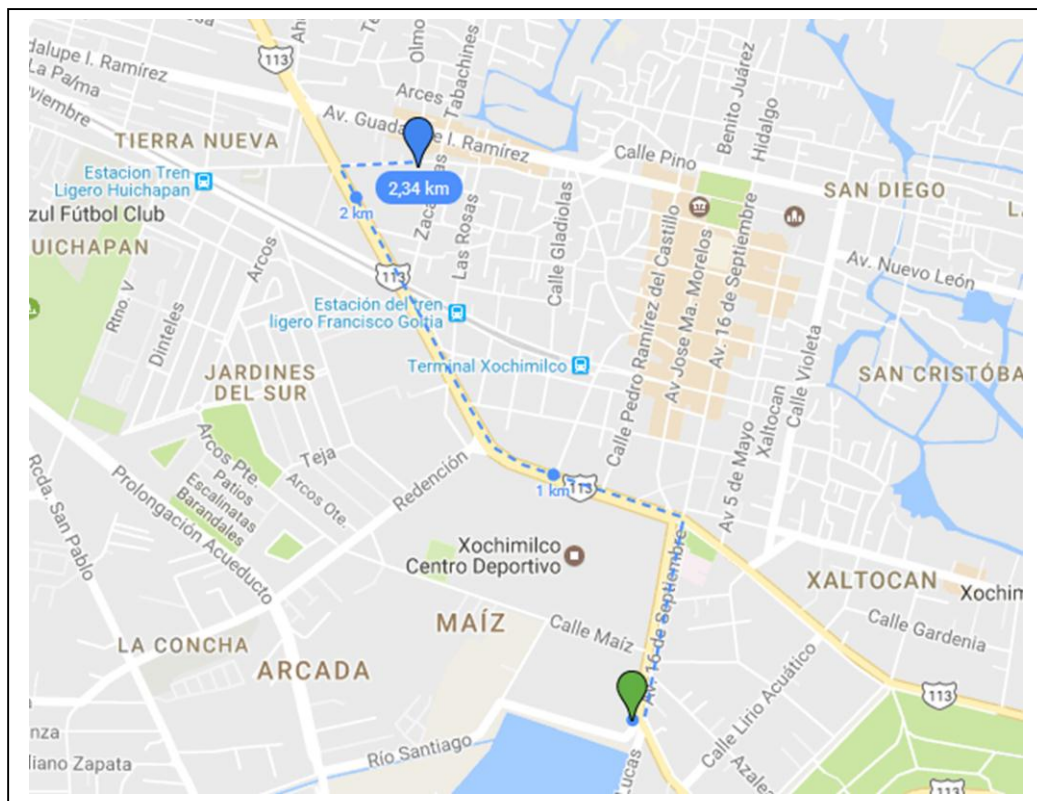


Figura 4.5 Medición para el módulo 3.

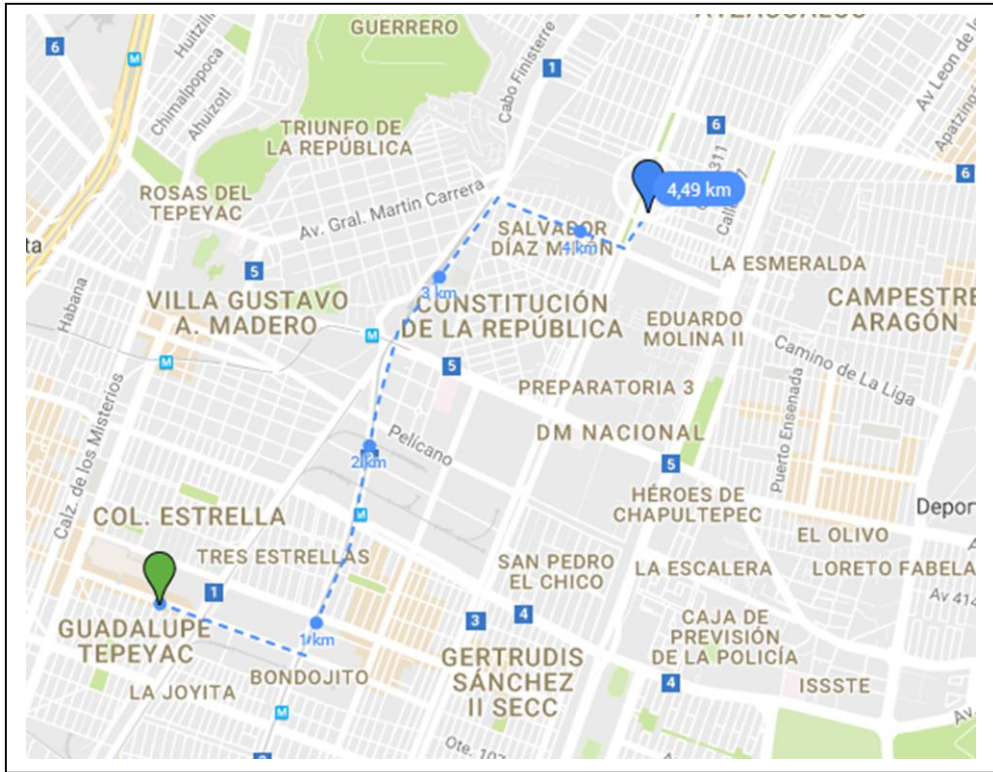


Figura 4.6 Medición para el módulo 8.

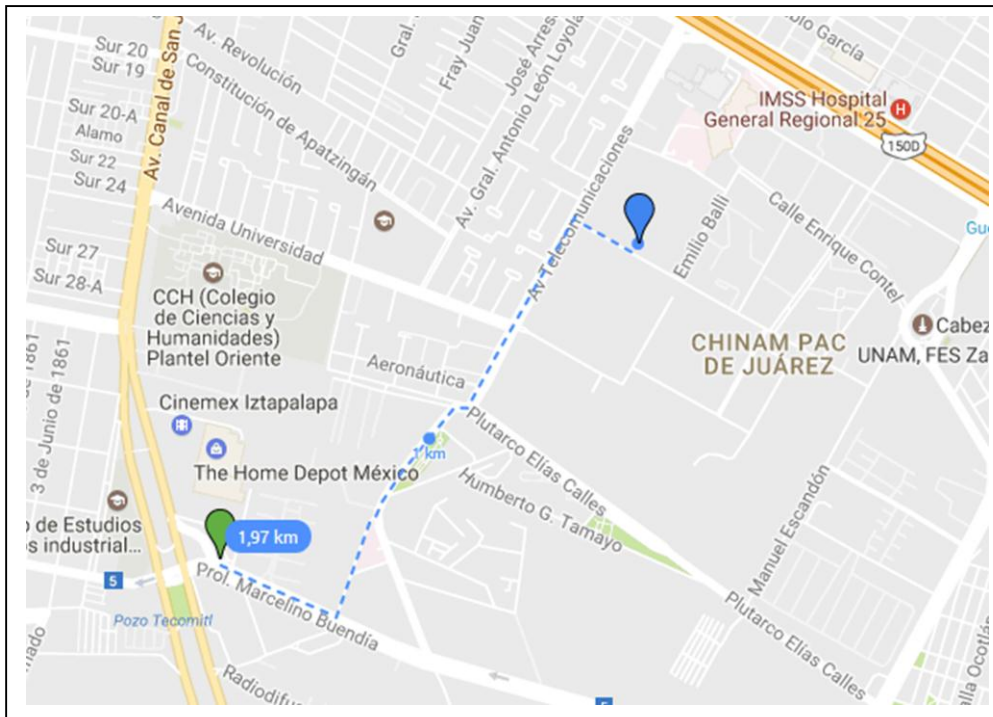


Figura 4.7 Medición para el módulo 12.

Estos resultados se considerarán para ser introducidos en la matriz de Pugh.

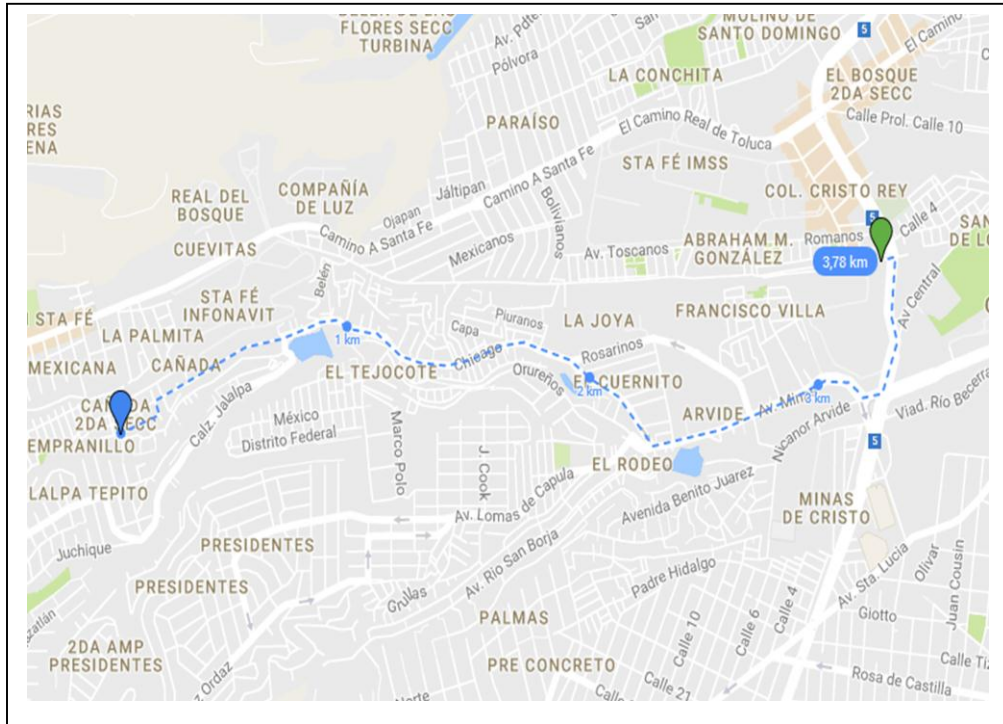


Figura 4.8 Medición para el módulo 15.

4.6. Accesibilidad de transportes

La accesibilidad de transporte es medular para la localización de planta, por lo que este criterio se basó en la lejanía de cada módulo a vías primarias.

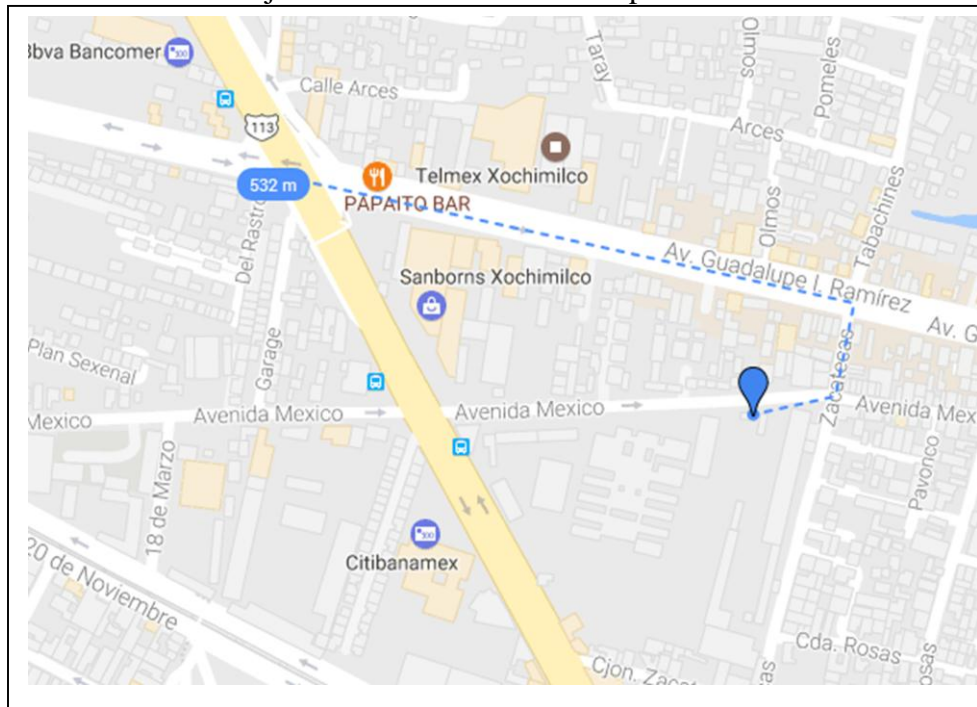


Figura 4.9 Medición para el módulo 3.

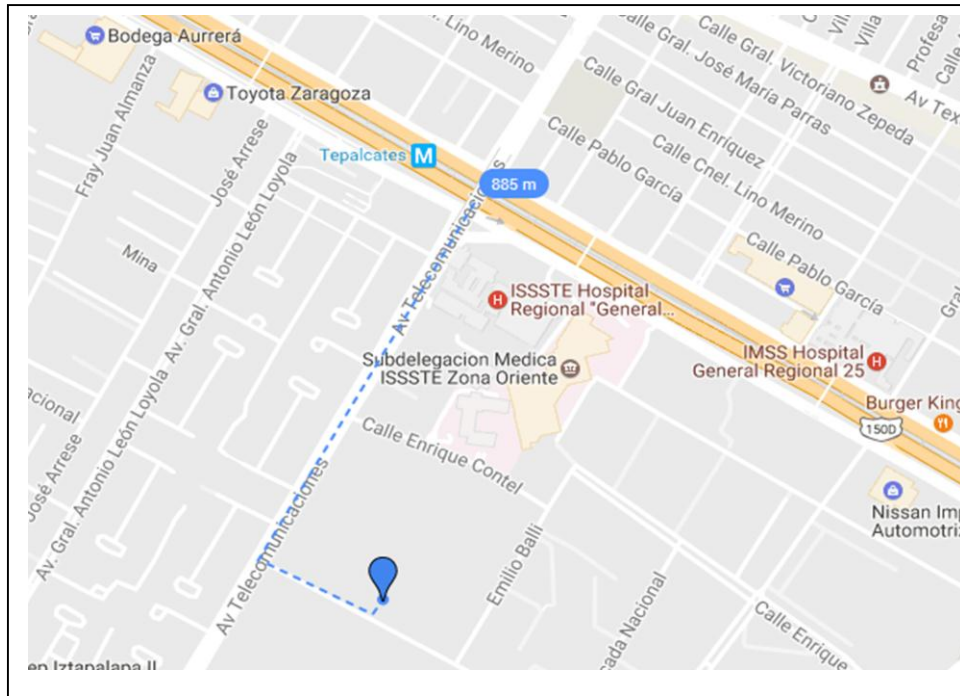


Figura 4.10 Medición para el módulo 8.

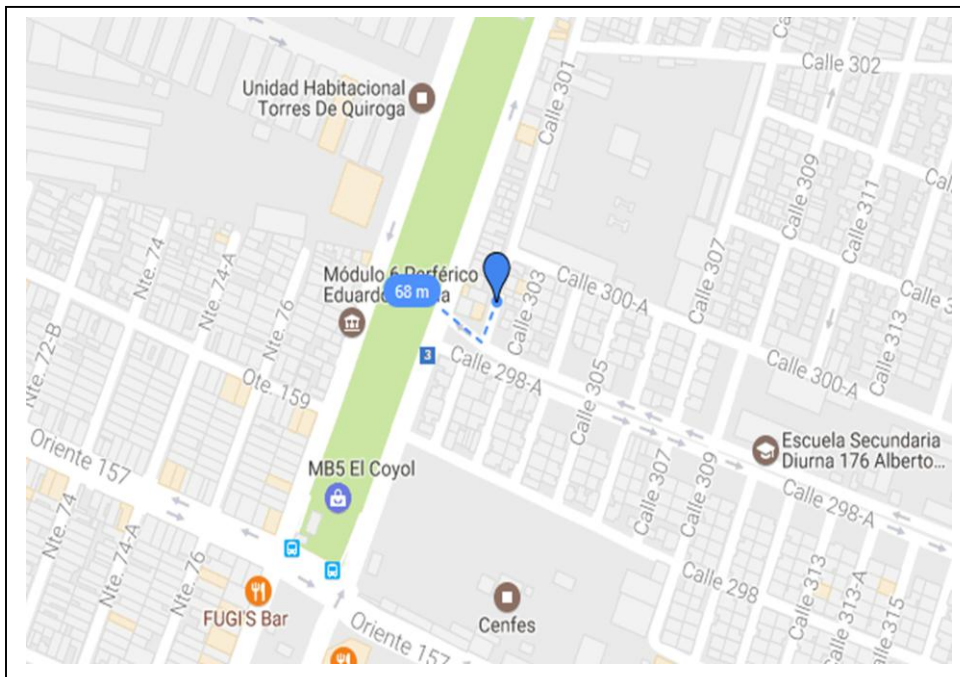


Figura 4.11 Medición para el módulo 12.

Estos resultados se considerarán para que sean introducidos en la matriz de Pugh.

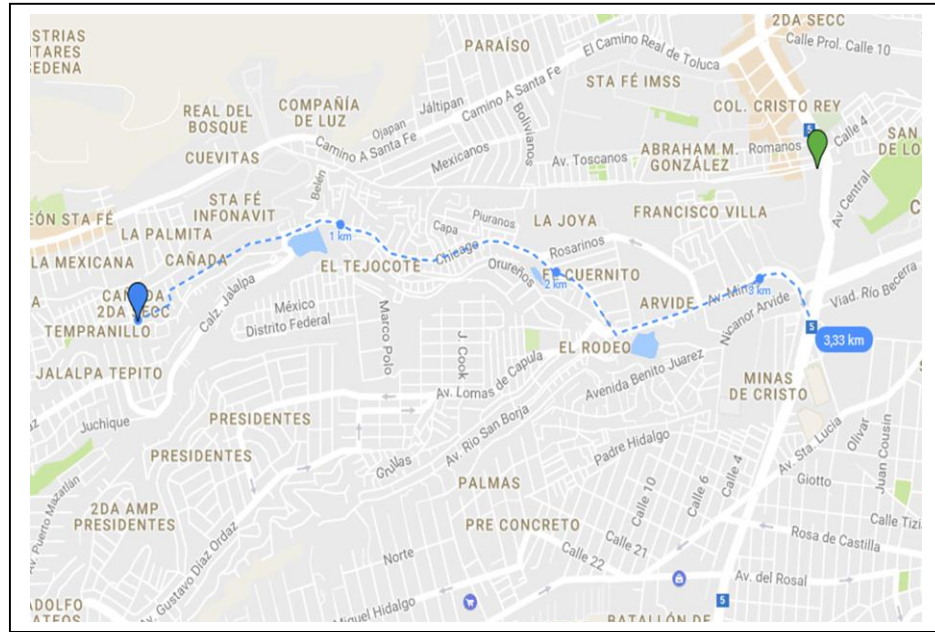


Figura 4.12 Medición para el módulo15.

4.7. El problema del Módulo 3

La evaluación de los encierros fue paulatina, había que hacer la localización de cada uno y ver que las afectaciones al entorno urbano y a la población fueran mínimas. Cuando se analizó el módulo 3, se observó que se encuentra a 250 m de canales que se conectan a lo largo de todo el parque ecológico de Xochimilco. Esto, además de dar puntos en contra de este módulo, pondría en peligro un área ecológica. Por tal razón, este módulo se descartó.

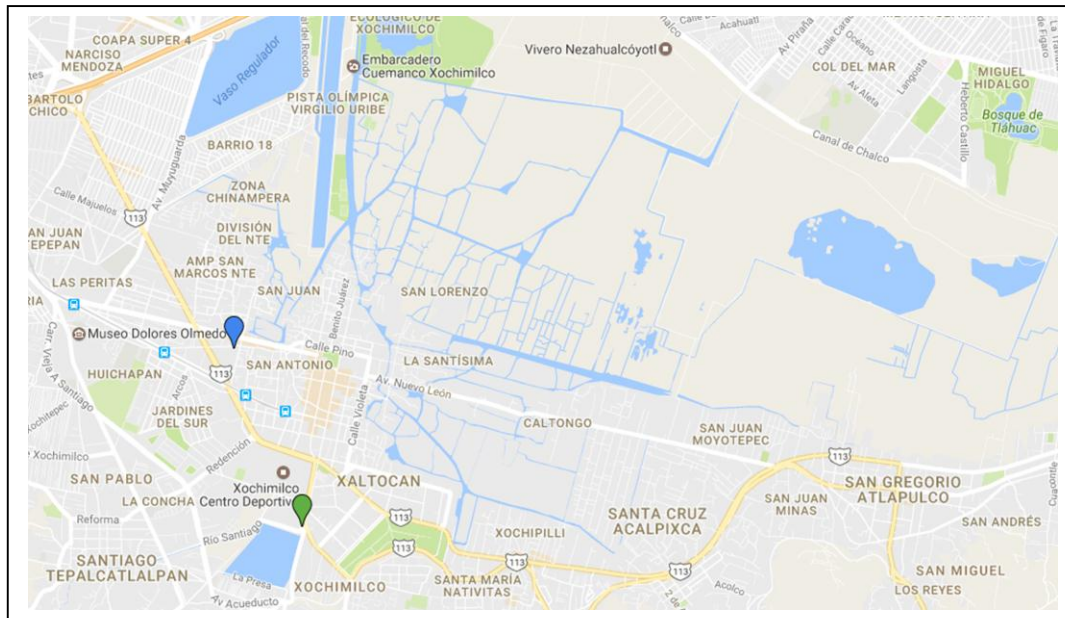


Figura 4.13 Módulo 3(azul), protección civil y de Pasajeros.

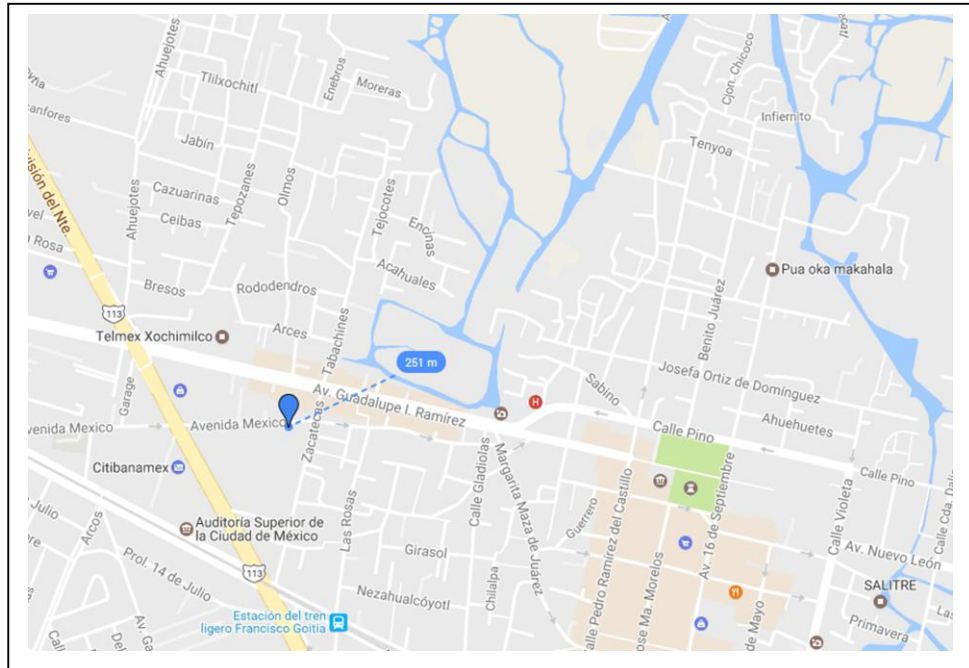


Figura 4.14 Rutas de la Red De Transporte de Pasajeros.

4.8. Segunda eliminación

Dadas las condiciones del Módulo 3, que se encuentra tan cerca de la zona ecológica de conservación de Xochimilco, no se puede seguir considerando como candidato para la construcción de la planta, por lo que ya no se tomará en cuenta para la evaluación de los criterios que restan.

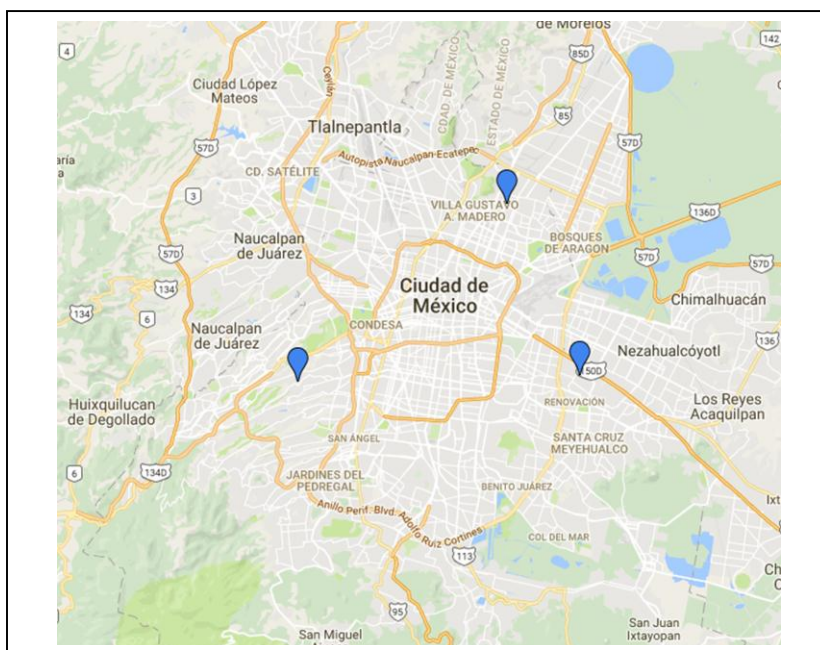


Figura 4.15 Módulos después de la segunda eliminación (8, 12 y 15).

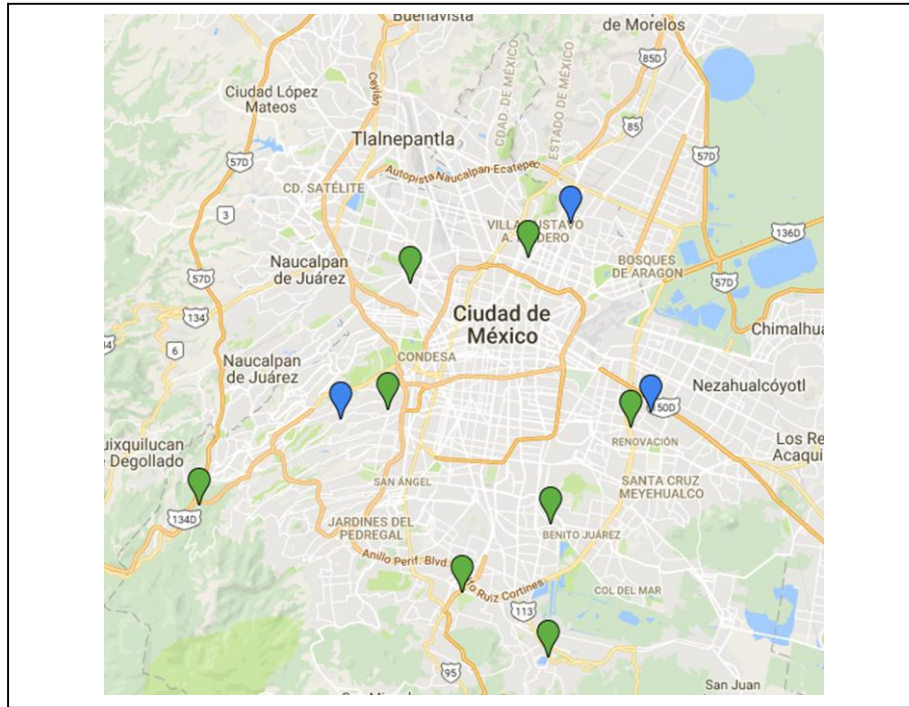


Figura 4.16 Módulos restantes (azul) y localización de protección (verde) civil.

4.9. Densidad de restaurantes

Para esta fase, los únicos módulos que se consideran como opciones viables son los Módulos 8, 12 y 15. La determinación de este criterio se hizo a partir de la necesidad de tener certeza sobre el abastecimiento de la materia prima para la producción de Biodiésel. Para generar los mapas se utilizaron los datos económicos de DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) que genera el INEGI cada año con el fin de tener registrados los comercios que existen en todo el país. El DENUE es un registro en formato de hoja de cálculo con la dirección de cada establecimiento, la capacidad de recepción en personas, los datos de contacto (número telefónico, correo electrónico) y las coordenadas geográficas. Para los fines de este estudio, sólo se tomaron en cuenta aquellas unidades económicas clasificadas como “Restaurantes con servicio completo”, que contempla todos los establecimientos con giro alimentario, desde cocinas económicas hasta cadenas de comida rápida.

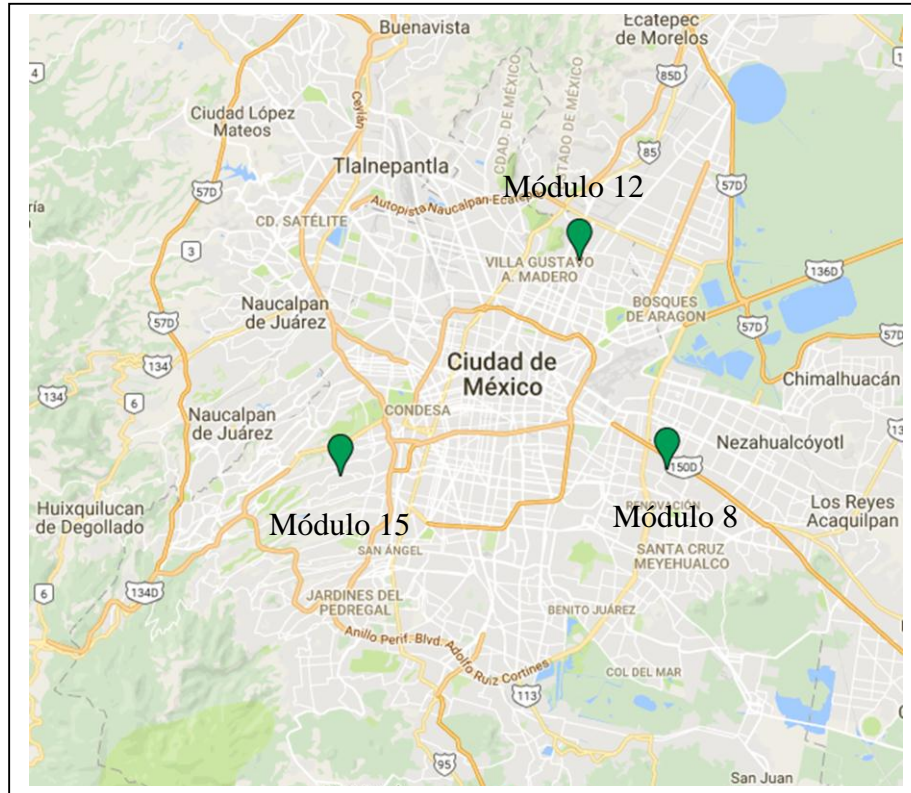


Figura 4.17 Módulos sobre los que se aplicará la densidad de restaurantes.

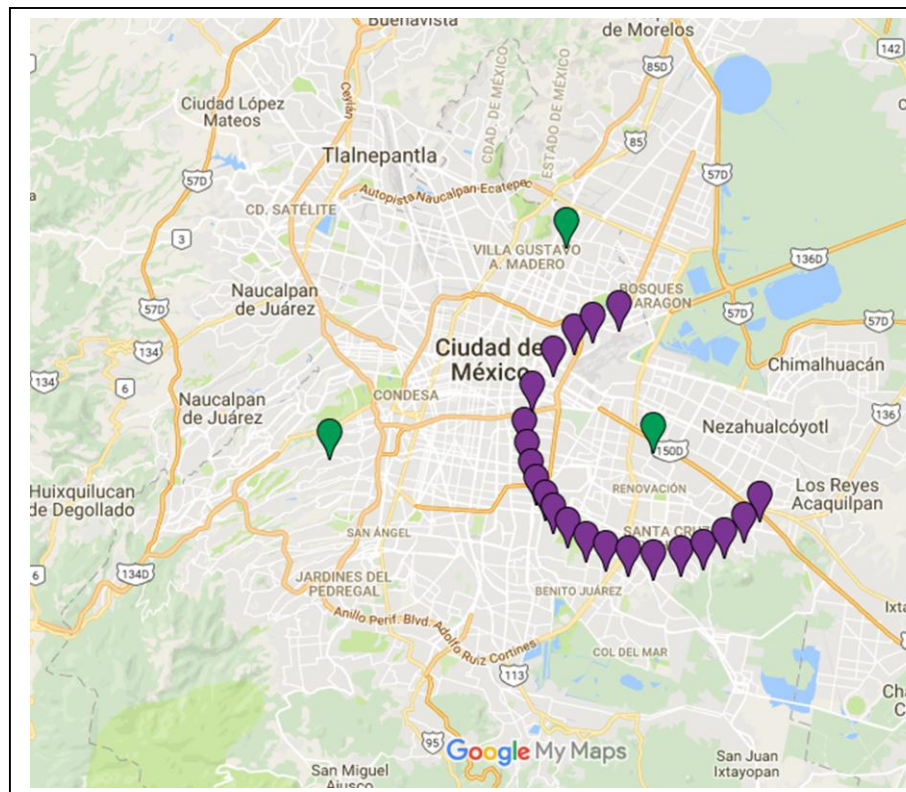


Figura 4.18 Perímetro de 7 km sobre el módulo 8.

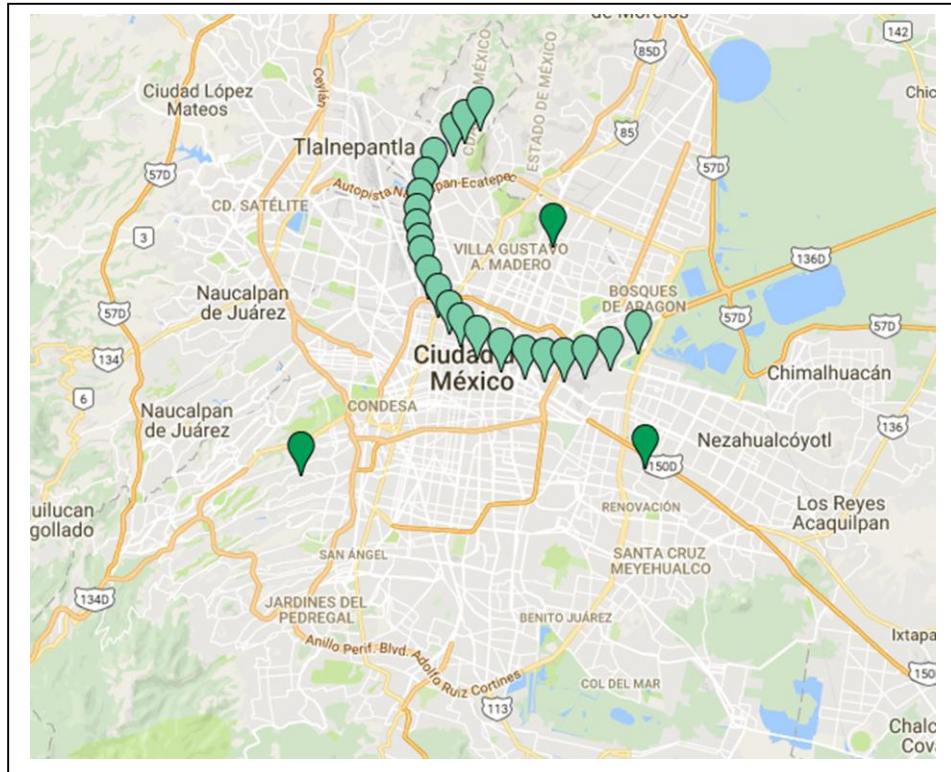


Figura 4.19 Perímetro de 7 km sobre el módulo 12.

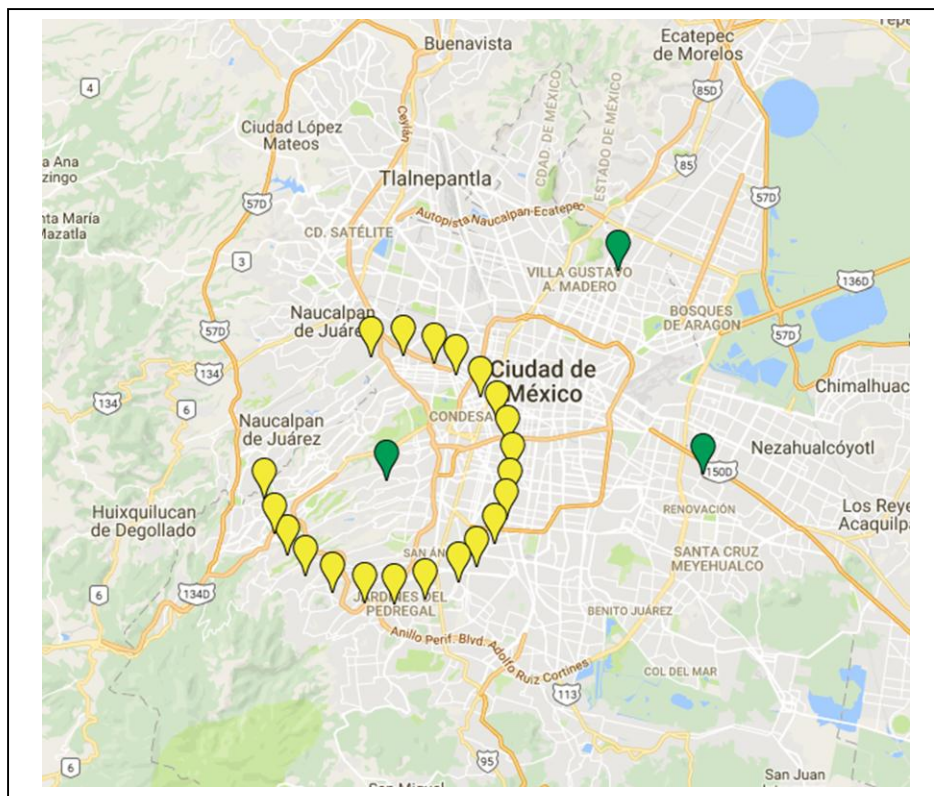


Figura 4.20 Perímetro de 7 km sobre el módulo 15.

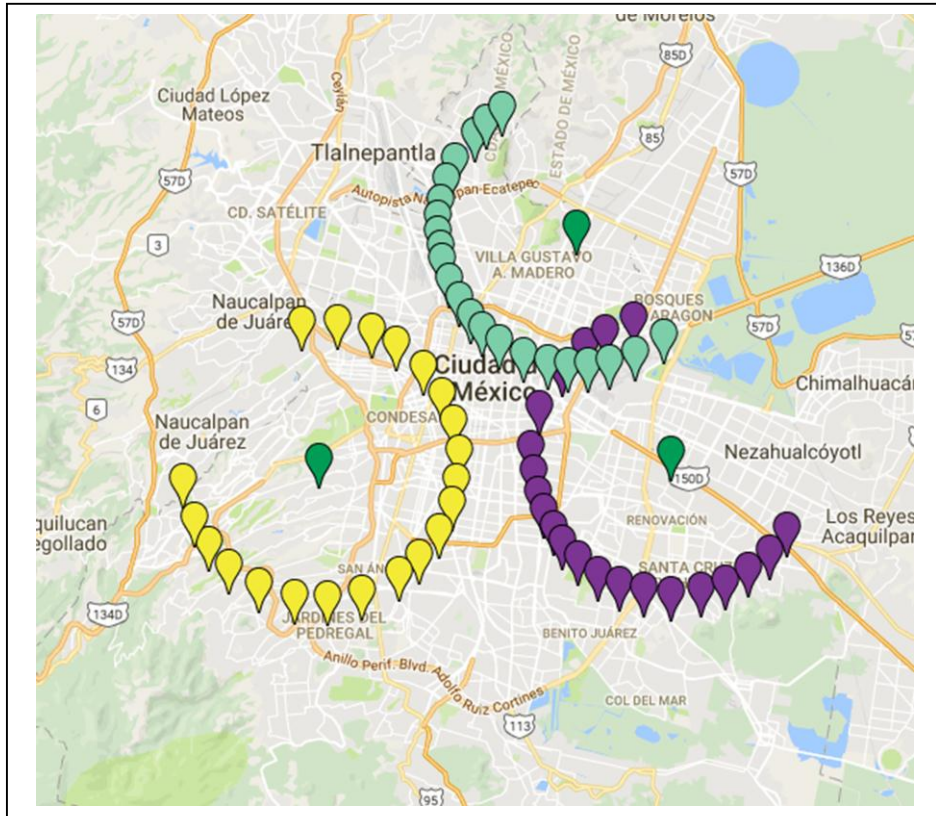


Figura 4.21 Los tres módulos con sus respectivos perímetros.

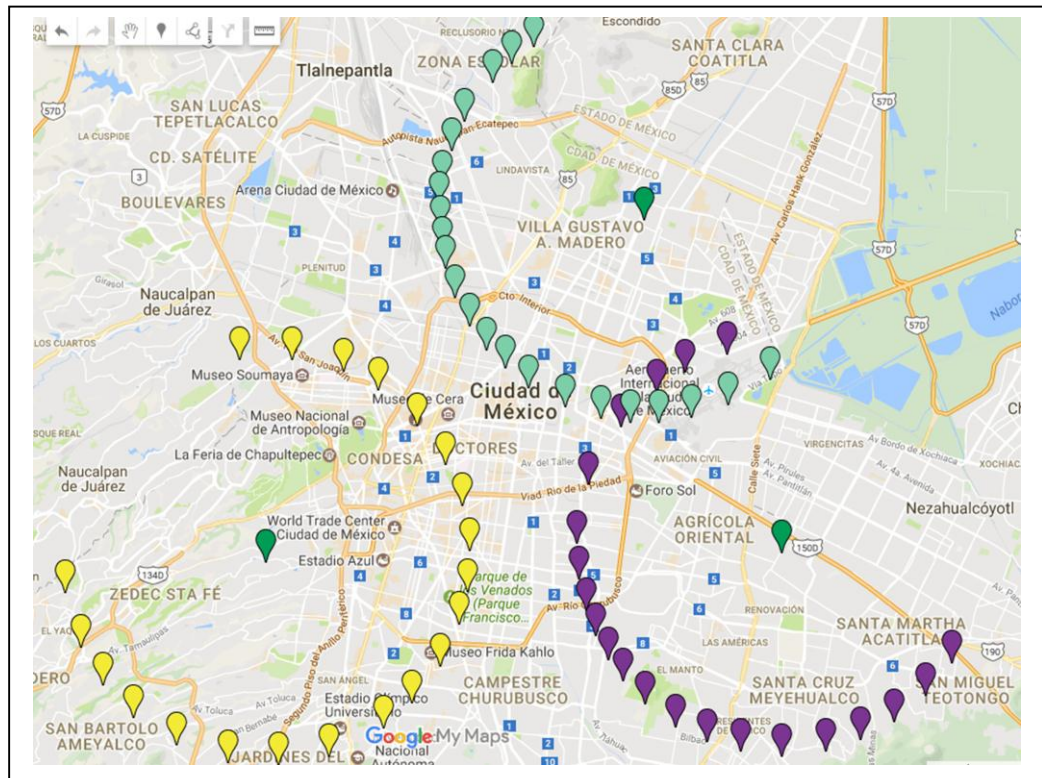


Figura 4.22 Los tres módulos con sus respectivos perímetros ampliados.

4.9.1. Densidad de restaurantes del Módulo 8

Después de encontrar en la lista del DENUE los establecimientos que rodean al módulo 8 se ubicaron en el mapa, fueron un total de 60.

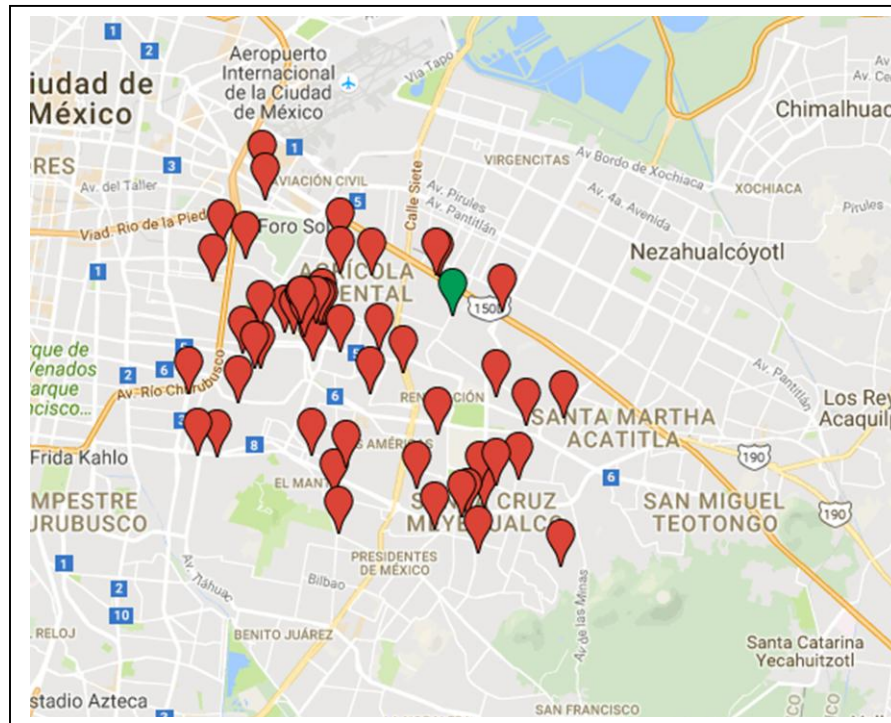


Figura 4.23 Localización de los restaurantes del módulo 8.

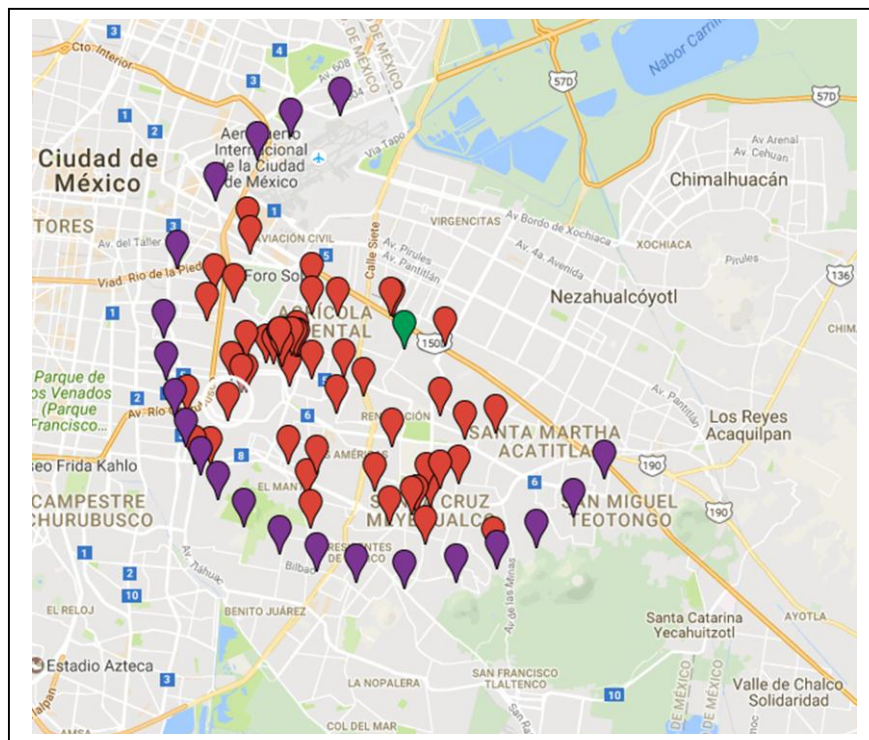


Figura 4.24 Localización de los restaurantes del módulo 8 y perímetro.

4.9.2. Densidad de restaurantes del Módulo 12

De la misma forma se hizo con el módulo 12, encontrándose un total de 105.

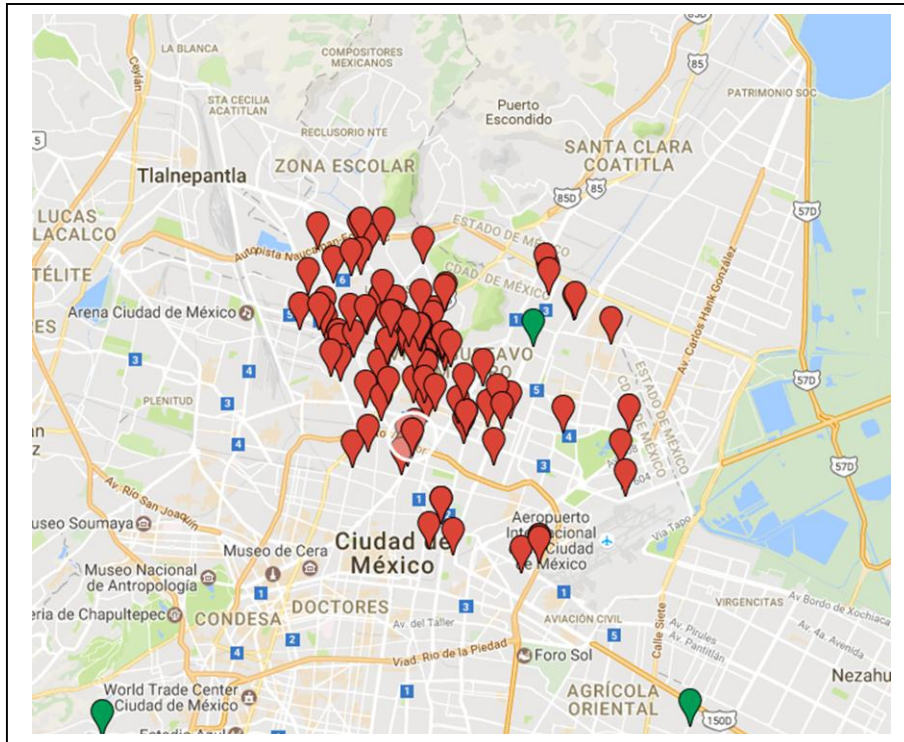


Figura 4.25 Localización de los restaurantes del módulo 12.

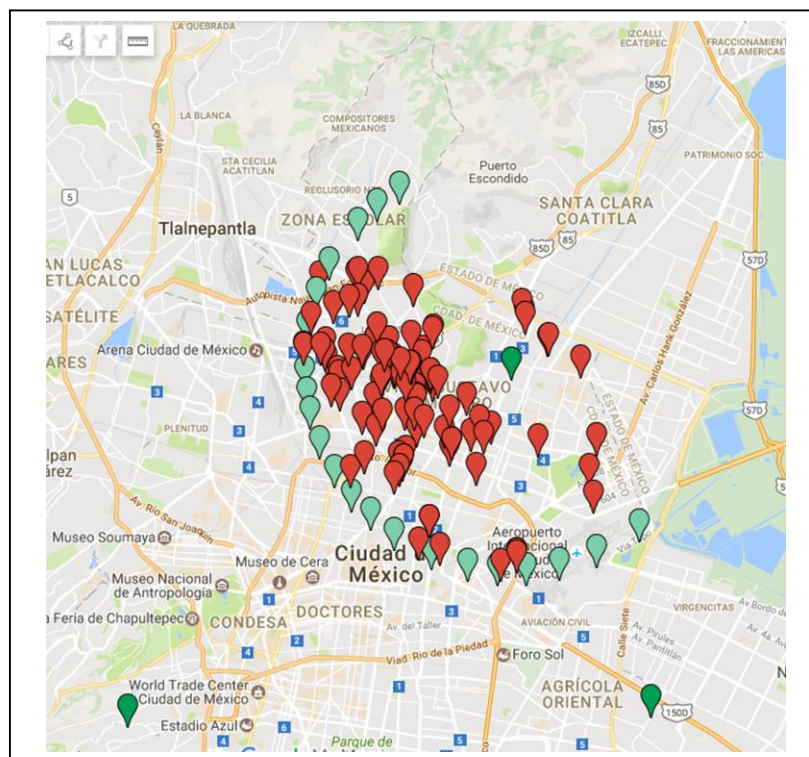


Figura 4.26 Localización de los restaurantes del módulo 12 y perímetro.

4.9.3. Densidad de restaurantes del Módulo 15

El mismo criterio se aplicó al módulo 15, encontrando 283 restaurantes.

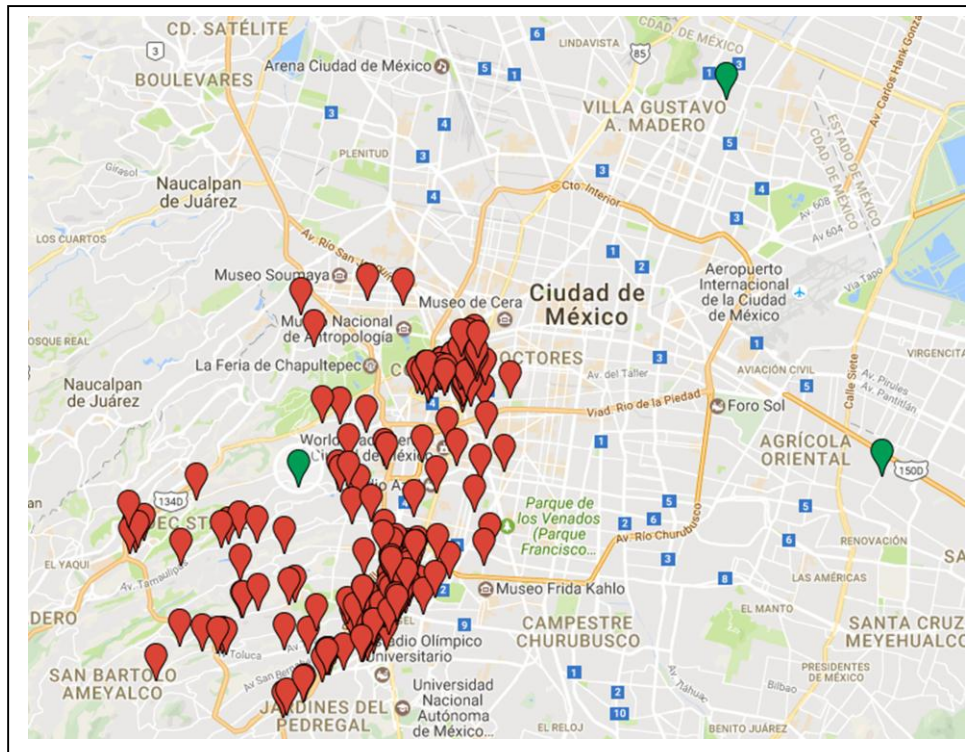


Figura 4.27 Localización de los restaurantes del módulo 15.



Figura 4.28 Localización de los restaurantes del módulo 15 y perímetro.

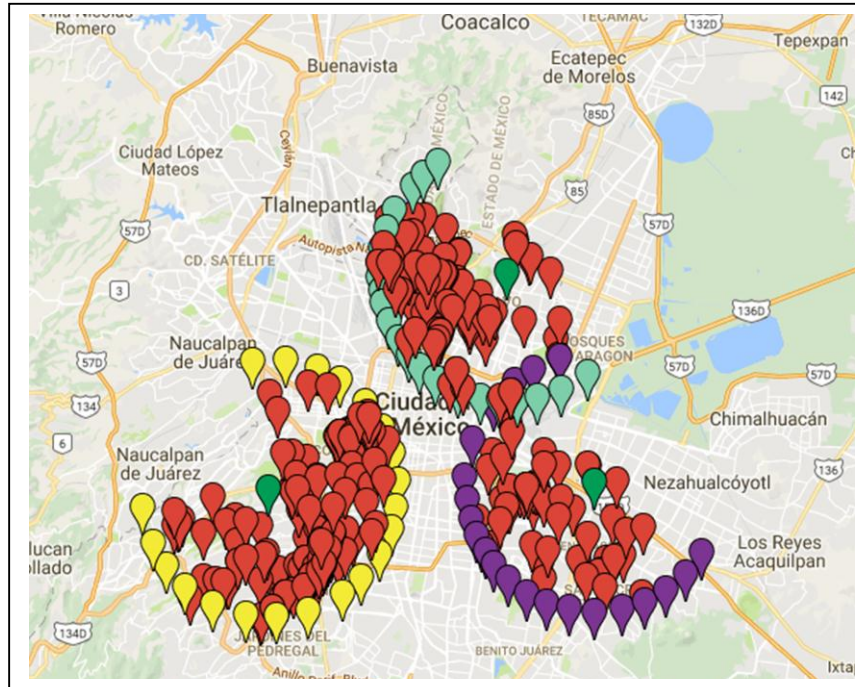


Figura 4.29 Los tres módulos con perímetros y densidades.

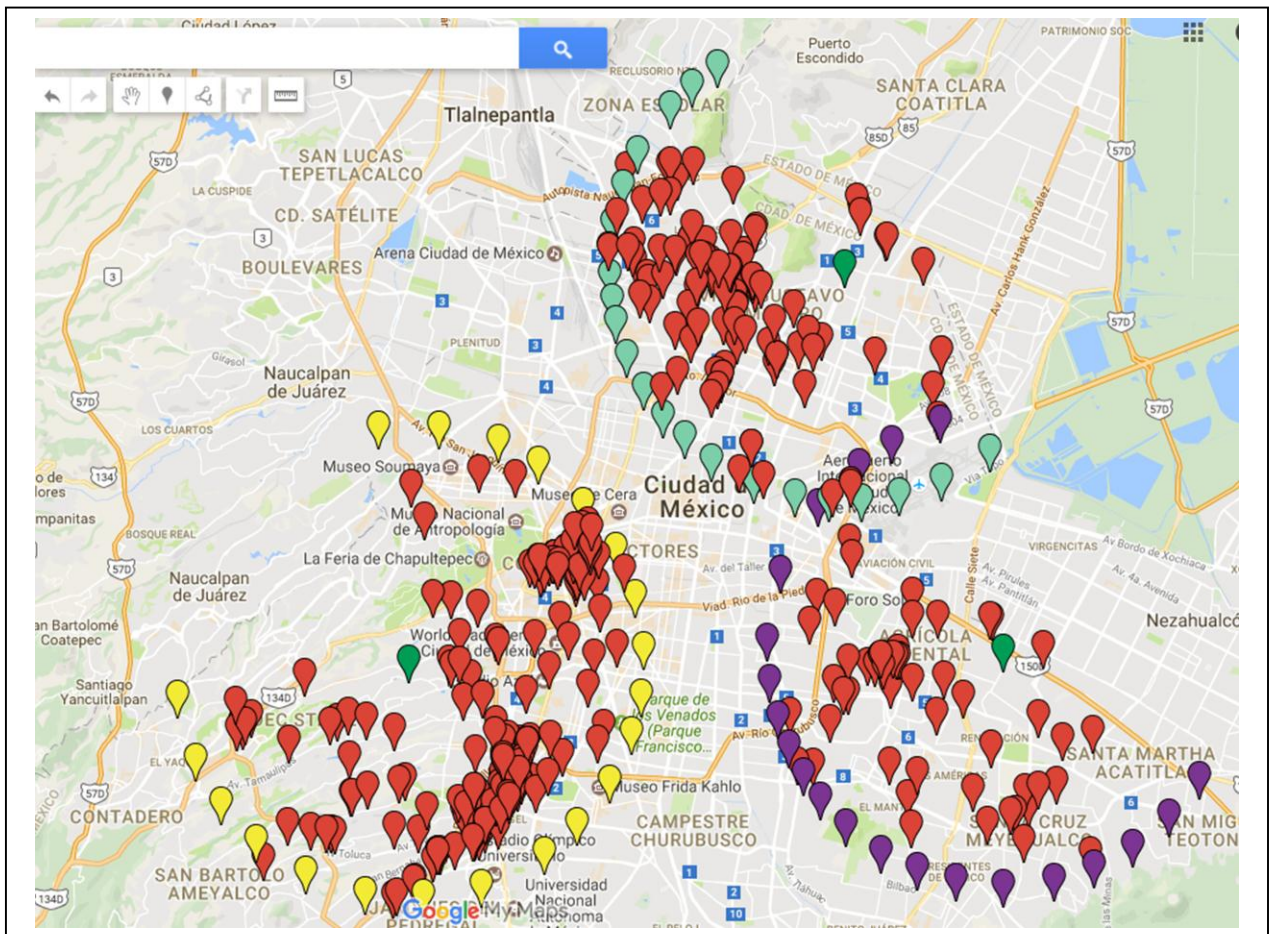


Figura 4.30 Los tres módulos con perímetros y densidades ampliada.

4.10. Eficiencia de ruta

La eficiencia de ruta fue el último criterio en crearse y se hizo con el fin de refinar y mejorar la selección del módulo.

4.10.1. Módulo 8

Para el módulo 8 se obtuvo un tiempo de recorrido promedio de 36.166 minutos.

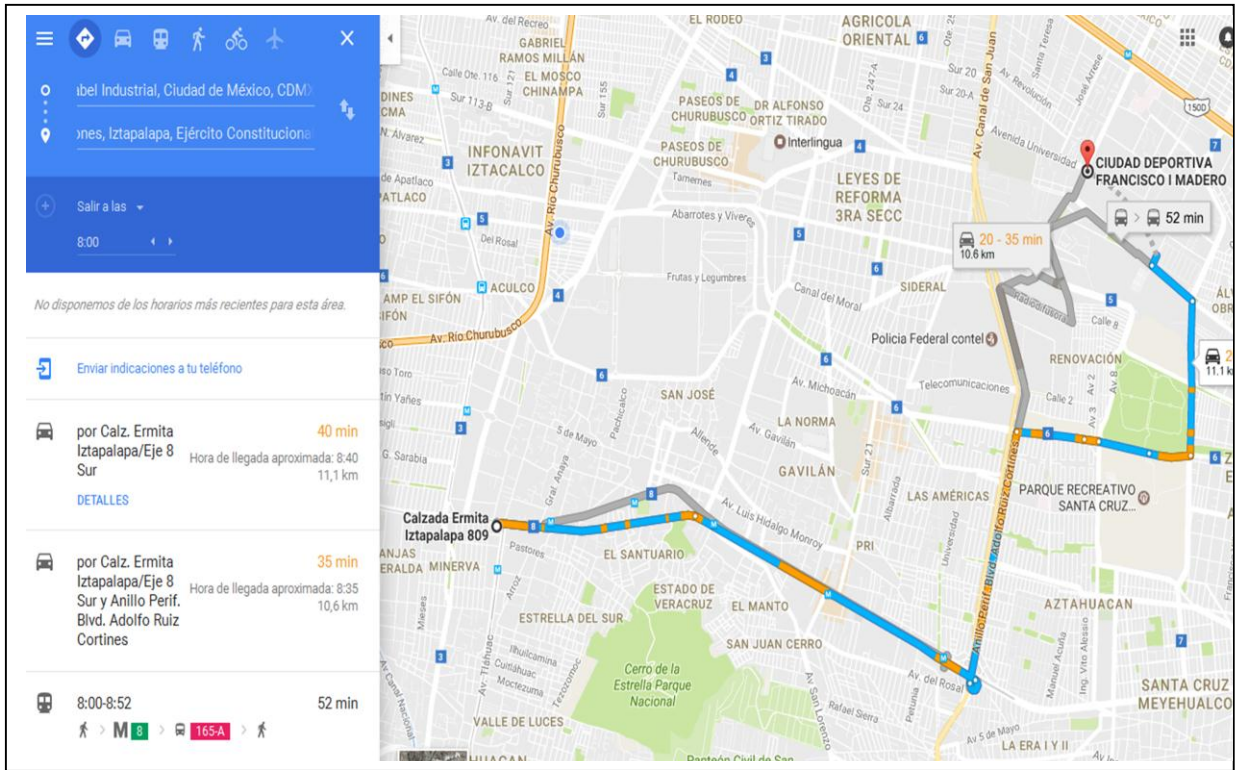


Figura 4.31 Ruta para el módulo 8.

4.10.2. Módulo 12

Para el módulo 12 se obtuvo un tiempo de recorrido promedio de 27.66 minutos.

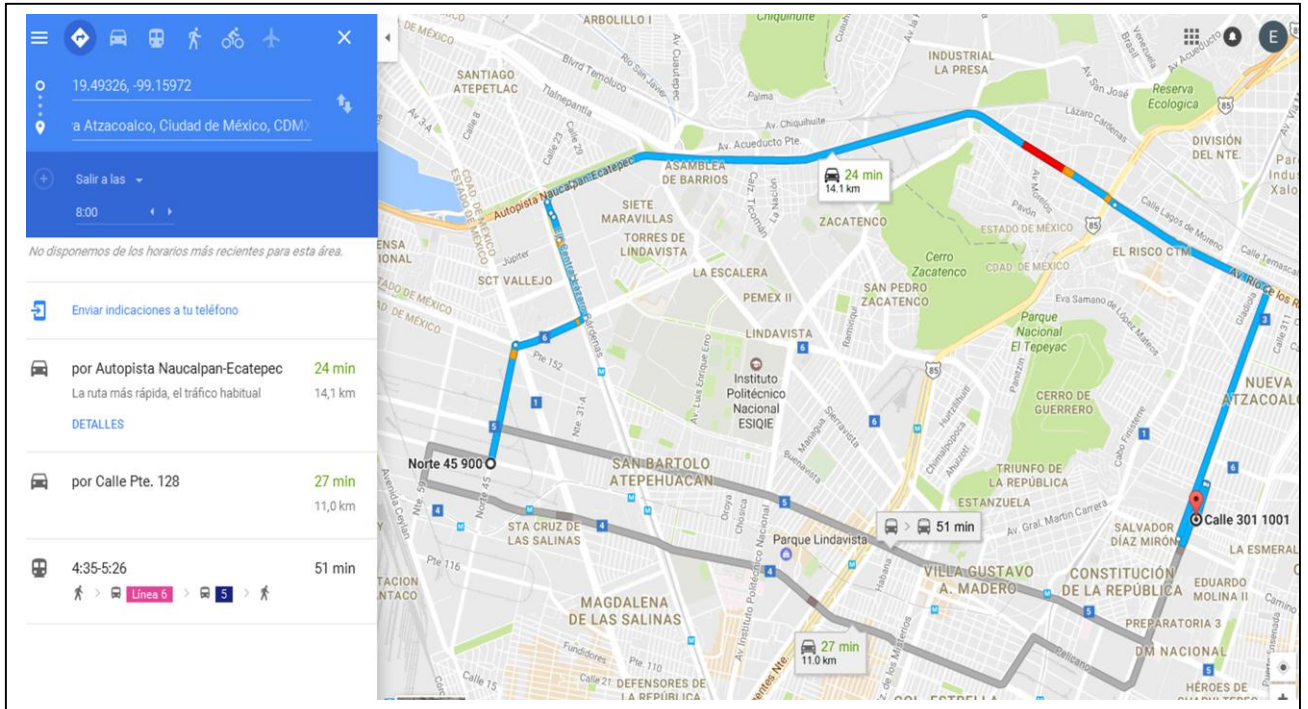


Figura 4.32 Ruta para el módulo 12.

4.10.3. Módulo 15

Para el módulo 15 se obtuvo un tiempo de recorrido promedio de 44.333 minutos.

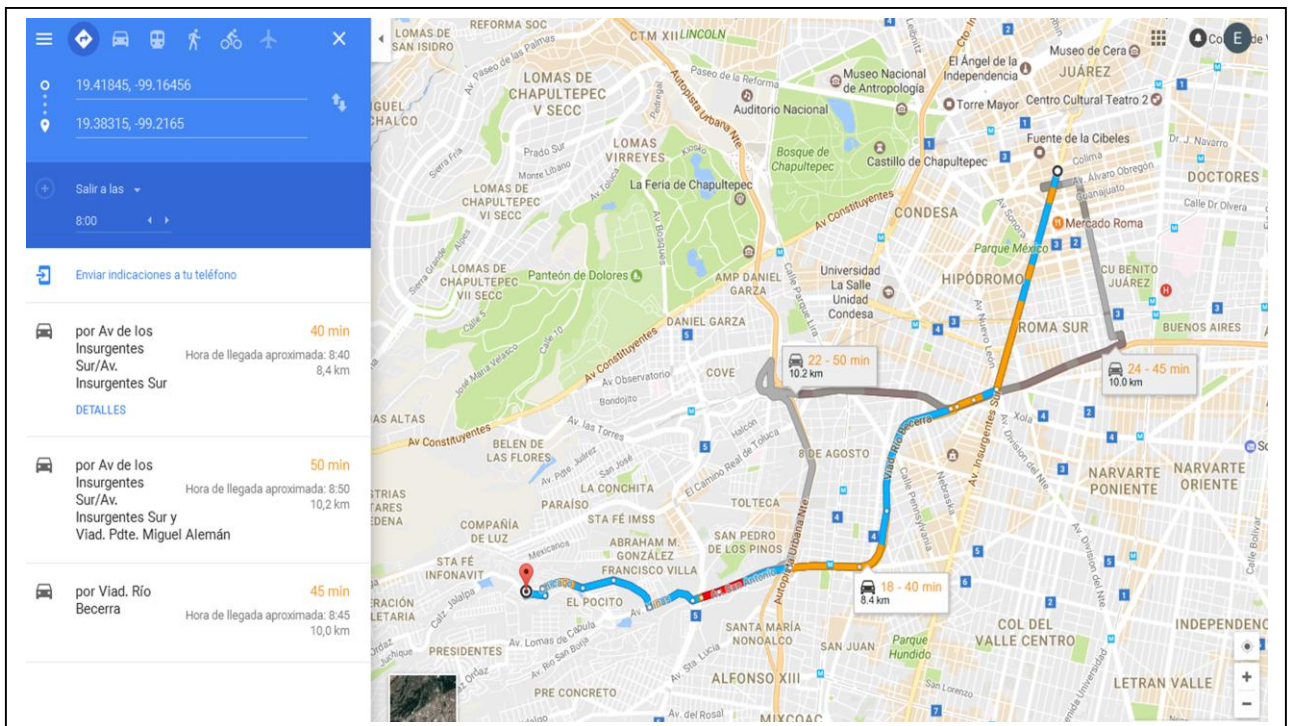


Figura 4.33 Ruta para el módulo 15.

4.11. Resumen de la información obtenida en los criterios del 4 al 7

Tabla 4.6. Resumen de los criterios 4 al 7

Características	Módulo 8	Módulo 12	Módulo 15
Distancia a protección civil [m]	4490	1970	3780
Distancia a vías primarias [m]	885	68	3330
Densidad de restaurantes	60	105	280
Tiempo promedio de ruta [min]	36.166	27.666	44.333

Para hacer la evaluación final de los últimos 3 candidatos, los módulos 8, 12 y 15, los criterios contarán con una ponderación diferente por la importancia que representan para las condiciones que se tienen dentro de la Ciudad; los criterios del 1 al 4 y 8 tendrán un peso de 1 punto, mientras que los criterios 5, 6 y 7 tendrán un peso de 2 puntos.

4.12. Conclusiones

En este capítulo se vio el caso de estudio a profundidad y la aplicación de la metodología para la evaluación de cada uno de los criterios generados. Se utilizó la Matriz de Pugh para apoyar el análisis y ya se cuenta con la información para la toma de decisión.

Capítulo 5. Resumen de resultados

5.1. Introducción

Después de mostrar la aplicación de la metodología y lo que se obtuvo a través del análisis, en este capítulo se presentará una síntesis de los resultados obtenidos por criterio para cada módulo y se hará la elección final a través de la Matriz de Pugh.

5.2. Disponibilidad de espacio dentro del encierro

Este criterio fue el que nos permitió hacer la primera ronda de eliminación entre las opciones, pues el módulo 23 y 34 no cuentan con el espacio necesario en sus instalaciones para la instalación de la planta de biodiésel. También es importante recalcar que al no cumplirse este criterio, no se vio la utilidad de hacer la evaluación de los criterios subsiguientes para los encierros sin espacio. No se pudo obtener información del Módulo 9, por lo que también se descartó desde este criterio.

Módulo 3	Módulo 8	Módulo 9	Módulo 12	Módulo 15	Módulo 23	Módulo 34
1	1	0	1	1	0	0

5.3. Legislación y normas públicas vigentes

La compatibilidad con los Programas de Desarrollo urbano permitirán evitar problemas posteriores a la construcción de la planta. En este rubro, todas que cumplieron con el primer criterio, también tienen la compatibilidad del PDU.

Módulo 3	Módulo 8	Módulo 12	Módulo 15
1	1	1	1

5.4. Disponibilidad de servicios generales (agua, energía eléctrica, drenaje)

Es muy importante que los módulos cuenten con los servicios necesarios para que el abastecimiento de materias primas y producción del biodiésel se lleve a cabo sin contratiempos. En este criterio el único módulo que no cuenta con drenaje es el Módulo 3, por lo que se le asignó una puntuación de -1.

Módulo 3	Módulo 8	Módulo 12	Módulo 15
-1	1	1	1

5.5. Acceso a instalaciones de protección civil

En este criterio se evaluó la cercanía de los módulos con las instalaciones de protección civil. Los resultados fueron favorables para 2 de los 4 módulos, el módulo 3 con una distancia de 2.34 km y el módulo 12, con una distancia de 1.97 km ambos menores a 3.5 km, razón por la cual se les asignó un 1. El módulo 8 con una distancia de 4.49 km y el módulo 15 con una distancia de 3.78 km lograron un 0 en la puntuación, por estar en el intervalo de 3.51 a 7 km. Dentro del análisis que se hizo, se vio que el Módulo 3 se encuentra a tan solo 250 m de los canales del parque ecológico de Xochimilco, lo cual implicaría un peligro al mismo en caso de algún percance con las materias primas utilizadas para la producción de biodiésel, por lo que se optó por que fuera descartado para los siguientes criterios.

Módulo 3	Módulo 8	Módulo 12	Módulo 15
1	0	1	0

5.6. Accesibilidad para transportes

Este criterio se basó en la cercanía de los encierros con una vía primaria. Para el módulo 12, la distancia fue de 68 m, por lo que se le asignó un 1 al ser menor de 500m. Para el módulo 8 fue de 885 m con lo cual se le asignó un 0, por estar dentro del intervalo de 500m a 2 km y finalmente, para el módulo 15 fue de 3.33 km, con lo cual le corresponde un -1, por estar a más de 2 km de la vía primaria.

Módulo 8	Módulo 12	Módulo 15
0	1	-1

5.7. Densidad de restaurantes

Este criterio permitió evaluar la eficiencia de transporte para las tres opciones restantes después de las primeras dos eliminaciones. El módulo 12 y 15 tuvieron un resultado de más de 100 restaurantes dentro del perímetro establecido, 105 y 280, respectivamente, con lo que se les asignó un 1, pues superaron los 100 restaurantes. El módulo 8 tuvo un resultado de 60 restaurantes por lo que se le asignó un 0, por estar dentro del rango de 51 a 100 restaurantes.

Módulo 8	Módulo 12	Módulo 15
0	1	1

5.8. Eficiencia de rutas

Con este criterio se determinó cuál de los encierros tiene una mayor eficiencia de operación, pues los tiempos de traslado implican la carga de vehículos, así como las diferentes rutas que se pueden tomar. El módulo 12 obtuvo un promedio de recorrido de 27.666 min, por lo cual se le asignó un 1, al estar en el intervalo de 0 a 30 min. El módulo 8 y 15, con tiempos de recorrido de 36.166 y 44.333 respectivamente, tienen una asignación de 0 por estar dentro del intervalo de 31 min a 1hr de recorrido.

Módulo 8	Módulo 12	Módulo 15
0	1	0

5.9. Otros factores

Esta información fue recabada en el levantamiento que se hizo en cada encierro y que influye también en la decisión que se va a tomar. El módulo 8 cuenta con un programa de suministro de combustible muy estricto, un hecho a favor que le otorgará 1 punto. En el módulo 12, el área disponible para la colocación de la planta de biodiésel corre riesgo de caída de barda. El módulo 15 sufre inundaciones en época de lluvias. Esto sería un punto en contra, pues se requerirían obras adicionales para llevar a cabo la construcción. Debido a que es un factor que puede retrasar la construcción, es algo que jugará en contra, asignando un -1.

El módulo 15 se tiene el mayor número de movimientos al día. Aquí se concentra una gran parte del parque vehicular, la construcción de una planta aquí sería muy benéfica, pues reduciría la demanda de diésel y permitiría un autoabastecimiento parcial, será una ventaja con un 1.

Módulo 8	Módulo 12	Módulo 15
1	-1	1

5.10. Resultados finales vertidos en la matriz de Pugh

Los resultados, junto con la matriz de Pugh final, se muestran en la siguiente tabla.

	Primera eliminación
	Segunda eliminación

Tabla 4.7 Matriz de Pugh final

	Ponderación	Módulo 3	Módulo 8	Módulo 9	Módulo 12	Módulo 15	Módulo 23	Módulo 34
Disponibilidad de espacio dentro del encierro	1	1	1	0	1	1	0	0
Legislación y normas públicas vigentes	1	1	1		1	1		
Disponibilidad de servicios generales (agua, energía eléctrica, drenaje)	1	-1	1		1	1		
Acceso a instalaciones de protección civil	2	1	0		1	0		
Accesibilidad de transportes	2		0		1	-1		
Densidad de restaurantes	2		0		1	1		
Eficiencia de rutas	2		0		1	0		
Otros factores	1		1		-1	1		
Total	12	1	4	0	10	4	0	0

5.11. Selección Final

Después completar la Matriz de Pugh, se concluye que la mejor opción para construir la planta de biodiésel es el Módulo 12, pues obtuvo 10 puntos de un total de 12 posibles en los criterios asignados con su respectiva ponderación para la evaluación del caso de estudio. El Módulo 12 es el que presenta las mejores condiciones en lo que respecta a accesibilidad de transporte y eficiencia de operación. Si bien la densidad de restaurantes no es la más alta de las obtenidas, es el que presenta mejores condiciones generales para la construcción de planta, a pesar de que se deben hacer obras adicionales en el terreno de construcción para evitar problemas futuros.

Conclusiones

Actualmente se vive en una necesidad constante de encontrar alternativas que contribuyan a la mejorar la sostenibilidad de la vida dentro de las grandes ciudades, no sólo en México, sino en todo el mundo. La coexistencia de la sostenibilidad y la satisfacción de necesidades han sido los motores del presente trabajo. Se han propuesto criterios, los que se consideraron más adecuados para satisfacer las necesidades de localización de planta en un entorno urbano.

Se logró la implementación de la propuesta y la metodología desarrollada, que utiliza la herramienta de la Matriz de Pugh para la toma de decisión, con la cual, a través de los criterios presentados, se logró seleccionar la mejor opción de los encierros del sistema RTP para la arrojada por los criterios y trabajo generado para el Caso de aplicación.

El módulo 12 es el que presentó la mayor eficiencia de operación, una mejor accesibilidad de transporte y una eficiencia de transporte bastante buena, todos estos, conjuntamente le otorgaron la mayor calificación. Es importante mencionar las condiciones idóneas para la construcción de la planta de biodiésel no se van a encontrar, razón por la cual se generó el presente estudio, siempre tomando en cuenta las condiciones de sostenibilidad, sin que su construcción implique el detrimento del entorno.

Se logró una colaboración satisfactoria con el departamento MISTI del MIT que estuvo monitoreando el desarrollo del proyecto, aportando ideas y ayudando a refinar la metodología que se ideó y posteriormente se utilizó para la selección.

También es importante mencionar que los resultados del presente trabajo se presentaron satisfactoriamente en el formato de artículo en el 10° Simposio de Investigación SISCCA 2017, organizado por la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Los criterios y metodología generados en el presente trabajo no están limitados a su uso exclusivo en la Ciudad de México ni a la localización de sólo plantas de biodiésel, ya que pueden ser de gran utilidad en la implementación de desarrollos similares, como plantas de incineración de basura o recicladoras, en entornos urbanos. De igual manera, estos criterios, pueden implementarse en otras ciudades que tengan condiciones similares a las de la Ciudad de México o pueden adaptarse a las condiciones presentes en otras ciudades.

Bibliografía

Asociación Nacional de Gestores de Residuos de Aceite y Grasas Comestibles. *Sabías qué...*, Disponible en: <http://www.geregras.es/medio-ambiente/List/show/sabias-que-1-litro-de-aceite-contamina-1000-de-agua-1134> [Fecha de consulta: 15 marzo 2016].

Awad Núñez, S. (2015). *La movilidad sostenible: un reto de las ciudades en el s.XXI*, España: Revista Ciudad Sostenible, núm 21. Disponible en: <http://urbanismoytransporte.com/la-movilidad-sostenible-un-reto-de-las-ciudades-en-el-s-xxi/> [Fecha de consulta: 26 abril 2016].

Benjumea Hernández, P. N., Agudelo Santamaría, J. R. y Ríos, L. A. (2009). *Biodiésel: Producción, calidad y caracterización*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

Burge, S. (2009). *The Systems Engineering Tool Box* Disponible en: <http://www.burgehugheswalsh.co.uk/uploaded/1/documents/pugh-matrix-v1.1.pdf> [Fecha de consulta: 1ro octubre 2016].

Castellanos A., J. R., Guevara E., E. (2014) Ingeniería básica de una planta de biodiésel a partir de una mezcla de aceites comestibles vegetales de desecho para el transporte de la Ciudad de México. México: Tesis UNAM.

Centro Mario Molina, (2010). *Los Biocombustibles en México*. México, Disponible en: <https://centromariomolina.org/aumento-de-temperaturas-en-el-norte-de-mexico/> [Fecha de consulta: 15 febrero 2016].

Cervantes Sánchez, E., (1988). *El desarrollo de la Ciudad de México*. México: Revista Omnia núm. 11. Disponible en: <http://www.posgrado.unam.mx/sites/default/files/2016/04/1103.pdf> [Fecha de consulta: 22 mayo 2016].

Constructorio. Publicado el 17 oct. 2012 Programa General de Desarrollo Urbano de la Ciudad de México. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=CSCI9mIBiJY> [Fecha de consulta: 13 septiembre 2016].

Coughlan, S., (2016). *¿Son las megaciudades los nuevos países del siglo XXI?*, BBC Mundo Disponible en: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/01/160120_economia_ciudades_nuevos_estados [If](#) [Fecha de consulta: 19 agosto 2016].

European Commission (2015) *Biofuels* Disponible en: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/biofuels> [Fecha de consulta: 6 mayo 2016].

FAO (2008). *El estado mundial de la Agricultura y alimentación 2008*, Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0100s/i0100s04.pdf> [Fecha de consulta: 15 febrero mayo 2016].

Gutiérrez Chaparro, J. J. (2009). *Planeación urbana en México: Un análisis crítico sobre su proceso de evolución*. Chile: Universidad del Bío Bío, Urbano, vol. 12, núm. 19. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/198/19811644008.pdf> [Fecha de consulta: 30 marzo 2016].

Gutiérrez de MacGregor, M. T. (2003). *Desarrollo y distribución de la población urbana en México*. México: Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n50/n50a10.pdf> [Fecha de consulta: 15 agosto 2016].

IBISWorld. (2016). *Cooking Oil Recycling: Market Research Report*, Disponible en: <https://www.ibisworld.com/industry/cooking-oil-recycling.html> [Fecha de consulta: 6 junio 2016].

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/> [Fecha de consulta: 22 agosto 2016].

Montaño Salazar, R. (1999). *Estructura Urbana de la Ciudad de México*. Disponible en: <http://www-cpsv.upc.es/documents/EstructuraUrbanadelaCiudaddeMexico.pdf> [Fecha de consulta: 8 junio 2016]

Moreno García, D., y Cantú Martínez, P. C. (2005) *La sustentabilidad alimentaria, una visión antropológica*. México: Facultad de Salud Pública y Nutrición, Universidad Autónoma de Nuevo León. Disponible en: <http://www.respyn.uanl.mx/vi/4/ensayos/sustentabilidad.html> [Fecha de consulta: 18 marzo 2016].

Muñúzuri Hernández, S. E, y Alejandro Rodríguez-Arana, M. (2015). *Movilidad Urbana en la Ciudad de México: Una Revisión Propositiva*. México: Revista Derecho ambiental y Ecología del Centro de Estudios Jurídicos y Ambientales. Disponible en: http://ceja.org.mx/IMG/Movilidad_Urbana_en_la_Ciudad_de_Mexico.pdf [Fecha de consulta: 10 agosto 2016].

NORMA Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. Diario oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 1ro de febrero 2013.

Obra social Caja Madrid. (2010). *Guía de Movilidad Urbana Sostenible: Un reto energético y ambiental*. Disponible en: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Movilidad-Urbana-Sostenible-un-reto-energetico-y-ambiental-2010.pdf> [Fecha de consulta: 15 octubre 2016].

ONU Hábitat México (2016). *Reporte Nacional de Movilidad Urbana en México 2014-2015*. Disponible en: <http://www.onuhabitat.org/Reporte%20Nacional%20de%20Movilidad%20Urbana%20en%20Mexico%202014-2015%20-%20Final.pdf> [Fecha de consulta: 17 septiembre 2016].

Rase, H. F. y Barrow, M. H. (1984). *Ingeniería de Proyectos para plantas de proceso*. México: Continental.

Red Mexicana de Bioenergía. México. (2011). *La Bioenergía en México Situación Actual y perspectivas*. Disponible en: <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT4.pdf> [Fecha de consulta: 3 febrero 2016].

Secretaría de Energía. México. (2015). *Balance Nacional de Energía 2014*. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44353/Balance_Nacional_de_Energ_a_2014.pdf [Fecha de consulta: 15 enero 2016].

Secretaría de Comunicaciones y Transporte (2004). *El transporte en la región centro de México Vol. 1 Diagnóstico General*. Disponible en: <http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt232.pdf> [Fecha de consulta: 3 mayo 2016].

Secretaría de Protección Civil, Objetivos y Descripción de la Secretaría. (2016). *Acerca de..., Objetivos*. Disponible en: <http://www.proteccioncivil.cdmx.gob.mx/secretaria/acerca-de> [Fecha de consulta: 26 octubre 2016].

Suárez, M. y Delgado, J. (2007). *La expansión urbana probable de la Ciudad de México. Un escenario pesimista y dos alternativas para el año 2020 México: El Colegio de México Estudios Demográficos y Urbanos, vol. 22, núm.* Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/312/31222105.pdf> [Fecha de consulta: 30 agosto 2016].

Wikipedia. (2015). *Crecimiento de la zona urbana de la Ciudad de México*. Disponible en: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/MX-DF-Crecimiento_de_la_ciudad_de_M%C3%A9xico.png [Fecha de consulta: 22 mayo 2016].

Apéndice A

Compuesto	Riesgo	Medidas de seguridad al transportar y almacenar	Medidas y equipo necesarios para su manejo	Medidas a tomar en caso de derrames
Ácidos Ácido clorhídrico HCl	<p>No es inflamable. Se produce gas inflamable cuando se encuentra en contacto con metales. Se generan vapores tóxicos e irritantes de cloruro de hidrógeno cuando se calienta. El ácido clorhídrico y concentraciones altas de gas, son altamente corrosivos a la piel y membranas mucosas.</p>	<p>Etiqueta negra y blanca de sustancia corrosiva. También se clasifica como sustancia peligrosa para el medio ambiente (Clase 9.2). No transportar con sustancias explosivas, gases venenosos, sustancias que puedan presentar combustión espontánea, comburentes, peróxidos, radiactivos ni sustancias con riesgo de incendio.</p>	<p>Para su manejo es necesario utilizar lentes de seguridad y, si es necesario, guantes de neopreno, viton o hule butílico, nunca de PVA o polietileno; en lugares bien ventilados. No deben usarse lentes de contacto cuando se utilice este producto. Nunca aspirar con la boca. Si se manejan cantidades grandes de este producto, es necesario utilizar un equipo de respiración autónoma sin partes de aluminio.</p>	<p>Construir diques para contenerlo. Use neblina de agua para bajar los vapores, esta disolución es corrosiva, por lo que debe almacenarse para ser neutralizada antes de verterse al drenaje. Para neutralizar el material derramado, se utiliza cal, carbonato de calcio o cal sodada. El derrame puede contenerse cavando un foso o haciendo un dique con tierra, sacos de arena o espuma de poliuretano. El líquido puede absorberse con cemento en polvo y neutralizarse posteriormente como en el caso ya mencionado.</p>
Ácido Sulfúrico H₂SO₄	<p>Reacciona vigorosamente en contacto con el agua produciendo vapores tóxicos y corrosivos. Incompatible con carburos, cloratos metales en polvo. Genera vapores tóxicos de óxido de azufre cuando se calienta hasta la descomposición.</p>	<p>Etiqueta negra y blanca de sustancia corrosiva. No transporte con sustancias explosivas, sustancias que en contacto son agua pueden desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, ni</p>	<p>Utilizar gafas de seguridad para químicos con protección lateral y protector facial completo su el contacto directo con el producto es posible. Guantes, botas de caucho, ropa protectora de cloruro de polivinilo, nitrilo,</p>	<p>Evacuar o aislar el área de peligro. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. No tocar el material. Contener el derrame con diques hechos de arena, arcilla u otro material inerte para evitar que entre en</p>

		alimento. Grupo de empaque: II.	neopreno o caucho de butilo. Respirador con filtro de vapores ácidos.	alcantarillas, sótanos y corrientes de agua. No adicionar agua al ácido. Neutralizar lentamente, con ceniza de soda, cal u otra base. Después recoger los productos y depositar en contenedores con cierre hermético para su posterior disposición.	
Bases					
Hidróxido sodio NaOH	de	Este compuesto no es inflamable sin embargo, puede provocar fuego si se encuentra en contacto con materiales combustibles. Por otra parte, se generan gases inflamables al ponerse en contacto con algunos metales. Es soluble en agua generando calor.	Etiqueta de sustancia corrosiva. El hidróxido de sodio debe ser almacenado en un lugar seco, protegido de la humedad, agua, daño físico y alejado de ácidos, metales, disolventes clorados, explosivos, peróxidos orgánicos y materiales que puedan arder fácilmente.	Para el manejo del NaOH es necesario el uso de lentes de seguridad, bata y guantes de neopreno, nitrilo o vinilo. Siempre debe manejarse en una campana y no deben utilizarse lentes de contacto al trabajar con este compuesto. En el caso de trasvasar pequeñas cantidades de disoluciones de sosa con pipeta, utilizar una Propipeta. Nunca aspirar con la boca.	En caso de derrame, ventilar el área y colocarse la ropa de protección necesaria como lentes de seguridad, guantes, overoles químicamente resistentes, botas de seguridad. Mezclar el sólido derramado con arena seca, neutralizar con HCl diluido, diluir con agua, decantar y tirar al drenaje. La arena puede desecharse como basura doméstica. Si el derrame es de una disolución, hacer un dique y neutralizar con HCl diluido, agregar gran cantidad de agua y tirar al drenaje.
Hidróxido potasio KOH	de	El proceso de solución causa la formación de nieblas corrosivas. El material caliente o fundido puede	Etiqueta de sustancia corrosiva Use solo unidades autorizadas para el transporte	Cuando se requiera, usar un respirador con cartucho para vapores alcalinos, en caso de incendio usar	El personal no protegido debe evacuar el área. El personal protegido utilizando traje de encapsulamiento

<p>reaccionar violentamente con agua. Agua, ácidos, líquidos inflamables y compuestos orgánicos halogenados, especialmente cloroetileno, componentes nitrogenados, metales como: aluminio y zinc.</p>	<p>de materiales peligrosos que cumplan con la regulación de la SCT y demás autoridades federales así como con las sugerencias hechas por el fabricante. Evite almacenar o transportar con productos químicos incompatibles con los que pudiera reaccionar violentamente como: Agua, ácidos, líquidos inflamables y compuestos orgánicos halogenados, especialmente cloroetileno, componentes nitrogenados, metales como: aluminio y zinc.</p>	<p>equipo de aire autónomo y equipo contra químicos, el traje de bombero no es adecuado en incendios con este material. Utilice guantes de neopreno o de PVC, si va a estar en contacto directo con el producto, usar chaqueta, pantalón, botas resistentes al ácido. Lentes de seguridad (de plástico), escudo facial completo de plástico (careta de plástico). Se debe tener la ventilación suficiente y constante como para reducir los gases en el ambiente.</p>	<p>(Protección Nivel “A”), deberá detener el derrame ó fuga, improvise un dique con arena ó tierra, la solución recuperada neutralícelas con ácido Clorhídrico, o Acético, si no existen estos, diluya con abundante agua. No permita que el derrame ó el agua de dilución se dirijan hacia las alcantarillas de drenaje de agua.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Alcoholes
Metanol
CH₄O

<p>Es un producto inflamable. Sus vapores pueden explotar si se prenden en un área cerrada y pueden viajar a una fuente de ignición, prenderse y regresar al área donde se produjeron en forma de fuego. Los contenedores pueden explotar.</p> <p>En general, es incompatible con ácidos, cloruros de</p>	<p>Etiqueta roja de líquido inflamable. No transportar con sustancias clase explosivas, gases venenosos, sólidos de combustión espontánea, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, sustancias con riesgo de incendio, ni alimentos.</p>	<p>El manejo de este producto debe hacerse en un lugar bien ventilado, utilizando bata, lentes de seguridad y, si el uso es prolongado, guantes. No deben usarse lentes de contacto al utilizar este producto. Al trasvasar pequeñas cantidades con pipeta, utilizar propipetas, nunca aspirar con la boca.</p>	<p>Utilizar el equipo de seguridad mínimo (bata, lentes de seguridad y guantes) y, dependiendo de la magnitud del siniestro, utilizar equipo de protección completa y de respiración autónoma. Alejar cualquier fuente de ignición del derrame y evitar que llegue a fuentes de agua y drenajes. Para ello construir diques con tierra, bolsas de arena</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ácido, anhídridos, agentes oxidantes, agentes reductores y metales alcalinos.

Etanol
C₂H₆O

Por ser un producto inflamable, los vapores pueden llegar a un punto de ignición, prenderse y transportar el fuego hacia el material que los originó. Los vapores pueden explotar si se prenden en un área cerrada y pueden generar mezclas explosivas e inflamables con el aire a temperatura ambiente.

Los productos de descomposición son monóxido y dióxido de carbono.

En general, es incompatible con ácidos, cloruros de ácido, agentes oxidantes y

Etiqueta roja de líquido inflamable. No transporte con sustancias explosivas, gases venenosos, sustancias que pueden experimentar combustión espontánea, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, radiactivas, ni sustancias con riesgo de incendio.

El manejo de este producto debe hacerse en un lugar bien ventilado, utilizando bata, lentes de seguridad y, si el uso es prolongado, guantes. No deben usarse lentes de contacto al utilizar este producto. Al trasvasar pequeñas cantidades con pipeta, utilizar propipetas, NUNCA ASPIRAR CON LA BOCA.

o espuma de poliuretano, o bien, construir una fosa.

Para bajar los vapores generados, utilice agua en forma de rocío y almacene el líquido.

Si el derrame es al agua, airear y evitar el movimiento del agua mediante barreras naturales o bombas para controlar derrames y succionar el material contaminado

Utilizar el equipo de seguridad mínimo (bata, lentes de seguridad y guantes) y, dependiendo de la magnitud del siniestro, utilizar equipo de protección completa y de respiración autónoma.

Alejar cualquier fuente de ignición del derrame y evitar que llegue a fuentes de agua y drenajes. Para ello construir diques con tierra, bolsas de arena o espuma de poliuretano, o bien, construir una fosa

Para bajar los vapores generados, utilice agua en forma de rocío y almacene el líquido.

Si el derrame es al agua, airear y evitar el movimiento del agua mediante barreras naturales o

<p>reductores y metales alcalinos.</p>	<p>bombas para controlar derrames y succionar el material contaminado. El material utilizado para absorber puede quemarse.</p> <p>El material utilizado para absorber el derrame y el agua contaminada debe de almacenarse en lugares seguros y desecharlo posteriormente de manera adecuada.</p> <p>En el caso de derrames pequeños, el líquido puede absorberse con papel y llevarse a un área segura para su incineración o evaporación, después lavar el área con agua.</p>
<p>Glicerina C₃H₅(OH)₃</p>	
<p>Biodiésel</p>	<p>Transferir el material derramado a contenedores de seguridad. Donde sea necesario recoger utilizando medios absorbentes. Trapos empapados con producto pueden causar combustión espontánea si se dejan expuestos a temperaturas iguales o superiores a 35°C. En caso de derrame incontrolado de este producto se debe poner en conocimiento a las autoridades</p>

competentes siguiendo las leyes aplicables. Evitar llamas abiertas.