



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN**

**DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA E HIDRÁULICA**

**TESIS**

**ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO ELÉCTRICO EN LA ZONA  
METROPOLITANA DE AGUASCALIENTES**

**PRESENTA**

**Luis Fernando Anaya Marín**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL  
EN EL ÁREA AMBIENTAL**

**TUTOR**

**Dr. Gerardo Araiza Garaygordóbil**

**COTUTOR**

**Dr. Tonahtuic Moreno Codina**

**Aguascalientes, Ags. A Mayo de 2016**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

Centro de Ciencias del Diseño  
y de la Construcción

OFICIO No. CCDC-D-154-2016  
ASUNTO: Conclusión de Tesis

**DRA. GUADALUPE RUIZ CUELLAR  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
PRESENTE.**

Por medio de este conducto informo que el documento final de tesis titulado: **“Estudio de la factibilidad de la implementación de un sistema de transporte colectivo eléctrico en la zona metropolitana de Aguascalientes.** Presentado por el sustentante: **ARQ. LUIS FERNANDO ANAYA MARÍN** con ID **107758** egresado de la **MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**, cumple las normas y lineamientos establecidos institucionalmente. Cabe mencionar que el autor cuenta con el voto aprobatorio correspondiente.

Para efecto de los trámites que al interesado convengan se extiende el presente, reiterándole las consideraciones que el caso amerite.

**A T E N T A M E N T E  
“SE LUMEN PROFERRE”**

**Aguascalientes, Ags., a 25 de mayo de 2016**

  
**Dr. en Ing. Mario Eduardo Zermeño de León  
DECANO DEL C. DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN**

c.c.p.- M. en Ing. José Luis López López – Secretario de Investigación y Posgrado del CCDC.  
c.c.p.- Dr. Jesús Pacheco Martínez – Secretario Técnico de la Maestría en Ingeniería Civil.  
c.c.p.- Dr. Gerardo Araiza Garaygordobil – Tutor de Tesis.  
c.c.p.- Dr. Tonahtíuc Moreno Codina – Cotutor de Tesis.  
c.c.p.- Arq. Luis Fernando Anaya Marín – Egresado de la Maestría en Ingeniería Civil.  
c.c.p.- Lic. Delia Guadalupe López Muñoz – Jefe Sección de Certificados y Títulos.  
c.c.p.- Archivo

MEZL/rbv

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES  
FORMATO DE CARTA DE VOTO APROBATORIO

**DR. MARIO EDUARDO ZERMEÑO DE LEÓN**  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS  
DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN  
P R E S E N T E

Por medio del presente como Tutor designado del estudiante **LUIS FERNANDO ANAYA MARÍN** con ID 107758 quien realizó la tesis titulada: **ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO ELÉCTRICO EN LA ZONA METROPOLITANA DE AGUASCALIENTES** y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla, y así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATE NTAMENTE  
"Se Lumen Proferre"

*Aguascalientes, Ags., a 13 de mayo de 2016.*

**Dr. Gerardo Araiza Garaygordóbil**  
Tutor de tesis

c.c.p.- Interesado  
c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado  
c.c.p.- Jefatura del Depto. de construcción y estructuras  
c.c.p.- Consejero Académico  
c.c.p.- Minuta Secretario Técnico

V. B.  
MEZ

## AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este trabajo hubiera sido imposible sin la ayuda de muchas personas e instituciones que desinteresadamente brindaron su apoyo para lograr el resultado esperado y a las que me gustaría agradecer brevemente de forma individual:

Primero que nadie, me gustaría agradecer a mi familia y amigos que me alentaron en todo momento.

A mi casa de estudios, la Universidad Autónoma de Aguascalientes por convertirse por segunda ocasión en mi hogar y brindarme todas las facilidades para mi formación y la culminación de este proyecto, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico que me permitió realizar esta Maestría.

Al Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica por facilitarme todas las herramientas técnicas, instalaciones e información durante mi estancia de investigación en España.

A mi tutor, el Doctor Gerardo Araiza Garaygordóbil que me brindó su apoyo durante el último año y medio, sin el cual no hubiese sido posible llegar a este momento, a mi cotutor, el Doctor Tonahtic Moreno Codina, quien me brindó toda su ayuda y confianza desde el inicio de este proceso y quien me motiva a continuar desarrollando el tema que presento en este documento. Quiero expresar un especial agradecimiento a la Maestra María Guadalupe Lira Peralta por todo el apoyo que me brindó en todo momento.

A mi co-tutora internacional, la Doctora Rocío Cascajo y al Director del TRANSyT, el Doctor Andrés Monzón, quienes me hicieron parte de su equipo de trabajo durante unos meses y me brindaron todo su apoyo para ampliar los horizontes de mi proyecto.

Finalmente, a mis compañeros del área ambiental de la MIC, Lorena, Marisela, Guillermo, Joel, Lilia, Claudia, Mónica, Isaac y Alfredo que se han convertido en grandes amigos y a mis compañeros del TRANSyT, en especial a Ángela y Carlos que me brindaron su apoyo y amistad.



## DEDICATORIAS

Al llegar al final de este proceso que ha tenido sus altas y bajas, quiero dedicarles este trabajo las personas que son los más importantes en mi vida:

Primeramente a Dios que me brinda la fortaleza que me ayuda a trabajar día con día para ser una mejor persona.

A mi mamá y a mi papá que me han ayudado con su ejemplo de trabajo a luchar por conseguir todo lo que deseo y que me han demostrado siempre su apoyo incondicional en todos los aspectos así como su cariño, me gustaría agradecerles el hacerme ver el orgullo que sienten de mi, ya que ello me motiva a seguir trabajando en lo que más me gusta.

A las seis personas que además de mis padres me han apoyado durante toda mi vida y me han dado todo su cariño y confianza, mis hermanos, José Luis, Nadia, Oscar, Heyzol, Karina y Carlos.

A mis sobrinos Alexis, Santiago, Luis, Sebastián, Sofía y Constanza que me alegran cada día.

A mis amigos, que se han convertido en mi segunda familia y que me apoyaron en distintas formas durante este proceso, Edith, Mayran, Andrea y Diego. A las personas que se convirtieron en mi familia y apoyo durante mi estancia en España, África, Berta, Raúl, Evelyn y cada una de sus familias.

Finalmente me gustaría dedicar este trabajo a la sociedad de Aguascalientes, a la que estoy profundamente orgulloso de pertenecer, el deseo de mejorar las condiciones de vida en nuestra ciudad ha sido mi principal motivación para realizar este trabajo.

## INDICE GENERAL

### Contenido

INDICE GENERAL .....	6
INDICE DE TABLAS .....	10
INDICE DE GRAFICAS .....	11
INDICE DE FIGURAS.....	12
INDICE DE MAPAS .....	14
ACRÓNIMOS.....	16
RESUMEN .....	17
ABSTRACT.....	18
INTRUDUCCIÓN .....	19
JUSTIFICACIÓN .....	19
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	20
OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	24
Objetivo general .....	24
Objetivos particulares.....	24
DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	25
CAPITULO I.....	28
I. MARCO TEORICO .....	28
1.1 Antecedentes .....	28
1.1.1 Antecedentes históricos de la ciudad .....	28
1.1.2 Implementación del antiguo tranvía de Aguascalientes.....	31
1.1.3 Desaparición del antiguo tranvía en el mundo.....	34
1.1.4 Cambios transformadores de la estructura urbana de la ciudad de Aguascalientes .....	35
1.2 Sistema y modos de transporte en las ciudades .....	36
1.2.1 Transporte privado.....	36
1.2.2 Transporte público .....	36

1.3 Resurgimiento del nuevo tranvía en el mundo.....	37
1.4 Características del tranvía moderno.....	37
1.5 Situación actual de la zona metropolitana de Aguascalientes, Jesús María y San Francisco de los Romo .....	38
1.5.1 Generalidades.....	38
1.5.2 Condiciones socioeconómicas .....	39
1.5.3 Condiciones demográficas en la Zona metropolitana de Aguascalientes .....	41
1.5.4 Condiciones ambientales en la zona metropolitana de Aguascalientes.....	44
1.5.4.1 Condiciones Naturales .....	44
1.6 Situación actual de emisiones a la atmosfera .....	47
1.6.1 Emisiones por fuentes móviles .....	47
1.7 Análisis de las características de viaje en la zona metropolitana de Aguascalientes.....	50
1.7.1 Tiempos actuales de traslado de los usuarios .....	50
1.7.2 Costos de movilidad de los usuarios .....	52
1.7.3 Reparto modal.....	53
1.7.4 Conformidad de los usuarios con los servicios de transporte público actuales	54
CAPITULO II.....	56
2. METODOLOGÍA .....	56
2.1 Software utilizado.....	56
2.1.1 Sistema de Información Geográfica (SIG) .....	56
2.1.2 Software para análisis estadístico .....	57
2.2 Determinación de la factibilidad social .....	57
2.3 Determinación de la factibilidad urbana .....	60
2.4 Determinación de la factibilidad ambiental.....	61
CAPITULO III.....	65
3. PROPUESTA DE LA LINEA.....	65
CAPITULO IV.....	70
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	70

4.1 Determinación de la factibilidad Social.....	70
4.1.1 La población como factor de demanda .....	70
4.1.2 El empleo como factor de demanda.....	73
4.1.3 Los equipamientos como factor de demanda .....	74
4.2 Determinación de la factibilidad urbana .....	83
4.2.1 Avenida José F. Elizondo .....	83
4.2.2 Avenida Licenciado Adolfo López Mateos .....	85
4.2.3 Calle Cristóbal Colón .....	87
4.2.4 Calle Juan de Montoro.....	89
4.2.5 Avenida Alameda.....	94
4.2.6 Avenida Tecnológico.....	96
4.2.7 Calle los conos.....	98
4.2.8 Avenida Ojocaliente .....	100
4.2.9 Avenida Aguascalientes .....	103
4.2.10 Avenida Guadalupe González y Avenida María del Carmen Martín del Campo .....	106
4.3 Atributos paisajístico territorial.....	107
4.3.1 Impacto visual .....	107
4.3.2 Áreas inundables .....	109
4.3.3 Riesgo de accidentes.....	109
4.3.4 Altimetría a lo largo de la línea propuesta.....	111
4.4 Determinación de la factibilidad ambiental del proyecto.....	112
CAPITULO V.....	120
5. CONCLUSIONES .....	120
5.1 El tranvía eléctrico como alternativa.....	120
5.2 Reflexiones.....	120
GLOSARIO .....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	126

ANEXO A: ENCUESTA .....	131
ANEXO B: RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE ENCUESTAS .....	133
ANEXO C: TABLA DE FRECUENCIAS DE MOVIMIENTOS PENDULARES EN LA ZONA METROPOLITANA DE AGUASCALIENTES.....	167
ANEXO D: DENSIDAD DE KERNEL PARA LOS EQUIPAMIENTOS .....	171
ANEXO E: CORTE TRANSVERSAL DE LA ALTIMETRÍA PARA LA LÍNEA UNO...	176
ANEXO F: CÁLCULO DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES DE 1980 A 2015...	192





## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de la población en la Zona Metropolitana de Aguascalientes por municipio, elaboración propia.....	26
Tabla 2. Índice de desarrollo humano (IDH) para los municipios que integran la ZMA	39
Tabla 3 Índices de Salud y Educación en los municipios que conforman la ZMA .....	40
Tabla 4. Análisis demográfico de los 16 cuadrantes de la ZMA.....	42
Tabla 5. Ocupación y desocupación de la población por cuadrante de la ZMA .....	43
Tabla 6. Número de estudiantes por nivel en cada sector de la ZMA.....	43
Tabla 7. Condición del cielo en la ciudad de Aguascalientes.....	46
Tabla 8. Contaminantes presentes en el aire de la ZMA. (Secretaría Estatal del Medio Ambiente, 2010).....	48
Tabla 9. Normas Oficiales Mexicanas (NOM) referentes a los contaminantes emitidos a la atmosfera .....	49
Tabla 10. Tiempo de recorrido y frecuencia de las rutas de transporte público en la ZMA.....	50
Tabla 11. Costo de movilidad en taxi .....	52
Tabla 12. Costo de movilidad en transporte colectivo local.....	52
Tabla 13. Costo de movilidad en transporte foráneo para la ZMA .....	53
Tabla 14. Reparto modal de la población de Aguascalientes .....	53
Tabla 15. Reparto modal de los usuarios de transporte público .....	54
Tabla 16. Paradas de tranvía en la línea propuesta, elaboración propia.....	67
Tabla 17. Comparativa de emisiones de CO2 per cápita .....	112
Tabla 18. Emisiones anuales actuales de CO2 provenientes de vehículos particulares en la ZMA.....	113
Tabla 19. Emisiones anuales actuales de CO2 provenientes de los autobuses en la ZMA.....	113
Tabla 20. Emisiones de CO2 por metro cuadrado en la ZMA .....	114
Tabla 21. Emisiones de CO2 per cápita provenientes de automóviles particulares de implementarse el tranvía en Aguascalientes .....	114
Tabla 22. Emisiones de CO2 por cápita provenientes de autobuses de implementarse el tranvía en Aguascalientes .....	115

## INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. Comparativa de la concentración de $\mu/m^3$ de PM10entre México y la recomendación de la OMS. Elaboración propia con datos de la OMS (2011).....	21
GRAFICA 2. Comparativa de la concentración de $\mu/m^3$ de PM10entre Aguascalientes y la recomendación de la OMS. Elaboración propia con datos de la OMS (2011).....	22
GRAFICA 3. Precipitación media en la Ciudad de Aguascalientes .....	45
GRAFICA 4. Días de niebla en la ciudad de Aguascalientes .....	46
GRAFICA 5. Tiempo de espera del transporte público de los usuarios.....	52
GRAFICA 6. Precipitación media en Aguascalientes .....	86
GRAFICA 7. Emisiones de CO2 por pasajero por kilometro.....	112
GRAFICA 8. Comparativa de emisiones en toneladas/m2 entre Aguascalientes y ocho países del mundo.....	114
GRAFICA 9. Comportamiento de las emisiones contaminantes en un periodo de 36 años.....	115

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la organización territorial de la Zona Metropolitana de Aguascalientes. Elaboración propia .....	25
Figura 2. Mapa de Aguascalientes en el año de 1918 (Anónimo, 1918) .....	28
Figura 3. Tranvía en la entrada de los baños de Ojo Caliente (Revista Philadelphia, 1907) .....	32
Figura 4. Tranvía en la plaza principal de Aguascalientes en 1909 (Allen, 2003) .....	32
Figura 5. Fotografía de carro número 107 doble truck frente a la Catedral de Aguascalientes (Revista Brill, 1908).....	33
Figura 6. Plano de la red de tranvía en Aguascalientes (Stanley & Powers, 1920) .....	33
Figura 7. Desguace de tranvías en Estados Unidos en 1956 .....	35
Figura 8. Gráfica solar para la ZMA. Elaboración propia.....	47
Figura 9. Sección transversal del estado actual de la Avenida José F. Elizondo .....	84
Figura 10. Sección transversal de la propuesta de adecuación para la Avenida José F. Elizondo .....	85
Figura 11. Radio de giro entre tramo 1 y 2 .....	85
Figura 12. Ubicación del tramo 2 .....	85
Figura 13. Sección transversal del estado actual de la avenida López Mateos .....	86
Figura 14. Sección transversal de la propuesta de adecuación para la avenida López Mateos .....	87
Figura 15. Radio de giro entre el tramo 2 y 3.....	87
Figura 16. Tranvía libre de catenarias en Burdeos, Francia .....	88
Figura 17. Sección transversal del estado actual de la calle Colón .....	88
Figura 18. Sección transversal de la propuesta de adecuación en la calle Colón.....	89
Figura 19. Radio de giro entre el tramo 3 y 4.....	89
Figura 20. Uso de suelo (IMPLAN, 2010) .....	90
Figura 21. Sección transversal del estado actual de la calle Juan de Montoro .....	91
Figura 22. Sección transversal del estado actual de la calle Juan de Montoro .....	91
Figura 23. Corte transversal del estado actual de la calle Juan de Montoro (2).....	92
Figura 24. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la calle Juan de Montoro (2).....	92
Figura 25. Radio de giro entre los tramos 5 y 6 .....	93
Figura 26. Templo de la Purísima, Aguascalientes .....	93
Figura 27. Ubicación del tramo 6 .....	94
Figura 28. Infiltraciones en el paso vehicular inferior en el cruce de Av. Alameda y las vías del ferrocarril.....	94

Figura 29. Sección transversal del estado actual de la Avenida Alameda .....	95
Figura 30. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la Avenida Alameda ..	96
Figura 31. Radio de giro entre tramos 6 y 7.....	96
Figura 32. Falla geológica sobre Avenida Tecnológico .....	97
Figura 33. Sección transversal del estado actual de la Avenida Tecnológico .....	97
Figura 34. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la Avenida Tecnológico.....	98
Figura 35. Paso vehicular superior en Avenida Aguascalientes y Avenida tecnológico....	98
Figura 36. Radio de giro entre los tramos 7 y 8 .....	98
Figura 37. Radios de giro en el tramo 8 .....	99
Figura 39. Sección transversal del estado actual de la calle los conos .....	100
Figura 40. Sección transversal de la propuesta de adecuación en la calle los conos....	100
Figura 38. Posible pendiente que puede librar el tranvía .....	99
Figura 41. Radio de giro entre el tramo 8 y 9.....	101
Figura 42. Angulo de visibilidad horizontal.....	101
Figura 43. Angulo de visibilidad vertical .....	101
Figura 44. Sección transversal del estado actual de la avenida Ojocaliente .....	102
Figura 45. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la avenida Ojocaliente .....	102
Figura 46. Radio de giro entre los tramos 9 y 10 .....	103
Figura 47. Lateral en avenida Aguascalientes norte y Boulevard a Zacatecas .....	104
Figura 48. Sección transversal del estado actual de la Avenida Aguascalientes .....	105
Figura 49. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la Avenida Aguascalientes.....	106
Figura 50. Radio de giro entre los tramos 11 y 12.....	106
Figura 51. Sección transversal del estado actual de las avenidas Guadalupe González y María del Carmen Martín del Campo .....	107
Figura 52. Sección transversal de la propuesta de adecuación de las avenidas Guadalupe González y María del Carmen Martín del Campo.....	107
Figura 53. Tranvía en Avenida Aguascalientes norte .....	108
Figura 54. Tranvía en Avenida Alameda.....	108

## INDICE DE MAPAS

Mapa 1. Esquema de la organización territorial de la Zona Metropolitana de Aguascalientes. Elaboración propia .....	25
Mapa 2. División en cuadrantes de la ZMA. Elaboración propia.....	41
Mapa 3. Movimientos pendulares en la ZMA, elaboración propia .....	65
Mapa 4. Trazado de la línea de tranvía propuesta, elaboración propia .....	66
Mapa 5. Zona de influencia de la línea propuesta, elaboración propia.....	66
Mapa 6. Paradas de tranvía en la línea propuesta .....	68
Mapa 7. AGEB urbano de la ZMA (INEGI, 2010) .....	70
Mapa 8. Densidad de población por AGEB urbano en la ZMA, elaboración propia (INEGI,2010).....	71
Mapa 9. Densidad de kernel para la concentración de la población en la ZMA, elaboración propia (INEGI, 2010).....	72
Mapa 10. Densidad de kernel para la concentración de las unidades económicas por número de empleados, elaboración propia (INEGI, 2010) .....	73
Mapa 11. Ubicación del equipamiento cívico en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia .....	75
Mapa 12. Ubicación del equipamiento comercial en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia .....	76
Mapa 13. Ubicación del los cuerpos del Estado en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia .....	76
Mapa 14. Ubicación del equipamiento cultural en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia .....	77
Mapa 15. Ubicación del equipamiento deportivo en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia .....	77
Mapa 16. Ubicación del equipamiento educativo en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia .....	78
Mapa 17. Ubicación del equipamiento religioso en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia .....	78
Mapa 18. Ubicación del equipamiento de salud en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia .....	79
Mapa 19. Ubicación de los centros nocturnos en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia .....	79
Mapa 20. Ubicación de las instalaciones de la Feria Nacional de San Marcos, elaboración propia .....	80



Mapa 21. Densidad de kernel para el equipamiento (atracciones en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia.....	81
Mapa 22. Densidad kernel para la factibilidad social de la implementación de la línea de tranvía propuesta, elaboración propia.....	82
Mapa 23. Ubicación del tramo 1.....	83
Mapa 24. Riesgo de inundación en el tramo 1.....	83
Mapa 25. Riesgo de inundación en el tramo 2.....	86
Mapa 26. Ubicación del tramo 3.....	87
Mapa 27. Ubicación del tramo 4.....	89
Mapa 28. Glorieta de la Purísima.....	93
Mapa 29. Ubicación del tramo 7.....	96
Mapa 30. Ubicación del tramo 8.....	99
Mapa 31. Curvas de nivel en el tramo 8.....	99
Mapa 32. Ubicación del tramo 9.....	101
Mapa 33. Ubicación del tramo 10.....	103
Mapa 34. Mapa de localización de los puntos conflictivos por pasos vehiculares.....	104
Mapa 35. Localización de puntos conflictivos por laterales.....	104
Mapa 36. Ubicación de los tramos 11 y 12.....	106
Mapa 37. Mapa de zonas inundables en la zona de influencia de la línea de tranvía propuesta.....	109
Mapa 38. Zonas de alto índice de accidentes, elaboración propia con información de la Secretaría de Seguridad Pública Municipal.....	110
Mapa 39. Curvas de nivel en la zona de influencia de la línea de tranvía propuesta.....	111
Mapa 40. Distancia entre cuadrantes 1 y 7.....	116
Mapa 41. Concentración de las emisiones por fuentes móviles en la ZMA.....	117
Mapa 42. Posible escenario de la concentración de las emisiones por fuentes móviles en la ZMA.....	118
Mapa 43. Red tranviaria propuesta para la ZMA.....	121
Mapa 44. Cobertura de las cinco líneas propuestas en la red tranviaria para la ZMA.....	122

## ACRÓNIMOS

AGEB	Área Geoestadística Básica
CEAR	Centro de Educación Ambiental cultural y Recreativo
CNA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COPARMEX	Confederación patronal de la República Mexicana
DEM	Digital Elevation Model (Modelos Digitales de Elevación)
DENUE	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
DGT	Dirección General de Transporte
ESDIG	Espacio Digital Geográfico
IDH	Índice de Desarrollo Humano
IMECA	Índice Metropolitano de la Calidad del Aire
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
ISSEA	Instituto de Servicios de Salud del Estado de Aguascalientes Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del
ISSSTE	Estado
NOM	Norma Oficial Mexicana
OMS	Organización Mundial de la Salud
PEA	Población Económicamente Activa
PEI	Población Económicamente Inactiva
PIMAGS	Plataforma de Información Municipal de Aguascalientes
PST	Partículas suspendidas totales
SCINCE	Sistema para la Consulta de Información Censal
SEGUOT	Secretaría de Gestión Urbanística y Ordenamiento Territorial
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEPLADE	Secretaría de Planeación y Desarrollo Regional
SIG	Sistema de Información Geográfica
SMIGE	Sistema Municipal de Información Geográfica y Estadística
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TRANSyT	Centro de Investigación del Transporte
ZMA	Zona Metropolitana de Aguascalientes

## RESUMEN

ANAYA, L. M. (2016) *Estudio de la factibilidad de la implementación de un sistema de transporte colectivo eléctrico en la Zona Metropolitana de Aguascalientes*. (Maestría en Ingeniería Civil, área ambiental) Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2016.

El actual modelo de planeación de las ciudades en el mundo se enfoca a un desarrollo sustentable que tiene como principal referente la movilidad urbana, actualmente no existe en Aguascalientes proyecto alguno de movilidad que contribuya a la toma de decisiones que lleven a un ordenamiento territorial adecuado.

El acelerado crecimiento de la mancha urbana en las últimas décadas ha provocado una mayor demanda de servicios de transporte público a la que se ha dado respuesta de forma descontrolada y que hoy por hoy se ha convertido en un problema ambiental y social que afecta además la imagen urbana de Aguascalientes.

Esta tesis propone un estudio de factibilidad para la implementación de un nuevo sistema de transporte público en la Zona Metropolitana de Aguascalientes, el tranvía eléctrico. Para ello se analizan tres vertientes que determinan si es factible o no un proyecto de este tipo en la ciudad, en primera instancia, la factibilidad social que va enfocada a la demanda potencial de usuarios del sistema de transporte propuesto, la factibilidad urbana que analiza si las condiciones morfológicas actuales de los elementos que conforman la ciudad permiten la instauración de una línea de tranvía y por último la factibilidad ambiental que analiza el escenario actual de emisiones de contaminantes a la atmósfera y el posible escenario de cambio con el sistema de tranvía, todo lo anterior con ayuda de Sistemas de información Geográfica (SIG).

La metodología propuesta ha sido desarrollada en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, México y el Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Se aplica a la Zona Metropolitana de Aguascalientes pero puede ser aplicada a otras zonas urbanas.

**PALABRAS CLAVE:** Transporte público, tranvía, movilidad sustentable, contaminación, desarrollo urbano, social, ecológico, Aguascalientes.

## ABSTRACT

ANAYA, L. M. (2016) *Study of the implementation of an electric collective transport system in the metropolitan area of Aguascalientes, Mexico*. (Master of Civil Engineering, Environmental area) Autonomous University of Aguascalientes, 2016.

Current models of city planning all around the world focus on sustainable development and urban mobility. These two components do not currently exist in any mobility project in Aguascalientes that lead to the appropriate use of land.

The rapid growth of urban sprawl in recent decades has led to the increased demand for public transportation. The increase has been handled in an uncontrolled manner and has become an environmental and social problem that affects the urban image of Aguascalientes.

This thesis proposes a feasible study for the implementation of a new public transportation system in the metropolitan area of Aguascalientes: the electric tram. There are three perspectives that should be considered when determining whether or not a project of this caliber is feasible in a city like Aguascalientes. First, we have to consider the social feasibility on the potential users of the transportation system. Second, we have to consider the urban feasibility and whether the current morphological conditions that make up the city allow the establishment of a tram line. Finally, we have to consider the environmental feasibility and the emissions of pollutants into the atmosphere as well as the possible change within the tram system while using the Geographic Information Systems (GIS).

The proposed methodology has been developed at the Autonomous University of Aguascalientes, Mexico and the Transportation Research Center (TRANSyT) of the Universidad Politécnica de Madrid, Spain. It applies to the metropolitan area of Aguascalientes but can be applied to other urban areas.

**KEYWORDS:** Public transport, tram, sustainable mobility, pollution, urban development, social, ecological, Aguascalientes.

## **INTRUDUCCIÓN**

La presente tesis titulada “Estudio de la factibilidad de la implementación de un sistema transporte colectivo eléctrico en la Zona Metropolitana de Aguascalientes” se presenta para obtener el grado de Maestro en ingeniería civil del área ambiental por parte del Centro de Ciencias del Diseño y la Construcción de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Con este estudio se pretende analizar las ventajas e inconvenientes del tranvía eléctrico como medio de transporte masivo, así como determinar su factibilidad social, urbana y ecológica, lo anterior por medio de análisis de demanda potencial de usuarios, morfología urbana y comportamiento de las emisiones contaminantes apoyándose de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la obtención de resultados y reflexionar así sobre cuál es el contexto optimo de la implementación desde una visión de interés colectivo y de bajo impacto ambiental, urbano y social.

## **JUSTIFICACIÓN**

Debido a la demanda de movilidad urbana en la Zona Metropolitana de Aguascalientes es necesario crear modelos de eficiencia en el transporte público que ayuden a mejorar las condiciones de vida en la región. No existe en Aguascalientes ningún Plan de movilidad urbana sustentable (PMUS), es por ello que este estudio se plantea con la finalidad de obtener información sobre la factibilidad de la implementación de un nuevo sistema de transporte colectivo en la ciudad.

Se realiza para determinar las condiciones sociales, urbanas y ambientales que favorecen la implementación del tranvía como medio de transporte colectivo y si estas condiciones se encuentran en Aguascalientes.

Todo lo anterior se analiza con ayuda de la aplicación de encuestas, análisis estadísticos y la aplicación de Sistemas de información Geográfica, el proceso de recopilación, procesamiento y análisis de la información comprende un periodo de 17 meses, de enero del 2015 a mayo del 2016.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, las ciudades del mundo están creciendo aceleradamente debido, principalmente, a la migración rural. La búsqueda de estabilidad laboral, seguridad alimentaria, educación y oportunidades de vida han sido los condicionantes para que la población emigre a la ciudad. Este crecimiento de la población urbana, que alcanza el 60% de la humanidad, según el Banco Mundial (2012) así como el poder adquisitivo que se tiene en las ciudades, según (Priego, 2009), traen consigo grandes problemas de contaminación.

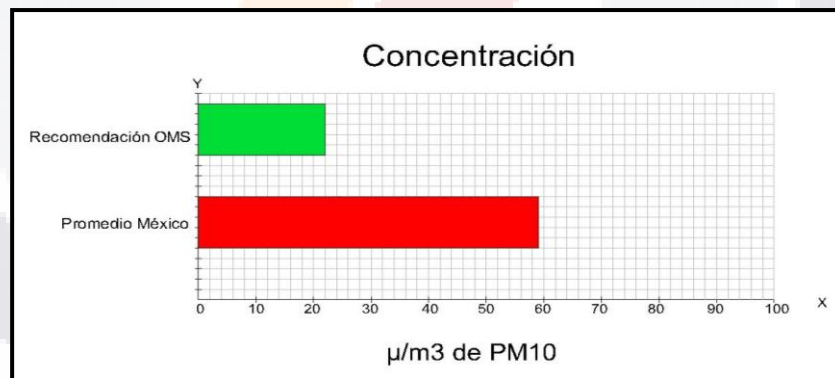
Ramírez (2009), identifica tres factores que provocan la contaminación urbana. El primero de ellos, es la ocupación del territorio natural empleado para la construcción de las ciudades que, de manera permanente, es causa de una transformación de la naturaleza y de un fuerte impacto social. El segundo factor hace referencia a la utilización de recursos naturales ya que la demanda de los mismos, por parte de la ciudad, puede ser superior a la capacidad de regeneración natural del recurso, lo que llevaría al agotamiento del mismo. Por último, el tercero, es la generación de residuos sólidos así como la emisión y descarga de contaminantes al suelo, el agua y la atmósfera.

A nivel mundial, la contaminación ambiental constituye un problema de salud de grandes magnitudes, según la Organización Mundial de la Salud (2011) se estima que cada minuto mueren 3.8 personas a causa de la contaminación atmosférica en las zonas urbanas y rurales en países desarrollados y en desarrollo con ingresos medios. Del total de las muertes, el 65% se presenta en países en desarrollo y lo más preocupante es que el 50% de del total de las pérdidas humanas se da en niños menores de cinco años. La mortalidad en ciudades, con niveles elevados de contaminación, supera entre un 15% y un 20% la registrada en ciudades más limpias.

La OMS en el mismo artículo señala dos contaminantes de la atmósfera como los principales factores de riesgo a la salud humana. El más grave son las partículas en suspensión cuyos componentes son los sulfatos, los nitratos, el

amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales y el agua. Al inhalar estas sustancias, pueden alcanzar las zonas periféricas de los bronquiolos y alterar el intercambio pulmonar de gases causando enfermedades cardiovasculares y respiratorias así como cáncer de pulmón. Otro de los contaminantes atmosféricos, que dañan considerablemente la salud humana, es el ozono cuya presencia en exceso puede causar problemas respiratorios, provocar asma, reducir la función pulmonar y originar enfermedades pulmonares.

México, es el sexto país más contaminado del mundo después de Estados Unidos, Rusia, China, Japón y la India, indican datos de la OMS (2011). En nuestro país, según un informe del Instituto Mexicano para la Competitividad en el periodo comprendido entre el 2010 al 2013 se registraron más de 19,000 muertes prematuras a causa de la contaminación en las 34 ciudades más grandes del país, en las que casi 59 millones de los habitantes de México están expuestos a la contaminación.

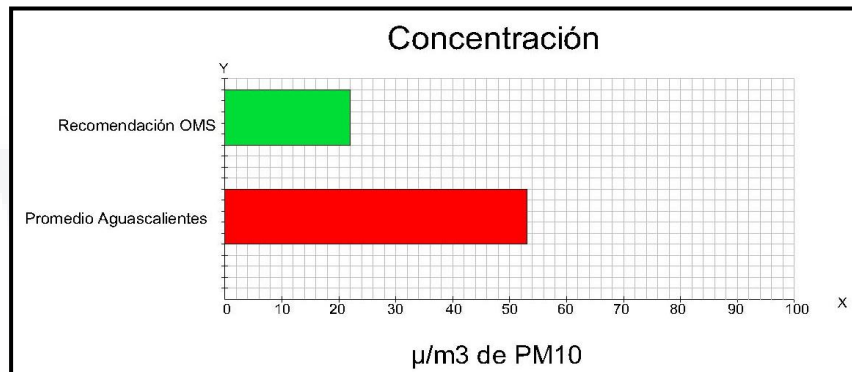


GRAFICA 1. Comparativa de la concentración de  $\mu/m^3$  de PM10 entre México y la recomendación de la OMS. Elaboración propia con datos de la OMS (2011)

El costo por la contaminación en el país es de 14,000 millones de pesos, 11,500 millones de pesos corresponden a pérdidas de productividad y 2500 millones de pesos a gastos en salud según esta misma organización.

La ciudad de Aguascalientes, ubicada en el centro del país, registra índices de 53.03 partículas suspendidas por millón, cuando la recomendación de las

directrices de la OMS es de 20.00. Este elevado nivel de contaminación atmosférica trae consigo cada año, en esta ciudad, 70 muertes; 246 hospitalizaciones y 21,123 consultas por problemas relacionados con la contaminación atmosférica lo que representa un gasto de 64,797,967 de pesos, según el Instituto Mexicano para la Competitividad.



GRAFICA 2. Comparativa de la concentración de  $\mu/m^3$  de PM10 entre Aguascalientes y la recomendación de la OMS. Elaboración propia con datos de la OMS (2011)

Como señala en entrevista para el diario “La Jornada Aguascalientes” el subdelegado en Aguascalientes de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) “El 75% de las fuentes contaminantes del aire en Aguascalientes son vehículos, taxis y autobuses, El otro 25% de las fuentes contaminantes lo ocupan las empresas de servicios como hoteles y baños públicos” (Ruvalcaba, 2013).

La ciudad de Aguascalientes ha sufrido en las últimas décadas una expansión que ha logrado la integración de la Zona metropolitana, este nuevo escenario ha llevado a la generación de un mayor número de desplazamientos y a la duración de los mismos, esto, sumado a la baja calidad de servicio en los sistemas de transporte público, ha provocado un aumento desenfrenado del parque vehicular de la zona metropolitana que en 2015 alcanzó las 381,784 unidades que representa el 84.5% de las 451,863 unidades registradas a nivel estatal según datos de la Secretaría de Finanzas del Estado de Aguascalientes.

Según el Programa sectorial 2010-2016 del gobierno del Estado se espera que en los próximos seis años el registro de automóviles en circulación incremente a 720 mil unidades. Si el crecimiento del parque vehicular sigue al mismo ritmo, en 2020 se espera que exista un auto *per cápita* en la ciudad. Esta situación, sin duda, generará grandes problemas de contaminación atmosférica en la ZMA.

En el siguiente trabajo de fin de Maestría se presenta una propuesta para la instauración de una línea troncal de tranvía como medio de transporte colectivo en la zona metropolitana de Aguascalientes (ZMA) conformada por los municipios de Aguascalientes, Jesús María y San Francisco de los Romo. En los últimos años alrededor del mundo el tranvía se ha reimplantado en muchas zonas urbanas en proceso de expansión y modernización como respuesta a la necesidad de un transporte público de calidad y eficiente que además responde a los retos de cuidado de la calidad del aire en las ciudades.

La elección de este tema de estudio es tema de debate en la actualidad de la ciudad de Aguascalientes, no son pocas las voces que se alzan por la defensa de la mejora y modernización del transporte público y la aplicación de herramientas SIG a los proyectos de transporte apoya a la justificación del nuevo proyecto.

## OBJETIVOS DE ESTUDIO

### Objetivo general

El principal objetivo de esta tesis es formular un estudio con el que se determine la factibilidad de la implementación de un sistema de transporte público eléctrico en la Zona metropolitana de Aguascalientes, este estudio se divide en tres vertientes:

1. Factibilidad social
2. Factibilidad Urbana
3. Factibilidad ambiental

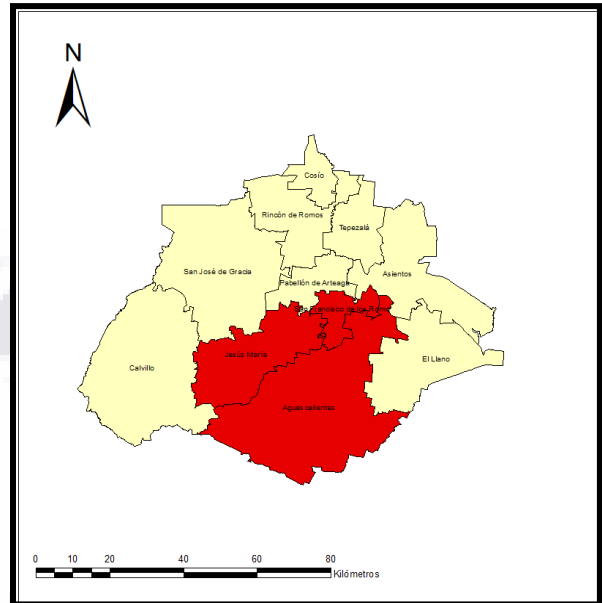
### Objetivos particulares

- a) Obtener la demanda potencial de usuarios del sistema de transporte público eléctrico en Aguascalientes a partir de Sistemas de información geográfica (SIG).
- b) Realizar un modelo de datos Ráster con el uso de SIG sobre el cambio en el comportamiento de las emisiones contaminantes provenientes de fuentes móviles al implementar un sistema de transporte eléctrico dirigido.
- c) Realizar análisis urbano con el que sea posible determinar si las condiciones actuales de la zona metropolitana de Aguascalientes permiten o no la construcción de la infraestructura necesaria para el funcionamiento adecuado de un nuevo medio de transporte público eléctrico y dirigido.



## DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Aguascalientes es la capital del estado del mismo nombre, ubicado al centro de la república mexicana, junto a los municipios de Jesús María y San Francisco de los Romo conforma la zona metropolitana de Aguascalientes (ZMAGS), decimotercera por tamaño en el país con una población total de 940,642 habitantes (INEGI 2010) y una superficie total de 190,336.68 hectáreas que representa el 33.83% del territorio del Estado según el Consejo Nacional de Población.



Mapa 1. Esquema de la organización territorial de la Zona Metropolitana de Aguascalientes. Elaboración propia

Las coordenadas geográficas extremas del polígono de la Zona Metropolitana son:

Norte: 2445199.981805m

Oriente: 790657.275221 m

Poniente 765636.941305 m

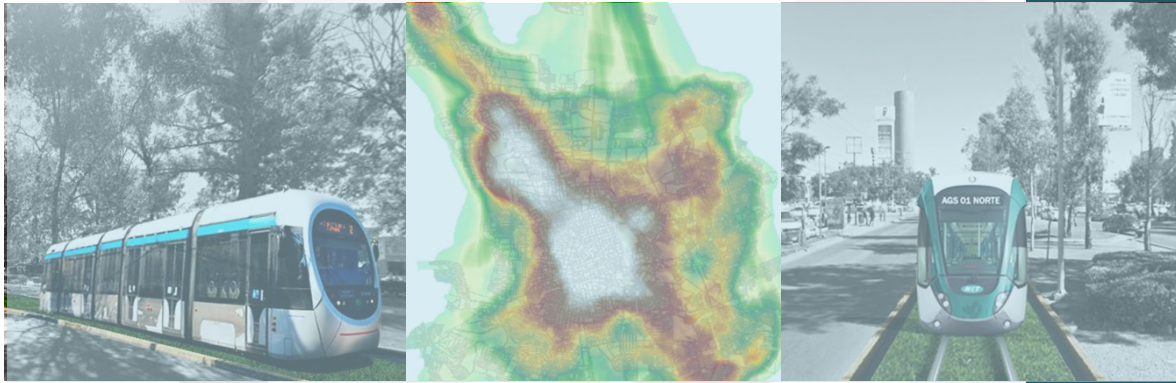
Sur: 2396993.166607m.

Según el Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2012) la ZMAGS está conformada por tres municipios, sin embargo, el grueso de la población se encuentra en municipio capital y se reparte como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Distribución de la población en la Zona Metropolitana de Aguascalientes por municipio, elaboración propia

Municipio	Población	Porcentaje en la ZMAGS
Aguascalientes	804,009	85.47%
Jesús María	100,527	10.69%
San Francisco de los Romo	36,106	3.84%
<b>TOTAL</b>	<b>940,642</b>	<b>100%</b>





# CAPITULO I

## CAPITULO I

### I. MARCO TEORICO

#### 1.1 Antecedentes

##### 1.1.1 Antecedentes históricos de la ciudad

La actual ciudad de Aguascalientes fue fundada en 1575 como la villa de Nuestra Señora de la Asunción de las Aguas Calientes, como punto de refugio y defensa para los viajeros provenientes de Zacatecas con dirección a la ciudad de México contra los ataques de los Chichimecas (Serrano, 1994). Los primeros años la villa tuvo un lento desarrollo y fue hasta 1609 cuando se creó el primer proyecto urbano para la villa que contemplaba una plaza, una iglesia y algunas casas para los pobladores con el fin de regularizar la fisonomía y el orden en la villa. Para el año de 1648 la población alcanzaba apenas los 760 habitantes y a finales del siglo XVIII llegaba a las 8000 personas (Gutiérrez, 1998).

La villa obtiene el título de ciudad, ya en el México independiente, el 22 de septiembre de 1824, 249 años después de su fundación, en 1855, el alemán Isodoro Epstein dibujó el primer mapa de la ciudad de Aguascalientes, en el que se observa la plaza principal como punto central rodeado de huertos (Serrano & Varela, 1988).

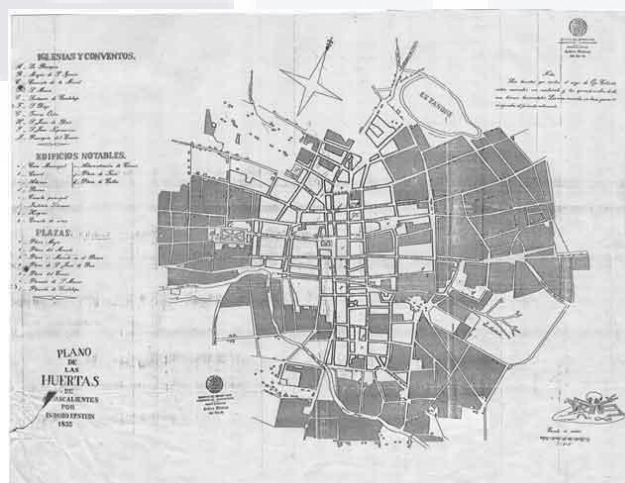


Figura 2. Mapa de Aguascalientes en el año de 1918 (Anónimo, 1918)

Según Ricardez (1997) de 1855 a 1868, la ciudad experimentó un crecimiento gracias al establecimiento de negocios y fabricas, principalmente de tejidos, según datos fiscales de 1883 en la ciudad existían los siguientes establecimientos:

- 37 industrias pequeñas
- 4 fabricas de tabaco
- 4 panificadoras
- 4 fábricas de jabón
- 3 Fabricas de velas
- 4 fábricas de cerámica
- 3 molinos de harina
- 1 fábrica de pasta
- 1 fábrica de chocolate
- 1 Cervecería

Pero el impulso al desarrollo más efectivo llegó gracias al trabajo del gobierno local y la clase alta de la ciudad que lograron consolidar a Aguascalientes como punto central del sistema ferroviario nacional, por su posición geográfica. 1880 se dio la concesión a la empresa de ferrocarril central mexicano que construyó las líneas Lagos-Aguascalientes-Zacatecas y que 9 años después, en 1889 implantó la línea Aguascalientes-San Luis Potosí-Tampico, por lo que la ciudad se convirtió en el punto estratégico del sistema ferroviario. Desde este momento Aguascalientes se convirtió en un punto de atracción a inversionistas extranjeros y la vida económica y comercial de la ciudad aumentó y con ello la población que en 1903 rebasó los 30,000 habitantes. La llegada del telégrafo, la red eléctrica, hidráulica, el tranvía y otros tantos servicios cambió la vida urbana de Aguascalientes (Ricardez, 1997).

La llegada de la revolución frenó el ritmo de crecimiento que experimentaba la ciudad y acabó con el 20% de la población urbana, además trajo consigo una gran inestabilidad política, en tres años, de 1915 a 1918, el Estado tuvo 26 gobernadores. Después de la revolución la población rural aumento y el desarrollo urbano fue prácticamente nulo (Serrano & Varela, 1988).

De 1940 a 1970, la ciudad continuó con un crecimiento muy lento pero con un aumento considerable del alcance de los servicios urbanos por la población y un aumento en los niveles de calidad de vida (Garza, 2004).

El año de 1962 fue determinante en el proceso de transformación de la fisionomía de Aguascalientes, Enrique Olivares Santana, como gobernador del Estado y rompió relaciones con la clase política local, estableciendo relaciones directas con funcionarios federales, lo que permitió la obtención de recursos importantes para Aguascalientes (Garza, 2004).

Según Garza (2004), fue hasta 1980, cuando el gobernador Rodolfo Landeros Gallegos impulsó una gran transformación, logró establecer las condiciones políticas para convertir a Aguascalientes en un polo fundamental para el desarrollo económico del país mediante un proceso de industrialización. En el año de 1984, en el Plan Nacional de Desarrollo Urbano se consideró a Aguascalientes como una ciudad prioritaria para el control del crecimiento urbano y se registró en el plan de desarrollo industrial.

En mayo de 1980, se aprobó un Plan maestro para el desarrollo urbano en el que se dividía a la ciudad en cuatro sectores, teniendo como ejes la autopista panamericana de norte a sur y la avenida López Mateos de este a oeste. Así el noroeste estaría destinado a la clase media y alta, el sur a las clases media baja y popular, el oriente para la clase obrera y el poniente como área de conservación ambiental. El objetivo de este plan era evitar el contraste social que provocaba crimen y odio social según algunos funcionarios.

De 1980 a 1998 se establecieron en Aguascalientes 49 empresas multinacionales y se invirtieron cerca de 3000 millones de dólares creando más de 20,000 empleos y la población aumentó de 224,000 a 500,000 habitantes, por lo que lógicamente la ciudad experimentó una expansión y un cambio espectacular en su fisionomía (Garza, 2004).

Además de las industrias, la llegada del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática a la ciudad debido al terremoto de 1985 en la capital

del país, trajo consigo el establecimiento de 2500 nuevas familias en Aguascalientes.

Fueron necesarios 395 años desde de la fundación para que la ciudad rebasara su primer anillo periférico y solo en un periodo de 25 años fue necesaria la construcción de un segundo y un tercer anillo periférico para la ciudad que llegó a los límites con los municipios con Jesús María y Sn Francisco de los Romo, marcando el inicio de la creación de la Zona metropolitana de Aguascalientes.

Para concluir se identifican dos momentos claves en el crecimiento de la ciudad, el “Porfiriato” cuando la estabilidad política y las ideas liberales en el sector económico permitieron que la pequeña ciudad se convirtiera rápidamente en el punto central del transporte ferroviario, trayendo consigo a millares de extranjeros e modernas fabricas y talleres de ferrocarril que cambiaron el estilo de vida y la fisionomía de la ciudad.

El otro momento clave para Aguascalientes es el periodo que va desde 1962 hasta 1998, cuando la política mexicana, la situación económica, la posición geográfica, entre otros factores permitieron que Aguascalientes viviera un “Boom” económico impresionante, que, obviamente se vio reflejado en un cambio total de la dimensión, la fisionomía, el medio ambiente y las costumbres de la población.

### **1.1.2 Implementación del antiguo tranvía de Aguascalientes**

Según la compañía de fabricación de tranvías John Stephenson Company de Nueva York, La primera línea de tranvía en la ciudad de Aguascalientes fue planeada en el año de 1879 y a diferencia de las otras ciudades que implementaron este sistema de transporte para conectar la ciudad con la estación de ferrocarril, en Aguascalientes la línea se utilizaba para trasladar a los habitantes de la ciudad a los baños termales de Ojo caliente. Esta línea jalada por caballos fue inaugurada en febrero de 1883 y solo diez meses después llegó el ferrocarril a Aguascalientes (Allen, 2003).





col. Allen Morrison

Figura 3. Tranvía en la entrada de los baños de Ojo Caliente (Revista Philadelphia, 1907)

Según Allen (2003), en el año de 1903, los estadounidenses Juan Douglas y Juan Overton, fundaron la compañía eléctrica de Aguascalientes y solicitaron a la American Car Company de St Louis, Estados Unidos tranvías eléctricos, abiertos y cerrados. Finalmente el 5 de mayo de 1904 abrió el sistema de tranvía eléctrico de la Ciudad que fue uno de los primeros en funcionar en el país, solo después de Nuevo Laredo, Ciudad de México, Torreón y Ciudad Juárez.



col. Allen Morrison

Figura 4. Tranvía en la plaza principal de Aguascalientes en 1909 (Allen, 2003)

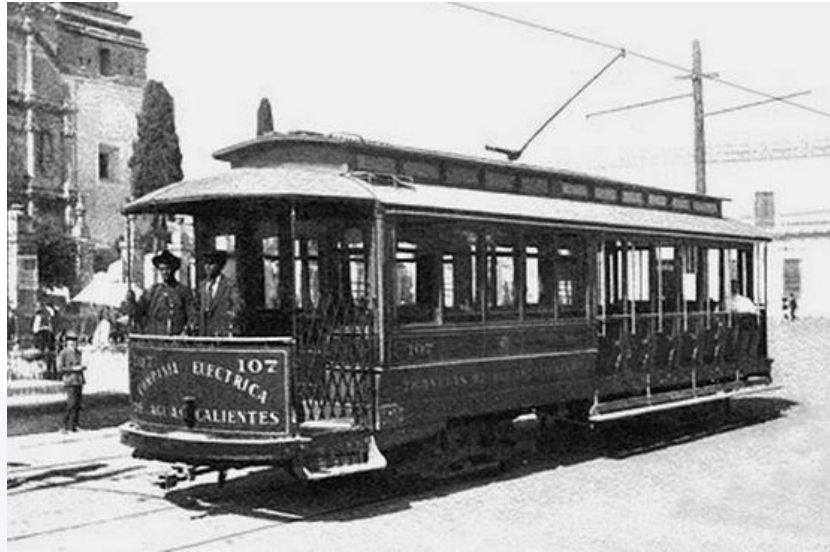


Figura 5. Fotografía de carro número 107 doble truck frente a la Catedral de Aguascalientes (Revista Brill, 1908)

Finalmente la ciudad contaba con una red de tranvía que conectaba la plaza principal con la estación de ferrocarril, los baños termales y la fundición, no es bien sabido si las originales líneas a caballo fueron electrificadas o no ni se tienen registros de los cambios que sufrió el tranvía de 1910 a 1920, en el año de 1923 funcionaban en Aguascalientes 11 tranvías eléctricos y 6 acoplados y la ruta tenía una longitud de 18km. Este sistema de transporte fue definitivamente cerrado en 1931 (Allen, 2003).



Figura 6. Plano de la red de tranvía en Aguascalientes (Stanley & Powers, 1920)

### 1.1.3 Desaparición del antiguo tranvía en el mundo.

Después del auge vivido por el tranvía en las últimas décadas del siglo XIX y las primeras del siglo XX en ciudades grandes de los cinco continentes, debido al uso minoritario del auto y la inexistencia de autobuses, su desaparición parcial comenzó a finales de la década de 1920 en Europa y paulatinamente se fue extendiendo hacia todo el mundo. Las causas de su desaparición son diversas para cada región, sin embargo existe una razón predominante, en la década de 1920 se produjo un encarecimiento de los procesos de fabricación de los tranvías y la mano de obra necesaria ello. Además la producción de automóviles y autobuses se había abaratado gracias a la producción en serie del fenómeno denominado “*Fordismo*” (Alcalde, 2012).

Por lo anterior los gobiernos locales se enfocaron al desarrollo y construcción de proyectos de vialidades para el uso del automóvil, la población prefería la autonomía que brindaba un vehículo propio y el tranvía pasó a ser un modo de transporte arcaico y las autoridades vieron en el autobús un sustituto ideal para el transporte colectivo. Según Alcalde (2012) después de la Segunda Guerra Mundial, las autoridades de las ciudades europeas vieron la posibilidad de reutilizar la infraestructura ferroviaria con la implementación de trolebuses que finalmente no tuvieron éxito.

Es importante mencionar el suceso conocido como “El gran escándalo del tranvía en Estados Unidos”, en las décadas de los 40’s y los 50’s las empresas automotrices más importantes adquirieron las redes de tranvía de 45 ciudades de Estados Unidos, entre las que se encontraban Nueva York, Los Ángeles, Detroit y Seattle. Poco después comenzaron a sustituir estas redes por líneas de autobús lo que fue visto como un ataque para impulsar la industria del automóvil.



*Figura 7. Desguace de tranvías en Estados Unidos en 1956*

#### **1.1.4 Cambios transformadores de la estructura urbana de la ciudad de Aguascalientes**

Franco Muñoz en su Tesis doctoral del año 2010 identifica cuatro cambios transformadores que modificaron la estructura urbana de la ciudad de Aguascalientes hasta su transformación en una metrópoli que según su estudio resulta desordenada (Franco Muñoz Rodrigo, 2010).

En primer lugar el proceso de construcción de la ciudad desde su fundación, pasando por los momentos históricos que detonaron o frenaron su expansión y que se han explicado anteriormente hasta la actualidad.

En segunda instancia la división social del espacio urbano debido al surgimiento de distintos estratos socioeconómicos que fueron aprovechados por los inversionistas para crear una amplia variedad de alternativas residenciales que intentaron favorecer la ocupación del territorio.

Otro cambio transformador fueron las repercusiones que tuvieron en el desarrollo territorial los dos grandes procesos de industrialización que ha vivido Aguascalientes, esto llevó a las autoridades a crear programas de planeación urbana y tratar de lograr el desarrollo industrial deseado con la construcción de infraestructura de comunicación como aperturas viales, el aeropuerto internacional de Aguascalientes, etc.

El cuarto cambio transformador fue la incorporación de la tierra ejidal en la década de los noventa con la modificación del artículo 27 constitucional en materia de reforma agraria que permitió la venta de tierra ejidal, comenzaron a construirse



fraccionamientos de forma dispersa y a saltos, esto provocó una expansión gran territorial que dificulta la movilidad urbana y alarga los tiempos de recorrido.

Todos estos cambios fueron los elementos que transformaron la ciudad de Aguascalientes que se transformó en una Zona Metropolitana al integrarse con las Cabeceras municipales de Jesús María y San Francisco de los Romo.

## 1.2 Sistema y modos de transporte en las ciudades

En un informe auspiciado por el ministerio de Medio Ambiente de España en el año 2007 se identifican dos tipos de modos de transporte en las ciudades, el transporte privado y el transporte público (Ecologistas en acción, 2007).

### 1.2.1 Transporte privado

**Modos no motorizados:** son los desplazamientos que no presentan impactos sociales ni ambientales, bicicleta o andar a pie.

**Vehículo privado motorizado:** Son los vehículos que requieren de la quema de un combustible o de una fuente de energía para desplazarse, entre los más comunes se encuentran los automóviles, motocicletas y las camionetas.

### 1.2.2 Transporte público

**Taxi:** Es la alternativa de transporte público para trayectos mal comunicados.

**Autobús y microbús:** pueden ser microbús, autobús pequeño, estándar o articulado, de servicio normal o del alta calidad de servicio, se diferencian entre sí en función de la capacidad y tamaño del vehículo. No disponen de una infraestructura de soporte exclusiva sino que la comparten con otros medios de transporte.

**Tranvía y metro ligero:** El tranvía es un sistema de transporte dirigido superficial, de carácter urbano y metropolitano, requiere de catenarias de alimentación eléctrica, un carril exclusivo con binarios.

**Metro:** Es un ferrocarril subterráneo, de carácter urbano y metropolitano, con infraestructura de soporte exclusiva.

**Tren suburbano:** Es un ferrocarril utilizado para comunicar los núcleos de población de las áreas metropolitanas y con entrada en el ámbito urbano.

Trolebús: Es un sistema de transporte guiado o parcialmente guiado sobre neumáticos, que no presenta una infraestructura de soporte propia.

### 1.3 Resurgimiento del nuevo tranvía en el mundo

El fenómeno de resurgimiento del tranvía como medio de transporte colectivo comenzó en el año de 1985, cuando la ciudad francesa de Nantes implementó una red del mismo. Debido a sus nuevas y mejores prestaciones técnicas el Tranvía no ha dejado de expandirse por el continente europeo el resto del mundo (Alcalde, 2012).

### 1.4 Características del tranvía moderno

Los tranvías modernos son trenes ligeros que circulan por la superficie de las áreas urbanas, las características de la mayoría de los tranvías implementados en algunas ciudades del mundo en los últimos años son:

- Prioridad semafórica, señalización propia de una red ferroviaria y no se sujeta a las normas viales del transporte rodado lo que lo convierte en un medio de transporte más puntual.
- Longitud de los carros entre 25 y 35 metros, con un ancho promedio de 2.50m.
- La capacidad depende enteramente del número de módulos que conformen el tranvía, pero varía entre 200 y 300 pasajeros de los cuales 100 pueden viajar sentados.
- Debido a su total o parcial plataforma reservada es un medio de transporte más seguro, rápido y previsible.
- Bajo nivel de vibraciones y ruidos debido a su constitución ligera.
- El tranvía dispone de una composición modular ampliable.
- La velocidad que suelen alcanzar oscila entre los 70 y los 100 km/h, pero se suelen operar a 50 km/h.
- Son de composición ligera lo que facilita su movimiento con una cantidad menor de energía.

- Piso bajo, no supera los 35cm, lo que lo hace accesible para toda la población.
- Suministro de energía eléctrica catenaria, es decir, con cables aéreos.
- Su circulación es enteramente por la superficie por lo que la infraestructura necesaria no es tan costosa como lo sería un sistema de metro.
- Impacto visual mínimo de la infraestructura catenaria necesaria
- Menores emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmosfera.
- Su radio de captación es mayor a la de los autobuses (600m).

El objetivo principal del tranvía es proporcionar a la población un medio de transporte colectivo accesible y garantiza las condiciones de respeto al medio ambiente y fomenta la sustentabilidad de las ciudades. Con este modo de transporte se pretende modificar el patrón de movilidad incrementando el uso del transporte colectivo frente al uso del automóvil particular, reduciendo así el tráfico de vehículos.

## **1.5 Situación actual de la zona metropolitana de Aguascalientes, Jesús María y San Francisco de los Romo**

### **1.5.1 Generalidades**

La zona metropolitana de Aguascalientes (ZMAGS) es la decimo cuarta más grande e importante del país y la tercera de mayor crecimiento de México a un ritmo de 4.07% (INEGI, 2010).

La Zona Metropolitana colinda al Norte con el municipio de Pabellón de Arteaga, al Oriente con el municipio de El Llano y al Poniente con los municipios de San José de Gracia y Calvillo.



Las principales vías de accesibilidad son: la carretera Federal 45, que comunica de norte a sur con las ciudades de Zacatecas, Lagos de Moreno, y León; la carretera Federal 70 que comunica de oriente a poniente con el municipio de Calvillo hasta la ciudad de San Luis Potosí.

### 1.5.2 Condiciones socioeconómicas

Según la CONAPO (2005) la ZMA presentaba un grado de marginación muy bajo, esto es una forma de medir la falta de oportunidades de desarrollo de la población, los municipios de Aguascalientes y Jesús María tienen un grado muy bajo, mientras el Municipio de San Francisco de los Romo presenta un grado de marginación bajo.

Otro índice utilizado por la CONAPO en su informe del 2005 es el Índice de Desarrollo Humano (IDH), el cual se basa en lineamientos internacionales y que es integrado por tres aspectos fundamentales; salud, educación y nivel de vida decoroso. De esta forma, las capacidades básicas consideradas como el tener la posibilidad de una vida larga, tener acceso a los recursos necesarios para gozar de un nivel de vida digno, libertad política, económica, social y cultural, el poder acceder a oportunidades con fines productivos y de creación, ejercicio de derechos humanos. Para el 2005 el IDH estatal era de 0.81 en escala del 0 al 1, mientras que la de los municipios conformantes de la ZMA era el siguiente:

Tabla 2. Índice de desarrollo humano (IDH) para los municipios que integran la ZMA

Índice de desarrollo humano para la Zona metropolitana de Aguascalientes y los municipios que la integran		
Municipio	IDH 2000	IDH 2005
Estatad	-	0.82
ZMA	0.78	0.82
Aguascalientes	0.82	0.87
Jesús María	0.77	0.81
San Francisco de los Romo	0.77	0.79

Los demás aspectos socioeconómicos de la ZMA se presentan de forma resumida en la tabla 3:

Tabla 3 Índices de Salud y Educación en los municipios que conforman la ZMA

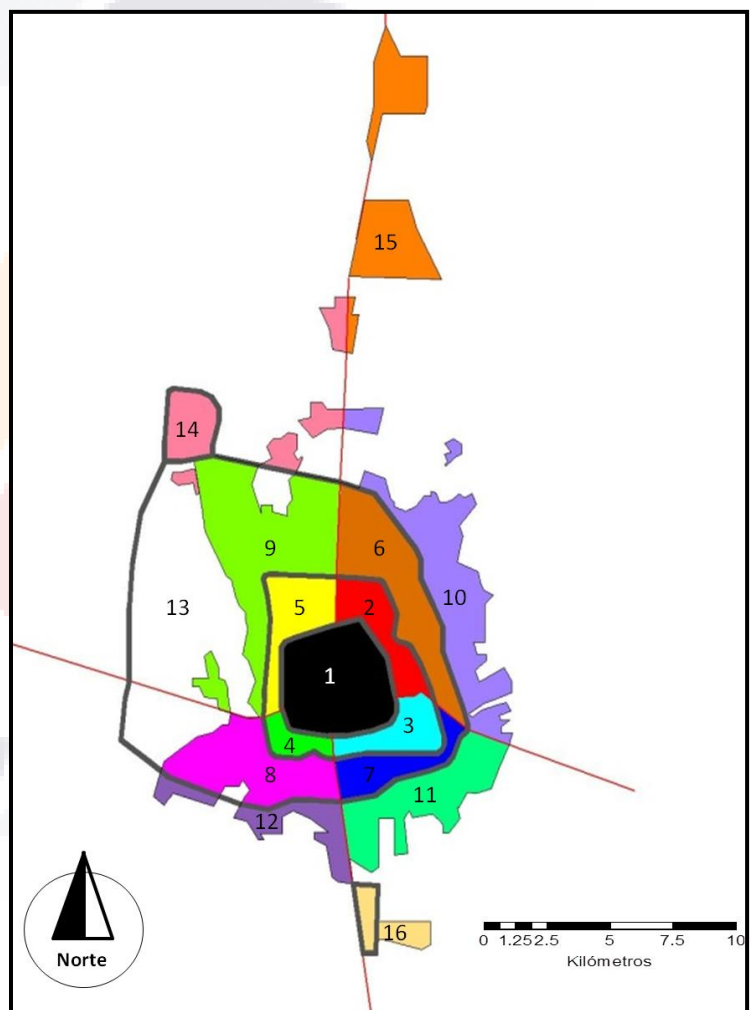
	Ags	Jesús María	SFR	Fuente
<b>Salud</b>				
Esperanza de vida al nacer	72.3	72.3	72.3	(CONAPO, 2000)
Población derechohabiente	77.1%	77.2%	81%	(INEGI, 2010)
Tasa de mortalidad	4%	2.29%	2.9%	(INEGI, 2010)
Tasa de mortalidad infantil	9.96	19.85	21.19	(CONAPO, 2005)
Cobertura de vacunación	99%	99%	99%	(ISSEA, 2014)
<b>Educación</b>				
Promedio de escolaridad en población de 15 años y más	9.8	8.6	7.9	(INEGI, 2010)
Analfabetismo	2.6%	3.7%	4.7%	(INEGI, 2010)

### 1.5.3 Condiciones demográficas en la Zona metropolitana de Aguascalientes

Para efectos del presente trabajo y del manejo práctico de la información se decidió dividir la ZMA en dieciséis cuadrantes formados por la intersección de un eje norte-sur (Carretera panamericana), un eje oriente-poniente (Carretera federal 70) y tres ejes radiales (Av. Convención, Av. Aguascalientes y Av. Siglo XXI), teniendo como resultado la siguiente distribución:

Simbología

Cuadrante	Delegación ó Municipio
Cuadrante 1	Centro
Cuadrante 2	Jesús Terán
Cuadrante 3	Morelos
Cuadrante 4	Insurgentes
Cuadrante 5	Pocitos
Cuadrante 6	Jesús Terán
Cuadrante 7	Morelos
Cuadrante 8	Insurgentes
Cuadrante 9	Pocitos
Cuadrante 10	Jesús Terán
Cuadrante 11	Morelos
Cuadrante 12	Insurgentes
Cuadrante 13	Pocitos
Cuadrante 14	JM
Cuadrante 15	SFR
Cuadrante 16	Ags



Mapa 2. División en cuadrantes de la ZMA. Elaboración propia

Posteriormente se procedió a hacer un análisis demográfico comenzando con la población del último censo de población y vivienda (INEGI, 2010) y aplicando la tasa de crecimiento anual para obtener la población

estimada para 2015. Además se obtuvo la densidad de población de acuerdo a la extensión que ocupa cada uno de los cuadrantes.

Tabla 4. Análisis demográfico de los 16 cuadrantes de la ZMA

	Delegación ó Municipio	(Km2)	Población 2010	Tasa de crecimien to	Población 2015	Densidad de población por km2
Cuadrante 1	Centro	14.2	66,367	2.10	73,634	5185.52285
Cuadrante 2	Jesús Terán	5.99	42087	2.10	46,696	7795.60558
Cuadrante 3	Morelos	5.13	53170	2.10	58,992	11499.4748
Cuadrante 4	Insurgentes	2.5	46599	2.10	51,702	20680.7031
Cuadrante 5	Pocitos	6.42	47164	2.10	52,329	8150.8765
Cuadrante 6	Jesús Terán	13.2	104071	2.10	115,467	8747.51119
Cuadrante 7	Morelos	4.89	70345	2.10	78,048	15960.7423
Cuadrante 8	Insurgentes	19.7	64324	2.10	71,368	3622.72633
Cuadrante 9	Pocitos	45.9	47,399	2.10	52,589	1145.7377
Cuadrante 10	Jesús Terán	34.6	120739	2.10	133,960	3871.68652
Cuadrante 11	Morelos	7.3	47134	2.10	52,295	7163.74549
Cuadrante 12	Insurgentes	7.64	40873	2.10	45,349	5935.69896
Cuadrante 13	Jesús María	9.06	72,947	4.40	90,471	9985.77397
Cuadrante 14	Jesús María	4.85	26643	4.40	33,043	6813.08613
Cuadrante 15	SFR	8.46	35,769	5.80	47,417	5604.86006
Cuadrante 16	Cd. industrial	20.73	12,532	2.10	13,904	670.733186
Aeropuerto	Cd. industrial	5.37	26,633	2.10	29,549	5502.68324
<b>TOTAL</b>		<b>215.94</b>	<b>924,796</b>	<b>2.10</b>	<b>1,026,064</b>	<b>4751.61841</b>

La edad media en el Municipio de Aguascalientes es de 24 años, en Jesús María de 22 y en San Francisco de los Romo de 21, por lo tanto, el promedio de la ZMA es de 22.3 años.

### 1.5.4 Análisis económico en la Zona metropolitana de Aguascalientes

Con los datos obtenidos en la estimación anterior y la información económica proporcionado por el INEGI sobre ocupación, se realizó la siguiente tabla que incluye la población económicamente activa (PEA), ocupación, población económicamente inactiva (PEI) y la desocupación.

Tabla 5. Ocupación y desocupación de la población por cuadrante de la ZMA

	PEA	Ocupación	PEI	Desocupación
Cuadrante 1	32,009	30,065	28,445	1,546
Cuadrante 2	19,365	18,141	13,962	1,013
Cuadrante 3	24,741	23,261	19,149	1,257
Cuadrante 4	22,645	20,960	16,901	1,510
Cuadrante 5	22,543	21,538	18,953	701
Cuadrante 6	47,884	44,859	34,525	2,506
Cuadrante 7	32,733	30,774	25,334	1,662
Cuadrante 8	31,259	28,932	23,330	2,084
Cuadrante 9	22,655	21,646	19,048	705
Cuadrante 10	55,553	52,044	40,054	2,907
Cuadrante 11	21,933	20,620	16,975	1,114
Cuadrante 12	19,863	18,384	14,825	1,324
Cuadrante 13	50,845	48,357	39,264	2,488
Cuadrante 14	18,570	17,662	14,341	909
Cuadrante 15	25,321	23,903	21,907	1,418
Cuadrante 16	4,871	4,515	4,726	356

Con los datos sobre la población económicamente inactiva, el censo nacional de población y vivienda del 2010 y datos de la Secretaría de planeación y Desarrollo regional de Aguascalientes (SEPLADE, 2007) se realizó un análisis sobre el número de estudiantes por nivel educativo en cada cuadrante de la ZMA, los cálculos con porcentajes se incluyen en el anexo I.

Tabla 6. Número de estudiantes por nivel en cada sector de la ZMA

Cuadrante de la ZMA	Población 2015	Población Preescolar	Población Primaria	Población Secundaria	Población Bachillerato	Población Superior
Cuadrante 1	73634.4245	1738	6119	3012	2150	3365

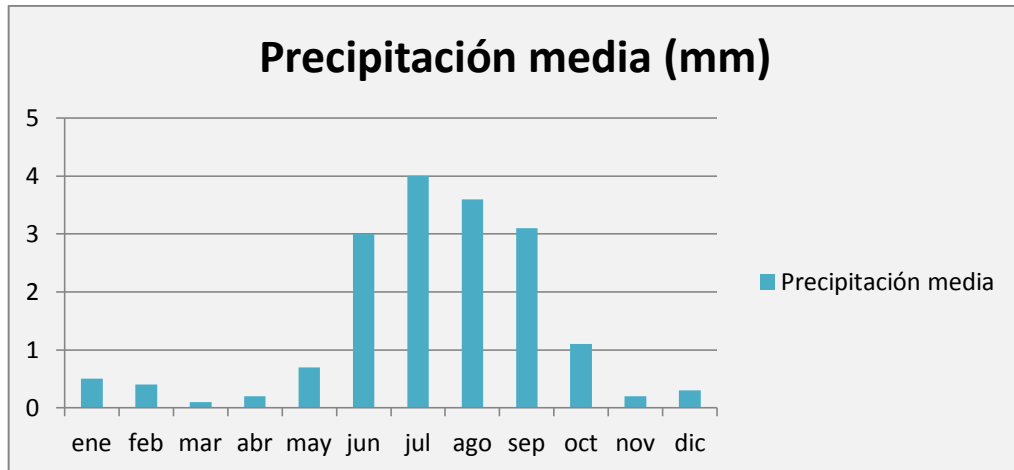
Cuadrante 2	46695.6774	1770	6509	2676	1662	1270
Cuadrante 3	58992.3057	1917	7569	3705	2531	2371
Cuadrante 4	51701.7576	1494	5584	2621	1810	2099
Cuadrante 5	52328.6272	1450	5013	2412	2009	3255
Cuadrante 6	115467.148	4376	16096	6616	4111	3141
Cuadrante 7	78048.0298	2537	10014	4901	3348	3138
Cuadrante 8	71367.7087	2063	7708	3618	2498	2898
Cuadrante 9	52589.3605	1457	5038	2424	2019	3271
Cuadrante 10	133960.354	5077	18674	7676	4769	3644
Cuadrante 11	52295.342	1700	6709	3284	2243	2102
Cuadrante 12	45348.7401	1311	4898	2299	1587	1841
Cuadrante 13	90471.1122	3085	13010	5293	1864	3610
Cuadrante 14	33043.4677	1127	4752	1933	681	1318
Cuadrante 15	47417.1161	1660	6999	2812	792	1584
Cuadrante 16	13904.2989	491	1966	768	466	211

## 1.5.5 Condiciones ambientales en la zona metropolitana de Aguascalientes

### 1.5.5.1 Condiciones Naturales

La zona metropolitana de Aguascalientes se localiza en la zona centro-sur del estado, en el valle que lleva su mismo nombre. Es parte de la macro región del Bajío, específicamente del Bajío Occidental. Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) la totalidad de la ciudad se encuentra en dos tipos de clima, seco y semi-seco y la temperatura media anual oscila entre los 12°C y los 18°C (ESDIG, 2012).

Según la base de datos climatológica la temperatura media mínima anual se presenta en el mes de enero, 1.6°C, mientras la media máxima se registra en el mes de mayo con 30.4°C, estos datos se obtienen de la media de las mediciones diarias desde enero de 1984 hasta la fecha.

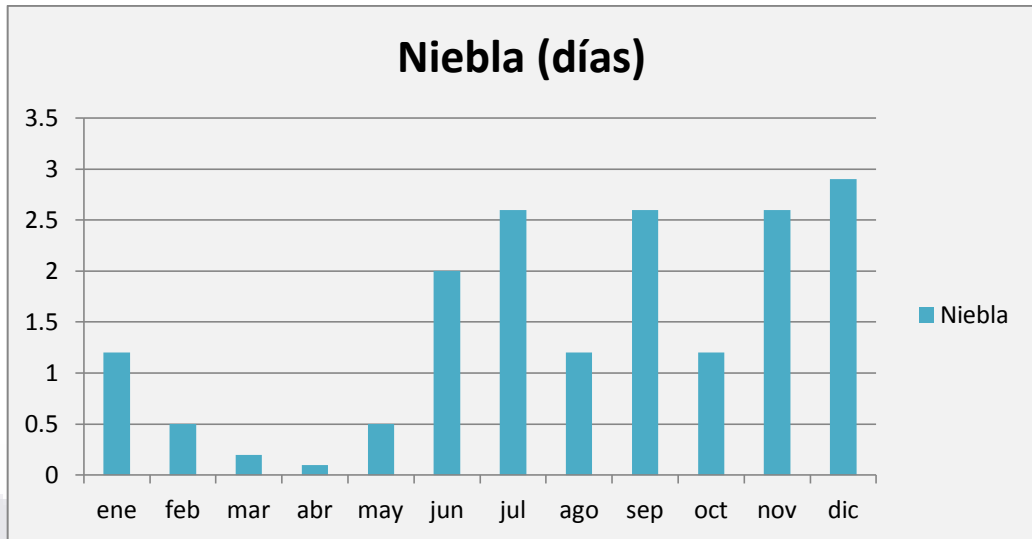


GRAFICA 3. Precipitación media en la Ciudad de Aguascalientes

En el tema del agua la Comisión Nacional del Agua reporta en la base de datos para toda la región que abarca la ZMA una precipitación media anual que oscila entre los 100 y los 500mm. Las mayores precipitaciones ocurren en el mes de julio mientras el mes más seco en marzo. En cuanto a la humedad, ésta permanece prácticamente constante durante todo el año, el valor medio mínimo en el periodo de 1984 a la fecha se registra en el mes de abril con 39% y la media máxima se registra durante el mes de agosto con un 62% de humedad relativa.

Una condición climatológica importante para el desarrollo de proyectos de movilidad y transporte público es la niebla, según la CNA Aguascalientes presenta una media de 17.5 días de niebla anuales, siendo la máxima durante el mes de diciembre cuando la media es de 2.9 días y la mínima en abril donde la media es de 0.1 días, en la siguiente gráfica se muestra la media mensual durante el periodo comprendido de enero de 1984 a la fecha (CNA, 2015).





GRAFICA 4. Días de niebla en la ciudad de Aguascalientes

En cuanto al viento la CNA reporta condiciones constantes para todo el año, con valores medios mensuales que oscilan entre los 3.6 y 5.9 km/hr.

Otro factor importante para el diseño de redes de transporte público es el asoleamiento ya que representa en algunas ocasiones un problema a la visibilidad, en la siguiente tabla se representa la información brindada por la CNA sobre la media mensual de días despejados, nublados y nublados/cerrados durante 32 años.

Tabla 7. Condición del cielo en la ciudad de Aguascalientes

Condición	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Despejados	8.2	8.5	12	5.8	7.4	3.5	1.1	0.6	0.8	4.8	8.9	8.3	69.7
Medio nublados	11.8	14.3	10.9	16	15.5	14.2	9	9	14.4	16.2	14.8	13.8	166.5
Nublado/cerrado	11	5.2	8.1	8.3	8.1	12.3	12.3	20.9	14.8	10	6.2	9	128.7

A continuación, se realizó una gráfica solar para Aguascalientes donde se observa la dirección de los rayos del sol durante todo el año, así como la salida y puesta del sol en el mismo periodo.

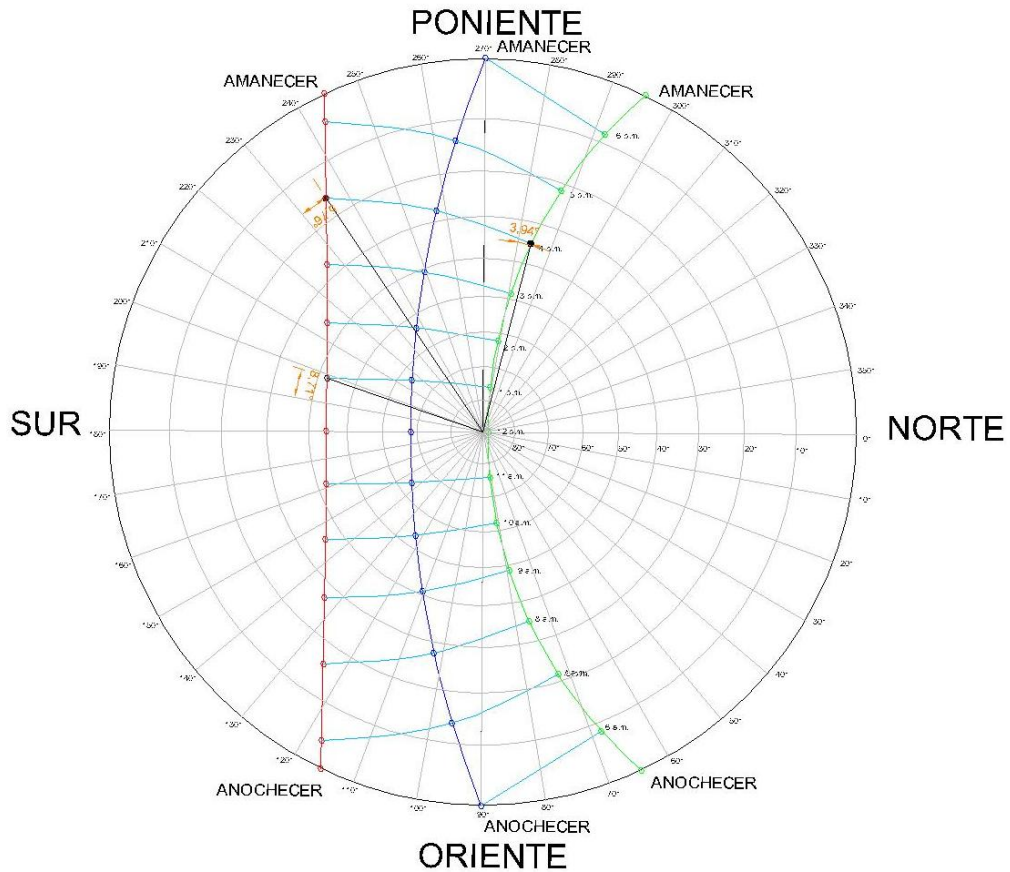


Figura 8. Gráfica solar para la ZMA. Elaboración propia

## 1.6 Situación actual de emisiones a la atmosfera

### 1.6.1 Emisiones por fuentes móviles

Los vehículos automotores que circulan por las calles de Aguascalientes, tales como motocicletas, automóviles particulares, camiones, autobuses y taxis contribuyen en gran medida a las emisiones de contaminantes en la zona urbana. Las emisiones más considerables son las provenientes del escape, que resultan de la combustión de gasolina, diesel, gas o cualquier tipo de combustible empleado, de esto depende la cantidad de emisiones producidas.

De los manuales del programa de inventarios de emisiones de México, volumen II. Fundamentos de inventarios de emisiones se obtuvo la siguiente información de los contaminantes producidos por cada tipo de combustible.

- Contaminantes producidos por la gasolina:

La gasolina es un combustible derivado del petróleo, cuando se emplea para la propulsión de vehículos automotores produce emisiones de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, agua (H<sub>2</sub>O) óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

- Contaminantes producidos por el diesel

Al igual que la gasolina, el diesel es un derivado del petróleo, los contaminantes que se producen como resultado de su combustión son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), agua (H<sub>2</sub>O) óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>) y partículas suspendidas.

Los últimos datos proporcionados por la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes son para el año 2010 en los que se observaba una calidad del aire buena en todos los indicadores medidos por los sitios de monitoreo ubicados en CEAR Rodolfo Landreros, en el Edificio Central de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, el CBTIS 39 y en la Secundaria General número 4 Leyes de Reforma, los edificios del ISSSTE y sucursal Banorte del fraccionamiento Lindavista. Los Criterios a evaluar para la calidad del aire son; Ozono (O<sub>3</sub>), Monóxido de Carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), partículas suspendidas totales (PST) y partículas menores de 10 micras (PM<sub>10</sub>), valor permisible en el aire ambiental como medida de protección a la salud de la población (Secretaría del Medio Ambiente, 2010)

El informe arroja la siguiente información sobre contaminantes en el aire, se trata de valores medios medidos entre el año 2007 y 2010 en las estaciones climatológicas de la ZMA.

Tabla 8. Contaminantes presentes en el aire de la ZMA. (Secretaría Estatal del Medio Ambiente, 2010)

Partículas Suspendidas	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub>	NO	NO <sub>2</sub> ppb	SO <sub>2</sub> ppb	CO
------------------------	----------------	----------------	----	------------------------	------------------------	----

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb	ppb	ppb			ppm
Enero	115.11	13.635	0	35.24	25.588	26.441	0.1755
Febrero	113.423	13.51	0	28.88	22.823	12.644	0.3797
Marzo	109.578	20.045	18.5	20.398	21.266	16.534	0.578
Abril	121.528	26.539	24.5	8.4748	11.851	22.548	0.2677
Mayo	94.1225	31.338	28.5	12.008	11.567	3.9573	0.1887
Junio	69.8475	27.134	24.5	7.6645	11.239	18.884	0.2427
Julio	50.28	23.445	21	7.901	10.185	15.589	0.31
Agosto	48.7575	16.728	15	9.3407	8.5153	41.591	0.267
Septiembre	45.7067	18.016	16	7.6597	7.8023	13.699	0.588
Octubre	83.395	22.429	20.5	15.373	12.218	33.221	0.294
Noviembre	107.93	19.774	18	27.287	14.225	28.067	0.4595
Diciembre	118.195	14.122	13	24.088	14.833	38.137	0.701

A continuación se presenta una tabla con las concentraciones máximas de cada uno de los contaminantes por las normas oficiales mexicanas correspondientes:

Tabla 9. Normas Oficiales Mexicanas (NOM) referentes a los contaminantes emitidos a la atmosfera

NORMA OFICIAL MEXICANA	CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN COMO CONTAMINANTE ATMOSFÉRICO. (Limite máximo normado)
NOM-020-SSA1-1993	OZONO (O <sub>3</sub> )	110 ppb
NOM-021-SSA1-1993	MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	11 ppm
NOM-022-SSA1-1993	BIÓXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> )	130 ppb
NOM-023-SSA1-1993	MONOXIDO DE NITROGENO (NO)	210 ppb
NOM-023-SSA1-1993	BIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO <sub>2</sub> )	210 ppb
NOM-025-SSA1-1993	PARTÍCULAS MENORES DE 10 MICRAS	210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Se puede observar que en 2010 ninguno de los contaminantes medidos por los sitios de monitoreo en la ZMA rebasaba los límites permitidos que garantizan una buena calidad del aire para realizar cualquier tipo de actividad en la ciudad, sin embargo no existen datos actualizados para el 2015. El 19 de noviembre del 2013 el Secretario de Medio Ambiente del estado de Aguascalientes, Jorge Durán Romo, en entrevista para el Sol del Centro indicó que la calidad del aire en Aguascalientes es buena ya que cuenta con 25 puntos IMECA (Índice metropolitano de calidad del aire) con lo que se mantiene en código verde ya que se encuentra muy por debajo de los 100 puntos que marca la norma.

## 1.7 Análisis de las características de viaje en la zona metropolitana de Aguascalientes

La ciudad de Aguascalientes presenta un sistema de transporte colectivo público compuesto por 46 rutas, de las cuales 37 cruzan el centro de la ciudad, es decir, un 80%. Este sistema era eficiente cuando los servicios básicos para la población se concentraban en el centro, con la gran expansión de la ciudad a partir de la década de 1980 el sistema de transporte público deja ver las ineficiencias de conectividad, accesibilidad y calidad en el servicio.

### 1.7.1 Tiempos actuales de traslado de los usuarios

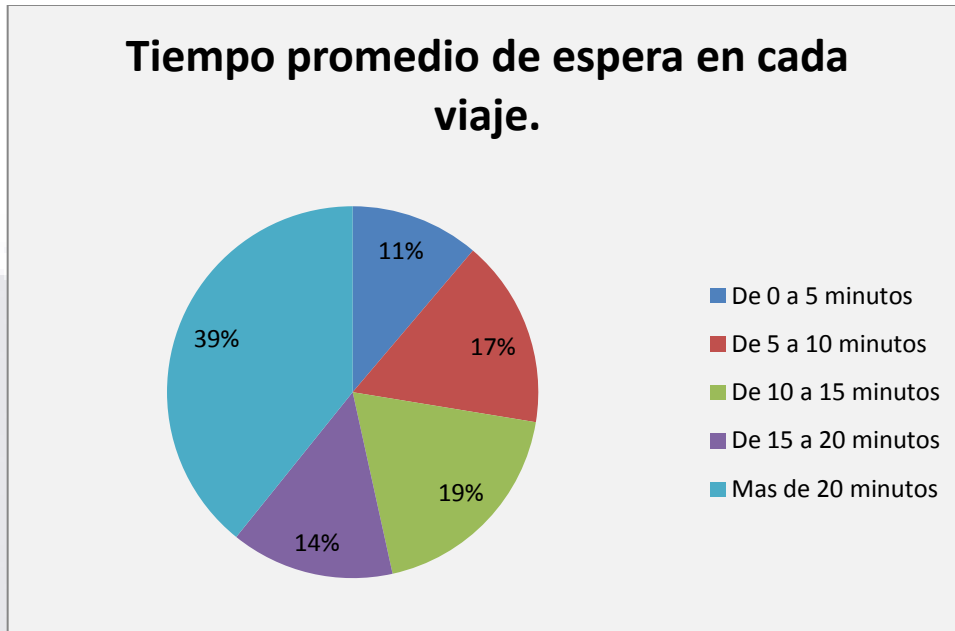
Los tiempos de recorrido de cada una de las rutas de transporte colectivo público es el siguiente (Dirección General de Transporte, 2016):

Tabla 10. Tiempo de recorrido y frecuencia de las rutas de transporte público en la ZMA

Ruta	Tiempo de recorrido (hh:mm:ss)	Frecuencia (min)
1	01:18:00	10
2	01:54:00	9
3	01:10:00	11
4	02:40:00	10
5	01:14:00	10
6	01:30:00	12

7	01:42:00	9
8	01:16:00	12
9	01:26:00	8
10	01:20:00	10
11	01:35:00	11
12	01:00:00	12
14	01:40:00	14
15	01:15:00	12
16	01:20:00	12
18	02:00:00	13
19	01:05:00	8
20	01:30:00	6
21	02:00:00	
23	01:10:00	9
24	01:10:00	16
25	01:04:00	10
27	01:06:00	10
28	02:48:00	10
29	01:48:00	9
30	01:15:00	12
31	01:17:00	14
33	02:26:00	12
34	01:15:00	9
35	01:54:00	9
36	01:40:00	9
37	01:23:00	11
38	01:00:00	15
39	01:42:00	12
40	01:40:00	7
41	00:42:00	10
42	02:00:00	9
43	01:26:00	13
44	01:13:00	16
45	02:30:00	12
46	01:10:00	15
47	01:45:00	10
48	01:26:00	12
50	01:27:00	7

El horario de servicio para los usuarios es de 6:00 a 21:45 horas del día, sin embargo esta información no contempla el tiempo de espera que según lo expresado por la población encuestada es de 10.17 minutos, sin embargo estos valores oscilan entre 0 y 30 minutos.



GRAFICA 5. Tiempo de espera del transporte público de los usuarios

### 1.7.2 Costos de movilidad de los usuarios

El costo de movilidad varía según el tipo de transporte empleado, para el transporte público según la Dirección General de Transporte (2016), se tienen los siguientes datos:

Tabla 11. Costo de movilidad en taxi

Taxi	
Banderazo	\$ 10.50
Costo por km	\$ 3.00
Costo por caída (cada 250m)	\$ 0.75

Tabla 12. Costo de movilidad en transporte colectivo local

Transporte colectivo local	
Tarifa por viaje sencillo para Aguascalientes y J. María	\$ 6.00
Tarifa para estudiantes	\$ 2.50



Tabla 13. Costo de movilidad en transporte foráneo para la ZMA

Colectivo foráneo para la Zona Metropolitana	
de 0 a 10km	\$ 6.00
De 10 a 20 km	\$ 12.00
De 30 a 40 km	\$ 18.00
De 40 a 44 km	\$ 24.00
de 45 a 60 km	\$ 27.00
de 61 a 69 km	\$ 29.00
Más de 70 km	\$ 32.00

Un usuario de transporte público en Aguascalientes gasta en promedio \$25.37 diariamente según las encuestas.

Para la movilidad en vehículo particular, de las encuestas se obtuvo que el costo de mantenimiento, seguro e impuestos anual por vehículo es de \$4,131.87 promedio, mientras que el gasto en combustible es de \$22,971.43 promedio anuales, es decir, el costo total anual por uso de vehículo es de \$27,103.30, un costo diario de \$87.01 considerando que según las encuestas, en promedio se utiliza 311 al año días el vehículo particular.

### 1.7.3 Reparto modal

Actualmente la población de la Zona Metropolitana de Aguascalientes utiliza cuatro medios de transporte para realizar sus actividades cotidianas, Automóvil particular, transporte público (Autobús, taxi, transporte colectivo foráneo), bicicleta y caminar.

Según la información obtenida de las encuestas, el reparto modal se distribuye de la siguiente forma:

Tabla 14. Reparto modal de la población de Aguascalientes

Tipo de transporte	Porcentaje de la población que lo emplea
Automóvil	40%
Transporte público	50%
Bicicleta	4%
Caminar	6%

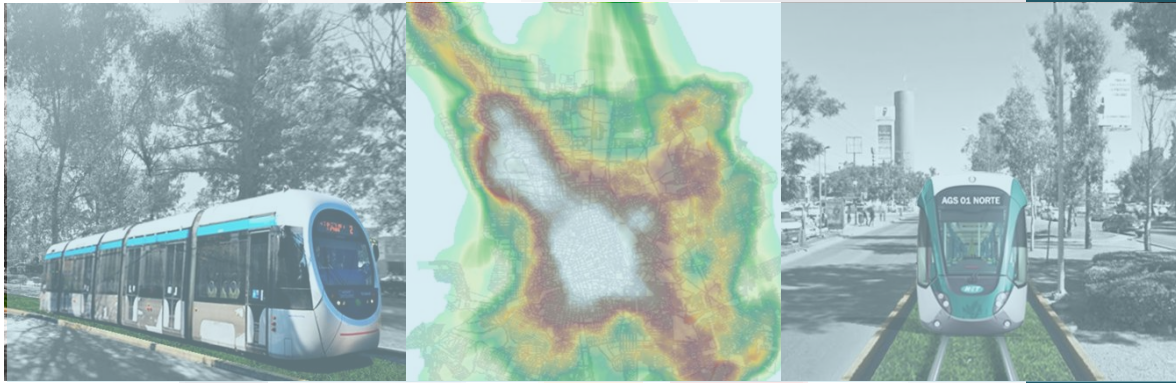
De los usuarios de transporte público se tiene una sub categoría según el medio de transporte público que utilizan para transportarse:

*Tabla 15. Reparto modal de los usuarios de transporte público*

Tipo de transporte público	Porcentaje de la población que lo emplea
Autobús	82%
Taxi	11%
Transporte colectivo foráneo	7%

#### **1.7.4 Conformidad de los usuarios con los servicios de transporte público actuales**

Actualmente el 58% de los usuarios de transporte público en la Zona Metropolitana de Aguascalientes no están conformes con el servicio que reciben, esto según las encuestas aplicadas.



# CAPITULO II

## **CAPITULO II**

### **2. METODOLOGÍA**

#### **2.1 Software utilizado**

En la actualidad se encuentran a la mano diversos programas que permiten la realización de análisis de datos, mapas, representación, análisis espacial, entre otras cosas. Debido a que esta investigación requería el uso de diversos programas que permitieran el análisis de datos y la representación de éstos, se hizo uso de diversos programas especializados en diferentes áreas del conocimiento, los cuales se describen a continuación.

##### **2.1.1 Sistema de Información Geográfica (SIG)**

Debido a que una de las vertientes principales de esta investigación es la realización de mapas para de una manera gráfica realizar el análisis de la demanda potencial de usuarios, emisiones contaminantes por fuentes móviles y de las condiciones urbanas de la zona metropolitana de Aguascalientes, se decidió hacer uso de un Sistema de Información Geográfica para realizar un análisis más profundo que proporcionara de una manera confiable y gráfica, datos para determinar la factibilidad del sistema de transporte que se propone.

Por ello, se realizó una búsqueda de programas que cumplieran con las especificaciones que se requerían para realizarlos. Dentro de la gama de Sistemas GIS que podrían utilizarse se encontraban el Quantum GIS y el ArcGIS. Se optó por el uso del ArcGIS ya que es un programa más amigable con el usuario y por otro lado, se contaba con la licencia proporcionada por el Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid.

ArcGIS es un Sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica (ArcGIS Resources, 2016). Es utilizada por diversos sectores alrededor del mundo, que van desde áreas gubernamentales, empresas, investigadores, etc.

Ya que los mapas constituyen una forma efectiva de organizar, comprender y proporcionar grandes cantidades de información de un modo claro. Permite sintetizar a partir de la integración y síntesis de capas de información geográfica y descriptiva de diversas fuentes.

De esta manera con el uso del ArcGIS es posible la planificación y análisis, comprensión del funcionamiento de algunas operaciones, investigación, administración de recursos, de tal manera que se pueda a través de él resolver problemas, planificar adecuadamente a partir de una mejor toma de decisiones, promocionando la colaboración interdisciplinaria de una manera más efectiva y rápida.

### **2.1.2 Software para análisis estadístico**

Además del análisis de información gráfica, se requirió de hacer un análisis estadístico y se decidió recurrir al SPSS.

El programa SPSS “Statistical Product and Service Solutions” es un conjunto de herramientas de tratamiento de datos para el análisis estadístico. Al igual que el resto de aplicaciones que utilizan como soporte el sistema operativo Windows el SPSS funciona mediante menús desplegables, con cuadros de diálogo que permiten hacer la mayor parte del trabajo simplemente utilizando el puntero del ratón... Al iniciar una sesión con el SPSS nos encontramos con una ventana de aspecto muy similar al de una hoja de cálculo (Guardiola, 2014, p. 2).

### **2.2 Determinación de la factibilidad social**

Para la determinación de la factibilidad social de este proyecto se realizó un análisis de la demanda potencial de usuarios utilizando el sistema de información geográfica (SIG) ArcGis 10 que permite el manejo de la información cartográfica disponible para la solución del problema, la metodología seguida fue empleada en una investigación desarrollada en la Universidad Complutense de Madrid, España para determinar la factibilidad de la implantación de una red tranviaria en la ciudad de Valladolid (García Morchón Alberto, 2011).

La información de la que se disponía al inicio del trabajo se puede dividir en dos grupos, información estadística e información cartográfica.

Información estadística: se utilizó la información del censo de población y vivienda 2010 disponible en el servidor del INEGI, en el Sistema Municipal de Información

Geográfica y Estadística del Aguascalientes (SMIGE) y de la Plataforma de Información municipal (PIMAGS).

Información cartográfica:

- Cartografía geoestadística urbana municipal de Aguascalientes, Jesús María y San Francisco de los Romo (INEGI, 2010).
- Directorio Estadístico Nacional de unidades económicas (DENUE)
- Cartografía geoestadística de Áreas geoestadísticas básicas (AGEB) y manzanas urbanas de Aguascalientes, Jesús María y San Francisco de los Romo obtenidas del Sistema para la Consulta de Información Censal (SCINCE 2010).
- Cartografía de ciudades capitales (INEGI, 2010).

Este trabajo no se trata de un proyecto para la implementación de una línea troncal de tranvía eléctrico para la ZMA, sino que es un documento académico que propone un trazado para dicha línea y pretende demostrar su factibilidad social, urbana y ambiental.

La información existente en bibliografía y proporcionada por las dependencias es escasa por lo que la factibilidad potencial de la red troncal de tranvía está basada en base a la población, a los núcleos económicos y a las atracciones existentes en la ZMAGS, así como en los indicadores medioambientales proporcionados por el servidor de la Comisión Nacional del Agua (CNA) y que son resultado del monitoreo de las estaciones climatológicas de la ciudad.

Además utilizando los dos mismos grupos de información se elaboraron los siguientes elementos de información para el desarrollo del trabajo:

Información geoestadísticas:

- Estudiantes por nivel en cada cuadrante de análisis.
- Crecimiento del padrón vehicular de 1980 a 2105 por municipio de la ZMA.
- Población total por cuadrante de análisis al 2015.
- Población económicamente activa por cuadrante al 2015.
- Población económicamente inactiva por cuadrante al 2015.
- Población desocupada al 2015 por cuadrante de análisis.

- Crecimiento poblacional al 2015 en la ZMA.

Se aplicaron 445 encuestas distribuidas de forma equivalente en los 16 cuadrantes de estudio para determinar los movimientos pendulares de la población de la ZMA. Toda la información obtenida con las encuestas se procesó con ayuda del software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), Con esta información se procedió a diseñar una ruta que uniera los puntos de mayor demanda a lo largo de la ciudad y se establecieron las estaciones a cada 900 metros sobre la línea.

Teniendo definida la línea se obtuvo en ArcGis 10 la zona de influencia, el sistema más habitual para determinar el área servida por una estación de transporte público corresponde a la isócrona de 5 minutos andando a una velocidad media, mientras el ratio de captación aumenta la isócrona de los 10 minutos. Es por ello que las coberturas de analizaron en franjas de 5 a 10 minutos a pie desde las estaciones lo que corresponde a una longitud de 600 a 900 metros.

El siguiente paso consistió en combinar la información estadística obtenida del INEGI con la información cartográfica utilizando la operación *Join*.

El último elemento a tener en cuenta, fueron los equipamientos, se localizaron y dividieron según su tipo y dimensión, posteriormente se le asignó a cada uno de ellos una categoría en función del interés o poder de atracción, puntuando dicho interés con valores del uno al tres, siendo uno el más bajo y tres el más alto, quedando la categorización de la siguiente manera:

- Pequeñas, medianas y grandes atracciones Cívicas
- Pequeñas, medianas y grandes atracciones religiosas
- Pequeñas, medianas y grandes atracciones educativas
- Pequeños, medianos y grandes parques y jardines
- Pequeños, medianos y grandes servicios culturales
- Pequeños, medianos y grandes cuerpos del Estado
- Pequeños, medianos y grandes servicios de salud
- Pequeñas, medianas y grandes atracciones comerciales
- Feria de San Marcos
- Pequeñas, medianas y grandes atracciones recreativas

Con toda la información cargada en ArcGis 10, se procedió a elaborar una capa Ráster de densidad de kernel para cada una de las categorías, una vez obtenidos estos



mapas se combinaron en uno solo asignando el mismo porcentaje a cada uno de ellos y de esta forma obtener una sola capa de equipamiento.

Posteriormente se elaboró una capa Ráster de densidad kernel para las generaciones (población) de la zona urbana y una tercera capa Ráster para las atracciones laborales.

El siguiente paso consistió en la obtención de la demanda potencial para lo cual se recurrió a la calculadora Ráster, combinando los datos de población, empleo y equipamiento (atracciones) con una ponderación de 40%, 30% y 30% respectivamente previamente normalizados mediante un ajuste de tipo lineal.

### **2.3 Determinación de la factibilidad urbana**

Una vez que se constató la factibilidad social de atracciones y generaciones en la zona de influencia de la línea propuesta, se comenzó a analizar una serie de factores y restricciones que pudieran afectar a la implementación de una línea tranviaria en Aguascalientes.

En este sentido, está claro que la creación de una línea de tranvía en la zona urbana impone grandes restricciones, de modo que los parámetros de factibilidad quedan condicionados por la anchura, la altitud, la pendiente de las calles, el radio de giro en cada intersección y las características específicas de cada uno de los tramos que comprenden esta línea.

El primer paso fue realizar una búsqueda de información urbana existente y cartografía en el servidor del INEGI, se obtuvo la siguiente información.

Estadística:

- Puntos de alto índice de accidentes en el municipio de Aguascalientes (Secretaría de seguridad pública municipal)
- Costo económico anual de los accidentes en el municipio d Aguascalientes (Secretaría de seguridad pública municipal)
- Muertes por accidentes en el municipio de Aguascalientes (Secretaría de seguridad pública municipal)

- Número de lesionados por accidentes en el municipio de Aguascalientes (Secretaría de seguridad pública municipal)

Cartográfica:

- Modelo de elevación digital (DEM) por su siglas en inglés, digital elevation model, del Estado de Aguascalientes (INEGI, 2012).
- Mapa de uso de suelo del municipio de Aguascalientes

Cargando el DEM en el software ArcGis 10 se obtuvieron las curvas de nivel del estado a cada cinco metros, con esto se elaboró un mapa de zonas inundables en la ciudad para un mejor análisis de posibles restricciones a la implementación de la línea.

Para determinar la factibilidad urbana se procedió a dividir la línea propuesta en doce tramos que corresponden a cada una de las calles o avenidas por las que se propone pase la línea uno del tranvía de Aguascalientes.

Se realizaron recorridos a lo largo del trayecto propuesto para el tranvía, determinando situaciones o puntos que podrían representar restricciones para una posible implementación, habiendo observado y analizado esto se elaboraron secciones tipo de cada uno de los tramos de la línea para un estudio más detallado, además se plasmo en ArcGis la ubicación de los semáforos a lo largo del trayecto del tranvía.

Con el uso de ArcGis se realizó un análisis visual del radio de giro en cada una de las intersecciones de las calles por donde se propone el paso del tranvía.

Con toda esta información se elaboró un análisis detallado de cada uno de los tramos de la línea así como secciones tipo del cambio que sufrirían las calles de implementarse el sistema de tranvía en Aguascalientes.

Para finalizar, se realizó un corte transversal a lo largo de toda la línea para observar las pendientes a las que se tendría que enfrentar la circulación del tranvía y así identificar puntos críticos o que imposibilitaran el paso de la línea.

## **2.4 Determinación de la factibilidad ambiental**

Como en los casos anteriores el primer paso para determinar la factibilidad ambiental de la implementación del tranvía en Aguascalientes fue la solicitud de información en dependencias, lamentablemente no se obtuvieron resultados por lo que se procedió a obtener información del servidor de La comisión nacional del Agua (CNA) de la estación meteorológica Aguascalientes, se obtuvo la siguiente información estadística de las mediciones de fenómenos naturales que podrían determinar la factibilidad del sistema:

- Precipitación pluvial mensual media en un periodo de 31 años, de 1984 al 2015 (CNA, 2015)
- Temperatura media en un periodo de 31 años, de 1984 al 2015 (CNA, 2015)
- Niebla mensual media en el mismo periodo (CNA, 2015).

Además se elaboró una grafica solar para la zona metropolitana de Aguascalientes.

La información anterior se utilizó para realizar un análisis de días al año en los que el sistema de tranvía presentaría problemas de circulación.

Para efectos del análisis de contaminantes, del servidor del INEGI se obtuvieron datos sobre el crecimiento del padrón vehicular de los municipios que conforman la Zona Metropolitana de 1980 al 2015 (Intituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010).

Además del servidor de la CNA se obtuvo la siguiente información estadística de las mediciones:

- Valores medidos de Partículas Suspensas  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en el aire de Aguascalientes
- Valores medidos de Ozono
- Valores medidos de Nitratos
- Valores medidos de Nitritos
- Valores medidos de Sulfatos
- Valores medidos de Óxidos de Carbono

Teniendo toda la información antes mencionada se procedió a realizar un cálculo estadístico del comportamiento de las emisiones de contaminantes de 1980 a la fecha.

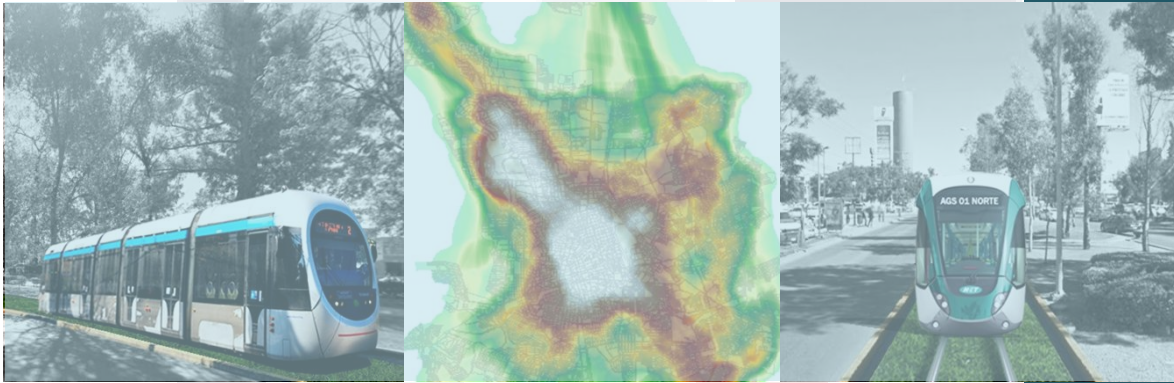
Con los datos obtenidos de las encuestas aplicadas a la población de Aguascalientes sobre tiempos de traslado, días de uso de vehículo o transporte público y otros parámetros se calcularon las emisiones totales anuales producidas por fuentes

móviles en la zona metropolitana aplicando los valores de emisiones por kilometro recorrido y tipo de vehículo obtenidos de un estudio de transporte público y movilidad urbana sostenible de la Universidad Politécnica de Cataluña realizado en abril del 2015 (Riol Ricard, 2015).

Una vez teniendo estos valores, se procedió a dibujar en ArcGis 10 cada uno de los cuadrantes en los que se dividió la ciudad para un mejor manejo de la información, se asignaron centroides y se trazó cada una de las líneas de trayectos diarios (movimientos pendulares) en la zona metropolitana obtenidos de las encuestas aplicadas.

Posteriormente se le asignó un valor de emisiones a cada una de las líneas dependiendo de la longitud de trayecto para la obtención de resultados reales y veraces. Una vez teniendo todos estos datos cargados en ArcGis, se convirtieron todos los gráficos a una sola entidad. Teniendo esta entidad se realizó un análisis espacial de densidad de líneas utilizando los valores de contaminantes emitidos a lo largo de cada una de ellas para obtener un mapa de concentración de emisiones en la Zona metropolitana.

Finalmente, se realizó el mismo procedimiento pero aplicando una reducción de un 70% a los valores de emisiones, este porcentaje se obtuvo de las encuestas, en las que la población manifestó que cambiaría el uso del vehículo particular por el transporte público si este brindara un mejor servicio.

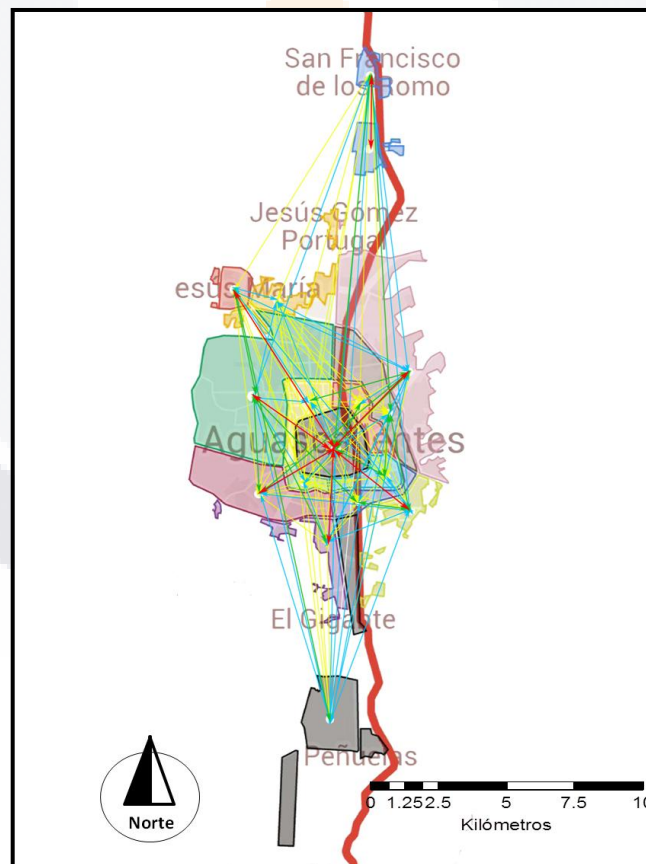


# CAPITULO III

## CAPITULO III

### 3. PROPUESTA DE LA LINEA

En la encuesta aplicada a 445 usuarios, tanto de transporte público como de vehículo particular se pedía que trazaran en un mapa el movimiento cotidiano que realizaban en la ciudad, de esta forma se obtuvo el siguiente mapa de movimientos pendulares en la Zona metropolitana de Aguascalientes en el que se puede observar una mayor movilidad entre la zona centro con los demás cuadrantes, específicamente con el oriente, nor-poniente y sur-poniente de la ciudad, además de una relación importante con Jesús María. La movilidad en el Municipio de San Francisco de los Romo es más bien local, siendo los movimientos pendulares con los municipios de Aguascalientes y Jesús María poco representativos.

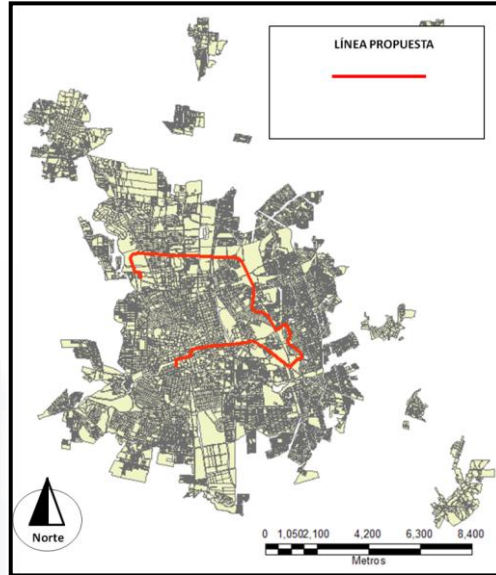


Mapa 3. Movimientos pendulares en la ZMA, elaboración propia

Teniendo esta información y si tomar en cuenta ningún otro factor se propuso la siguiente línea como entidad de análisis para determinar la factibilidad de su

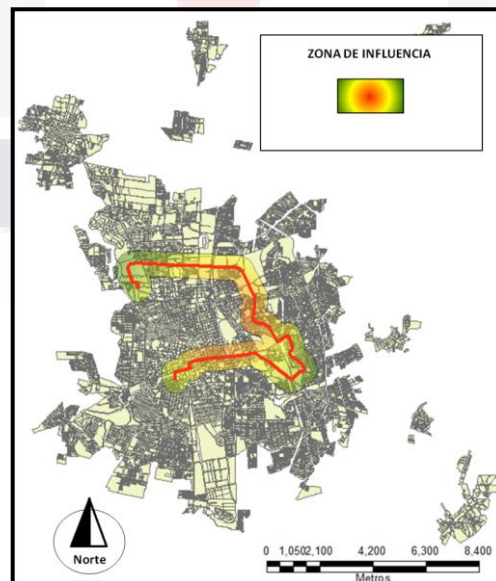


implementación. La línea propuesta comunica el centro de la ciudad con el oriente y el nor-poniente, teniendo como punto de partida la zona de la Feria Nacional de San Marcos y como destino la Universidad Autónoma de Aguascalientes.



Mapa 4. Trazado de la línea de tranvía propuesta, elaboración propia

Posteriormente se aplicó en ArcGis 10 una zona de influencia de 700 metros que como se explicó en el capítulo anterior, es la distancia recomendada para caminar hacia una parada de transporte público, en esta zona de influencia es donde se realizó el estudio paramétrico de factibilidad.



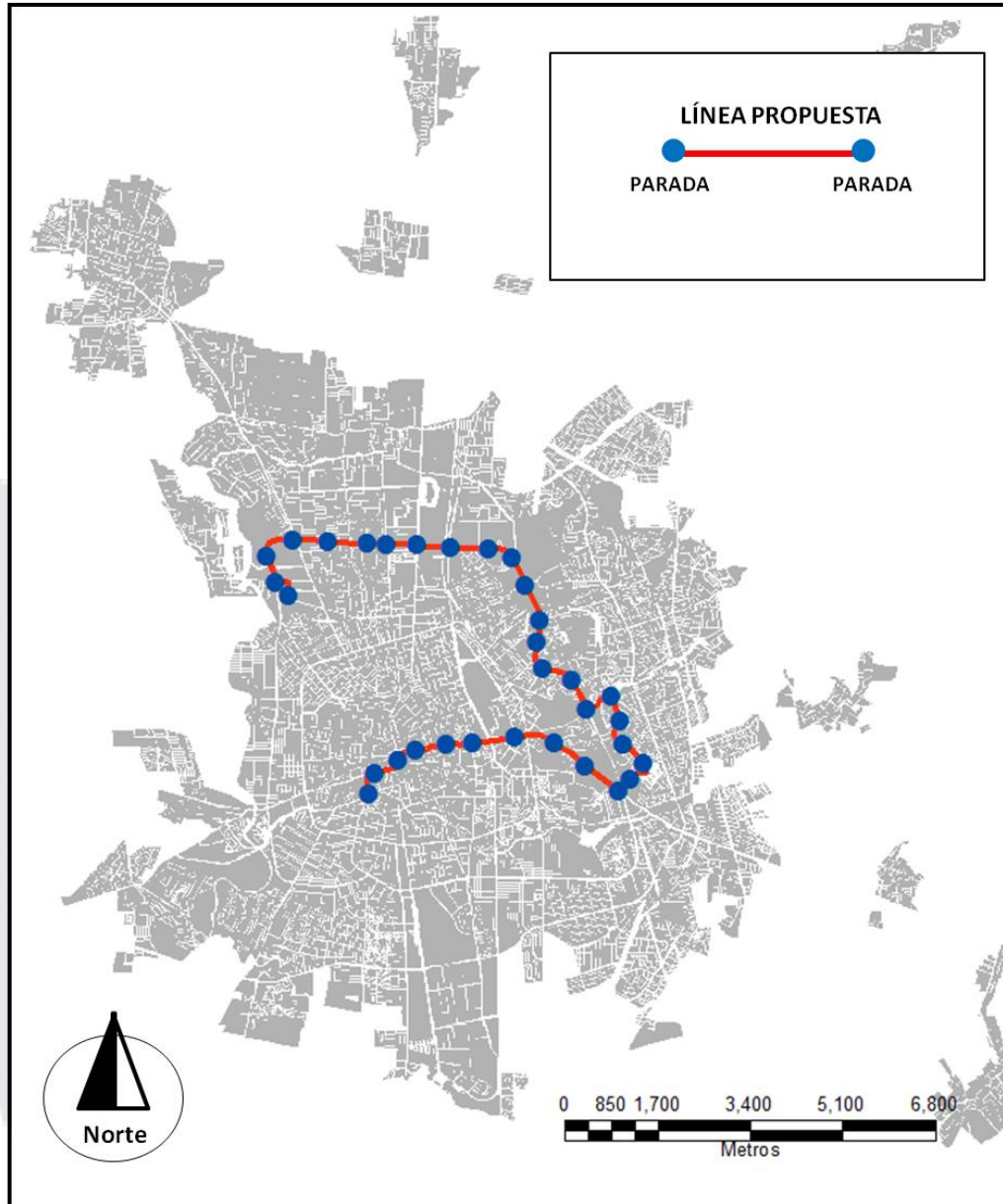
Mapa 5. Zona de influencia de la línea propuesta, elaboración propia



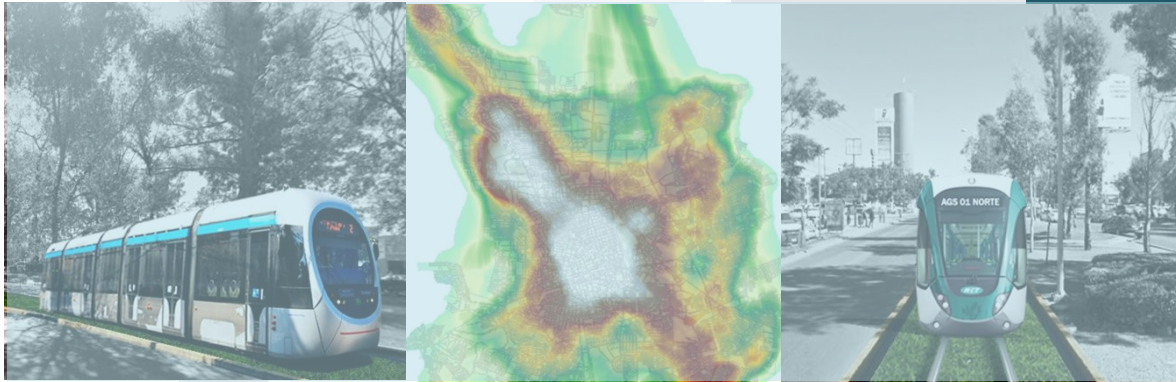
Teniendo el trazo de la línea y su zona de influencia se procedió a la ubicación de las paradas a una distancia máxima de 700 metros entre ellas y buscando ubicarlas en hitos de referencia a lo largo del trayecto.

Tabla 16. Paradas de tranvía en la línea propuesta, elaboración propia

Numero	Tranvía	Distancia entre estaciones (m)
1	Estación central	0
2	Mariano Matamoros	503
3	Jardin de los Palacios	581
4	Jardín José Martí	433
5	Cosío	567
6	Los arquitos	532
7	Alameda con Colegio Militar	744
8	Universidad la Concordia	751
9	ITA	715
10	Tecnologico con Aguascalientes	760
11	IMSS 2	400
12	Av Ojocaliente con SN Fco. De los Viveros	471
13	Av Ojocaliente con el salto de los salado	559
14	Sagrada Familia	500
15	Alameda con Av. Ojocaliente	522
16	Alameda con Av. Aguascalientes	555
17	Av. Aguascalientes con Presidentes	608
18	Av. Aguascalientes con Av. Siglo XIX	585
19	XIV Zona militar	561
20	Av. Aguascalientes con Bulevar Guadalupano	422
21	Pensadores mexicanos	639
22	Av. Aguascalientes con alcaldes	578
23	Av. Aguascalientes con Parras	460
24	Av. Aguascalientes con Constitución	805
25	Av. Aguascalientes con Bulevar a Zacatecas	534
26	Av. Aguascalientes con Av. Independencia	585
27	Club Pulgas Pandas	527
28	Av. Aguascalientes con Valle de Guadalupe	523
29	Av. Aguascalientes con San Julian	415
30	Universidad Autonoma	503
31	Unidad deportiva UAA	587
32	Av. Aguascalientes con Gpe. Gonzalez	568
33	Terminal UGASA	492



Mapa 6. Paradas de tranvía en la línea propuesta



# CAPITULO IV

## CAPITULO IV.

### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Determinación de la factibilidad Social

##### 4.1.1 La población como factor de demanda

Uno de los factores más importantes de la demanda de transporte público siempre es la ubicación de la población, para el estudio de este factor, la unidad mínima de estudio censal con la que se cuenta es el Área Geoestadística Básica (AGEB) del INEGI que proporciona información de cada una de las manzanas, para efectos de este estudio se utilizaron 1263 polígonos que conforman la zona metropolitana de Aguascalientes.



Mapa 7. AGEB urbano de la ZMA (INEGI, 2010)

Con la información proporcionada por el Censo del 2010 del INEGI, teniendo disponible la cartografía necesaria se obtuvo la densidad de población de la zona metropolitana de Aguascalientes. Se puede observar que resalta el centro de la ciudad



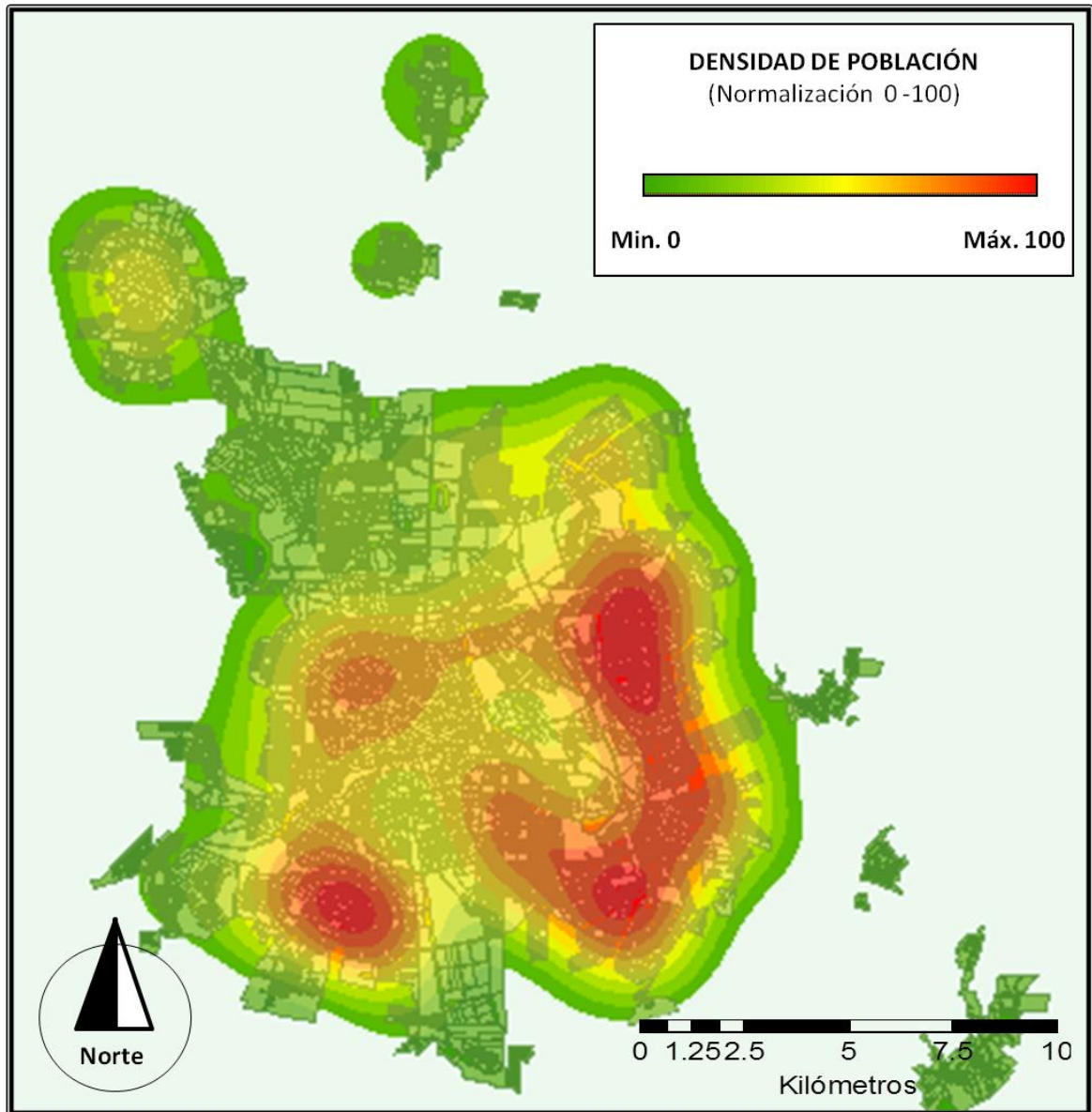
por su alta concentración de habitantes, así como el oriente entre segundo y tercer anillo. El sur poniente de la ciudad, en la zona de Pilar blanco y potreros presenta una alta densidad de población, al igual que el oriente de Jesús María.



Mapa 8. Densidad de población por AGEB urbano en la ZMA, elaboración propia (INEGI, 2010)

Habiendo analizado esta información convirtieron en ArcGis 10, los polígonos a puntos asignando el centroide como ubicación y con la herramienta de análisis espacial se

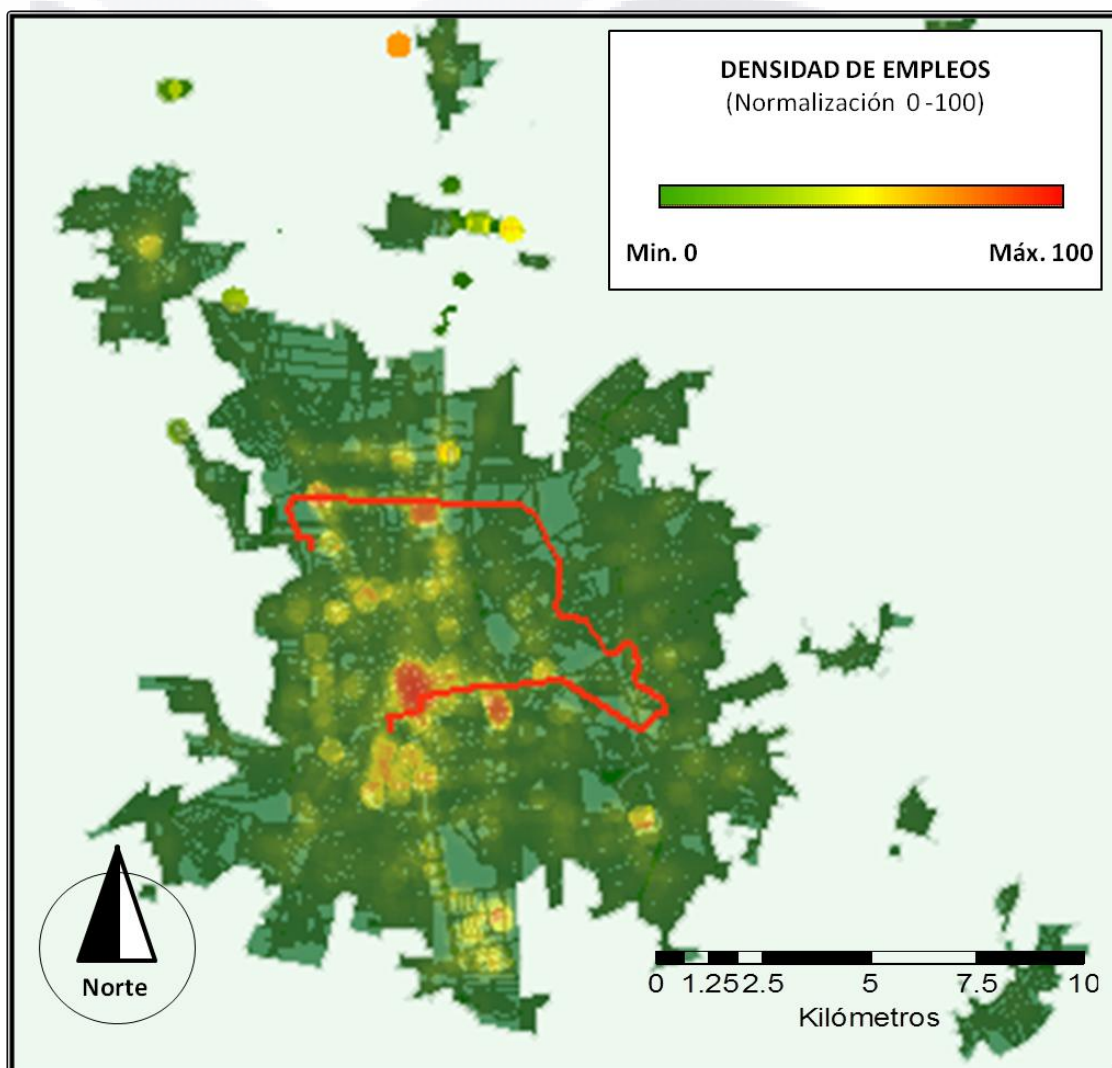
obtuvo un mapa de densidad de kernel para las generaciones de usuarios de transporte público en la zona metropolitana de Aguascalientes.



Mapa 9. Densidad de kernel para la concentración de la población en la ZMA, elaboración propia (INEGI, 2010)

#### 4.1.2 El empleo como factor de demanda

Del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) se obtuvieron datos sobre el número de empleados que existe en cada unidad económica, se analizaron un total de 5546 unidades que representan desde los pequeños comercios hasta las grandes industrias. Con la información estadística cargada en ArcGis 10 y utilizando la herramienta de análisis espacial para la densidad de puntos, asignando los valores del número de empleados por unidad económica se obtuvo el siguiente mapa en el que se observan en color rojo las zonas donde se concentran el mayor número de empleos en la zona metropolitana.



Mapa 10. Densidad de kernel para la concentración de las unidades económicas por número de empleados, elaboración propia (INEGI, 2010)

Resaltan el centro de la ciudad, el sur-oriental y el norte, esto indica que el grueso de la población económicamente activa se desplaza a estas zonas a trabajar diariamente.



### 4.1.3 Los equipamientos como factor de demanda

El otro gran factor a tomar en cuenta para determinar la factibilidad de la implementación de la línea uno de tranvía en la zona metropolitana de Aguascalientes son los equipamientos urbanos, atracción de la población.

Siguiendo la metodología de García Morchón (2011), el primer paso fue agrupar equipamientos que se encuentran en la zona de influencia según su función, obteniendo las siguientes categorías:

1. Equipamiento cívico
  - Plazas cívicas
2. Equipamiento comercial
  - Plazas comerciales
  - Mercados
  - Centros de ocio
  - Centrales de abastos
  - Supermercados
3. Cuerpos del Estado
  - Dependencias de Gobierno
  - Zona militar
  - Servicios municipales (Bomberos, policía, etc)
4. Equipamiento cultural
  - Centros de convenciones
  - Museos
  - Teatros
  - Palacios y monumentos
5. Equipamiento deportivo
  - Parques
  - Estadios
  - Gimnasios
  - Centros deportivos
6. Equipamiento educativo
  - Escuelas públicas y privadas de educación básica
  - Preparatorias
  - Universidades
7. Equipamiento religioso

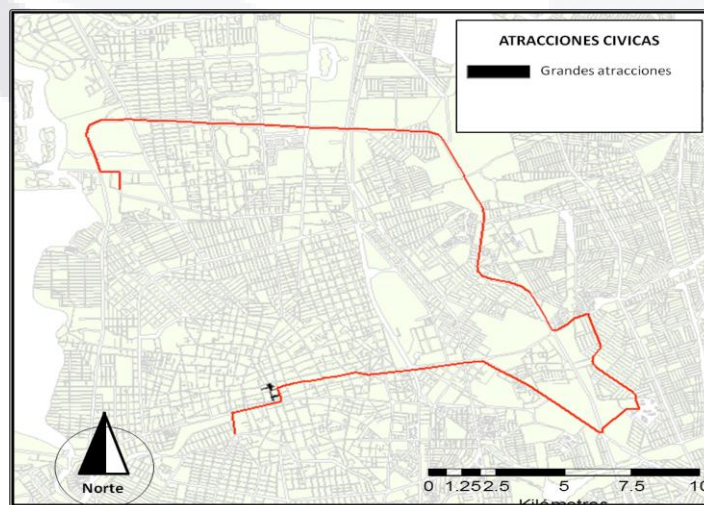
- Iglesias
  - Seminarios
  - Conventos
8. Equipamiento de salud
- Centros de salud
  - Hospitales públicos y privados
9. Equipamiento de ocio nocturno
- Centros sociales
  - Discotecas
10. Feria Nacional de San Marcos

Una vez que se ha categorizado todo el equipamiento se procedió a dibujar en ArcGis las diez capas correspondientes a los diferentes tipos de equipamientos en la zona de influencia de la línea uno para, como dentro de estas categorías no todos los equipamientos tienen el mismo interés por su demanda, se llevó a cabo una puntuación de los mismos, creando un nuevo campo denominado “atracción” se asignaron valores de uno a tres a cada uno de los equipamientos donde;

1. Pequeñas atracciones
2. Medianas atracciones
3. Grandes atracciones

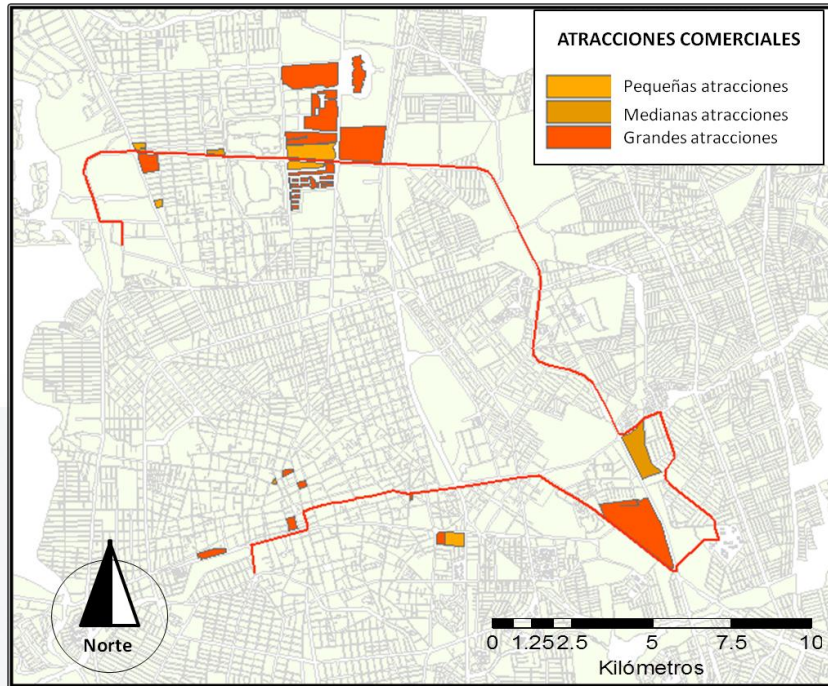
Se muestra el resultado de esta operación en las siguientes figuras:

- Equipamiento cívico



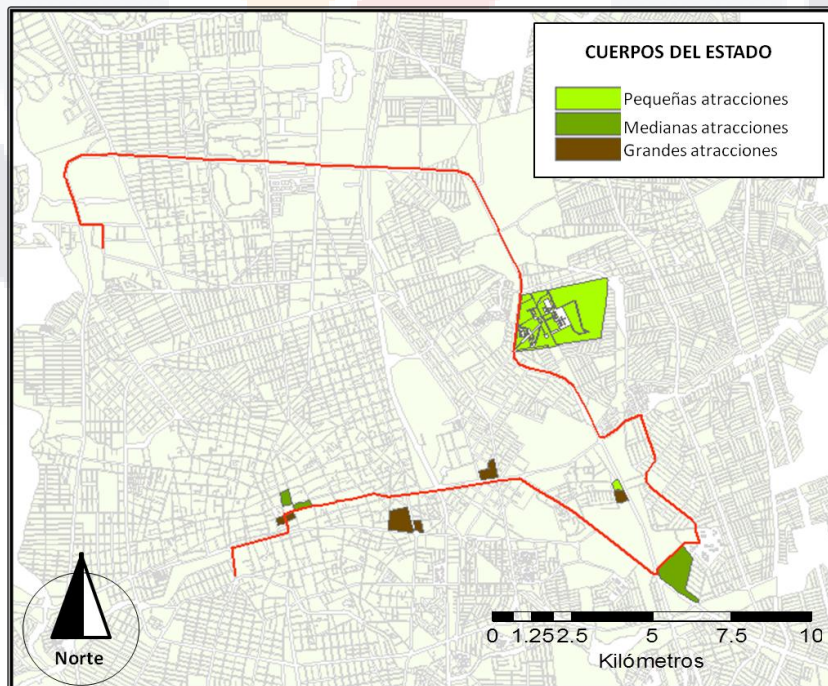
Mapa 11. Ubicación del equipamiento cívico en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia

- Equipamiento comercial



Mapa 12. Ubicación del equipamiento comercial en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia

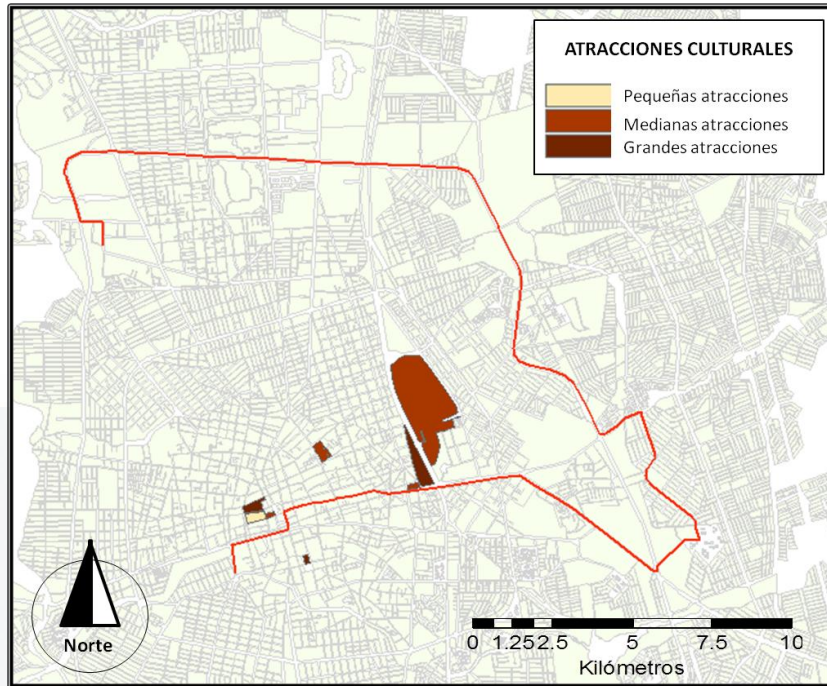
- Cuerpos del estado



Mapa 13. Ubicación de los cuerpos del Estado en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia

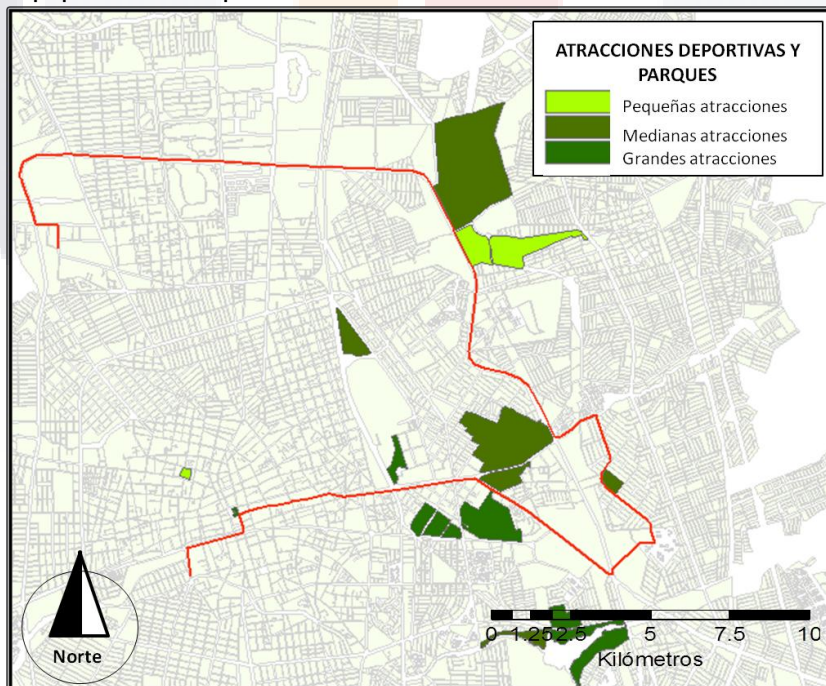


- Equipamiento cultural



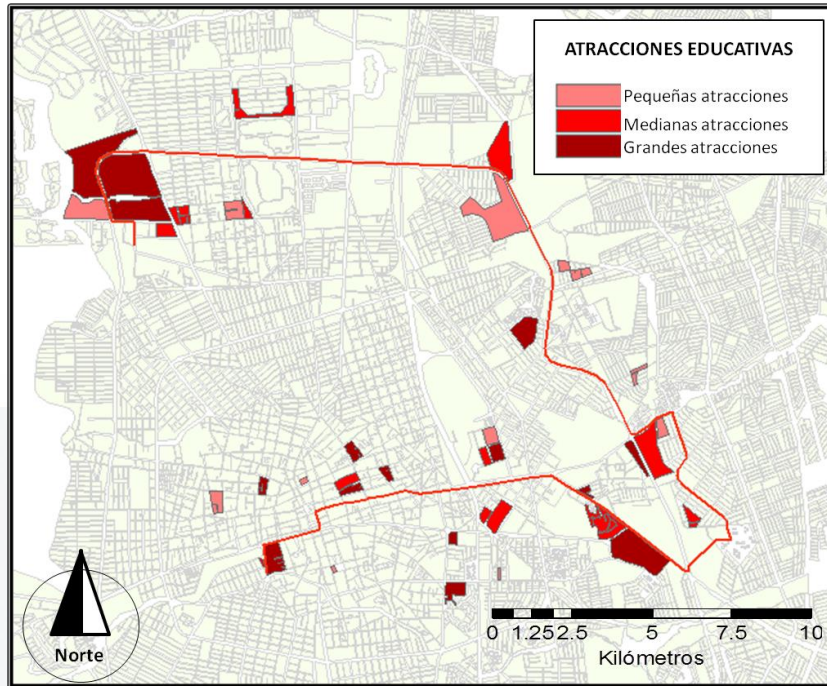
Mapa 14. Ubicación del equipamiento cultural en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia

- Equipamiento deportivo



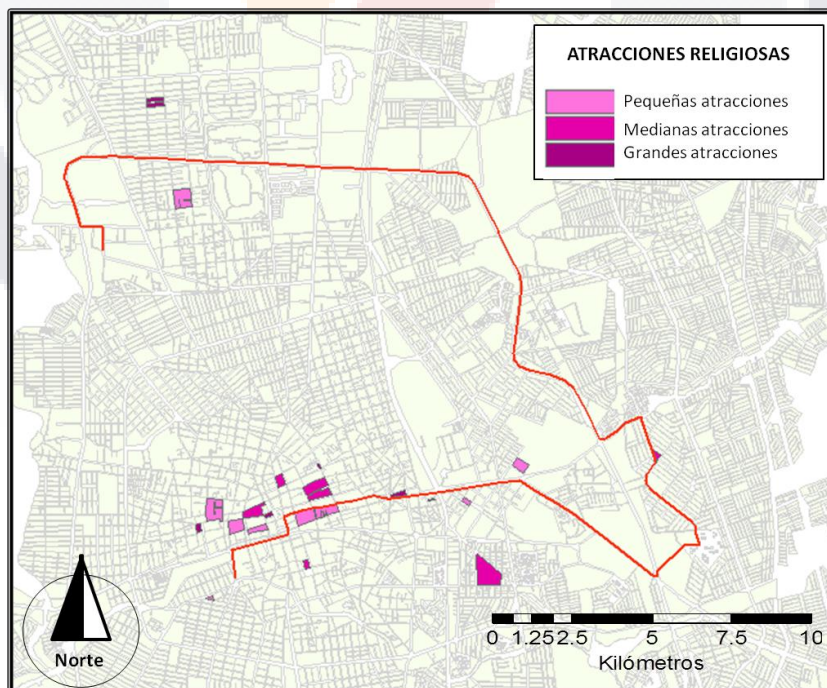
Mapa 15. Ubicación del equipamiento deportivo en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia

- Equipamiento educativo



Mapa 16. Ubicación del equipamiento educativo en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia

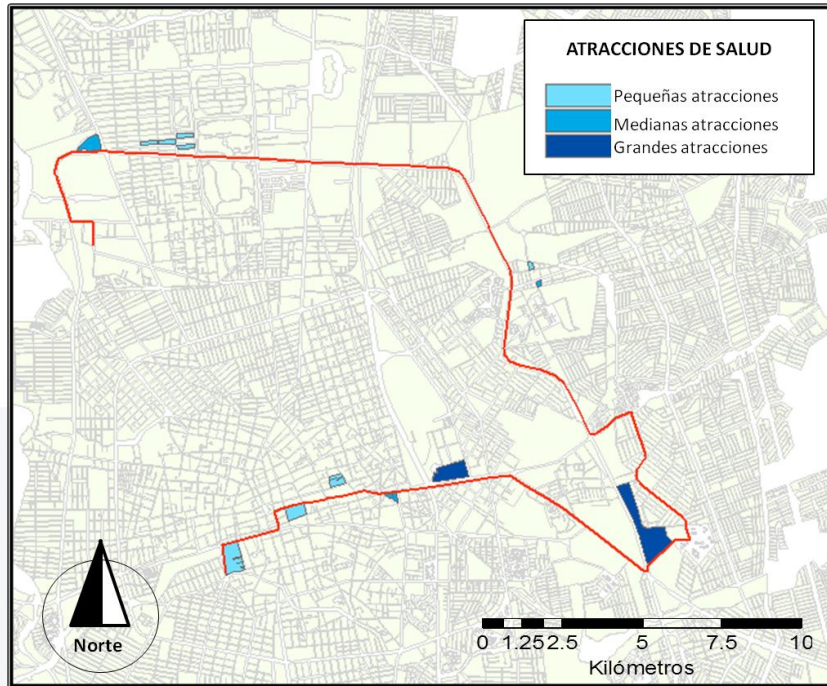
- Equipamiento religioso



Mapa 17. Ubicación del equipamiento religioso en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia

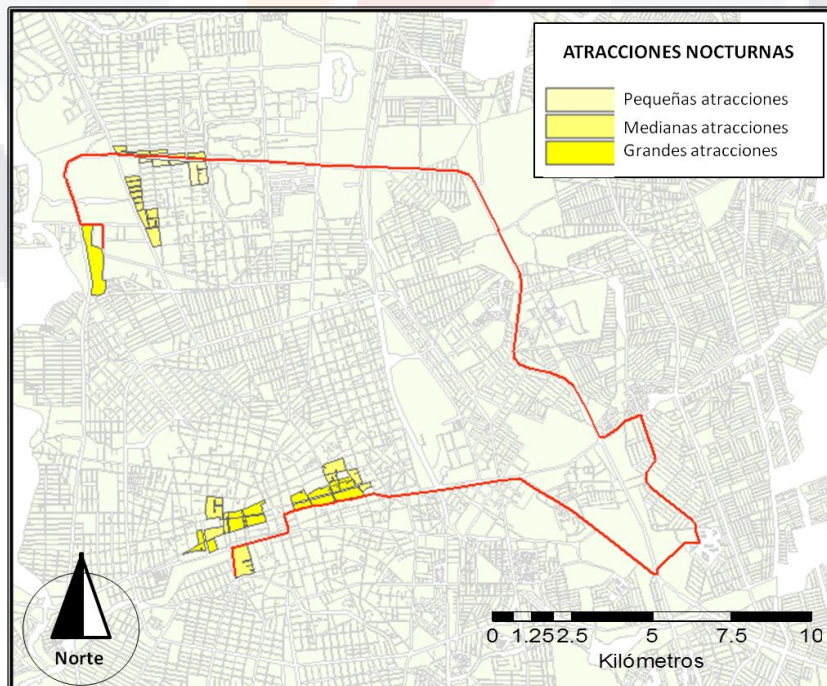


- Equipamiento de salud



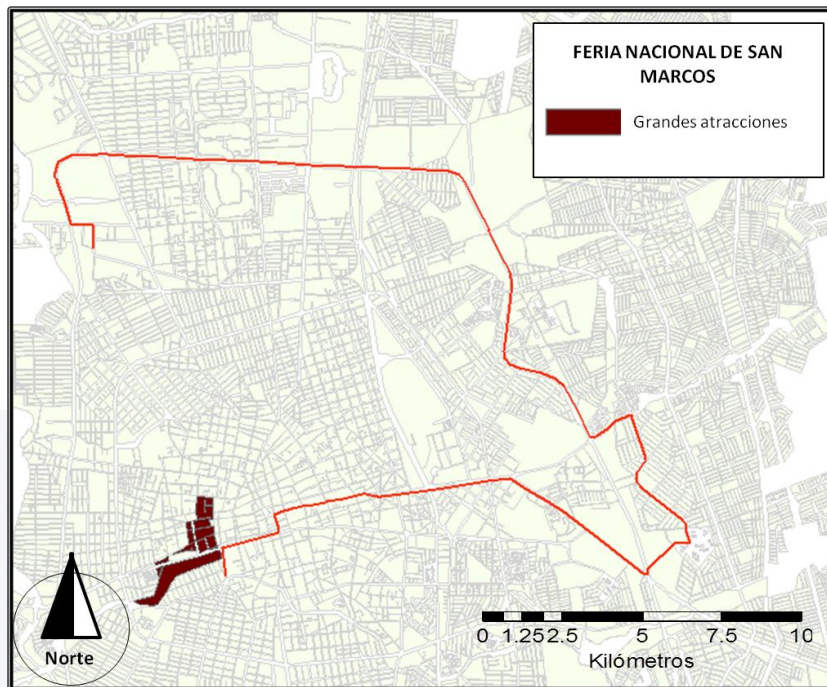
Mapa 18. Ubicación del equipamiento de salud en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia

- Equipamiento de ocio nocturno



Mapa 19. Ubicación de los centros nocturnos en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia

- Feria Nacional de San Marcos

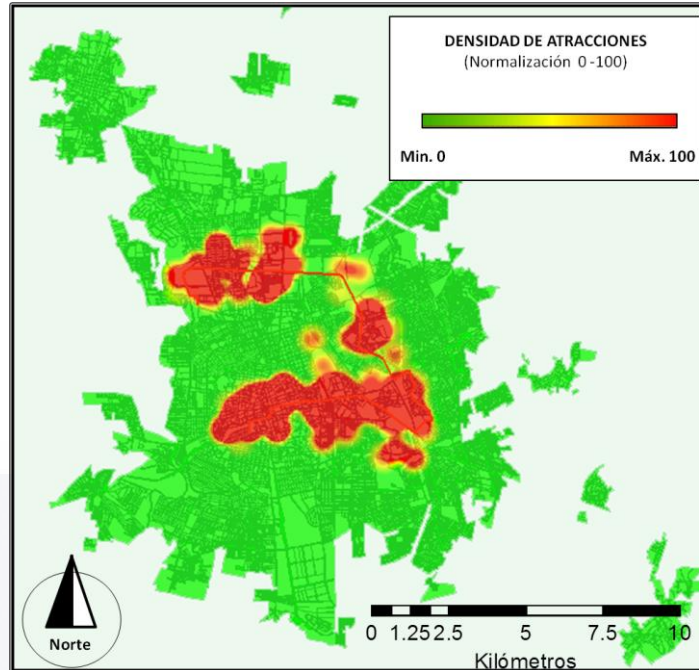


Mapa 20. Ubicación de las instalaciones de la Feria Nacional de San Marcos, elaboración propia

Una vez teniendo las capas con la ubicación de las atracciones y categorizadas según su nivel de interés, se crearon 10 capas Ráster de densidad kernel que corresponden a cada una de las capas de equipamientos.

Para simplificar el manejo de la información, con el uso de la calculadora Ráster se creó una sola capa en donde se asignó un porcentaje igual a cada una de las capas de equipamientos (10%), el resultado es una sola capa de densidad de las atracciones de los equipamientos en la zona de influencia de la línea uno de tranvía.





Mapa 21. Densidad de kernel para el equipamiento (atracciones en la zona de influencia de la línea de tranvía, elaboración propia)

Análisis Ráster para la determinación de la factibilidad de la implementación de la línea de tranvía en Aguascalientes

Con el paso anterior tenemos el conjunto de factores que se tendrán en cuenta para determinar la factibilidad social de la implementación de una línea de tranvía. Para ello se acude al análisis Ráster, para ello se requiere convertir las tres capas obtenidas a un formato vectorial, un formato Ráster que proporcione una superficie continua de densidad. Además para suavizar la densidad se ha recurrido a la aplicación de un filtro *kernel* con radio de 520 metros y un tamaño de celda de 20.

Para la superposición de las capas ha sido necesario normalizar los valores de las tres capas ya que tanto la capa de población como la de empleo tienen valores reales del censo del 2010, mientras la capa de equipamiento tiene valores de 1 a 3 asignados para su categorización, los nuevos valores asignados con la normalización varían entre 1 y 100, para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$f_1 = \left( \frac{v_1 - v_{min}}{v_{max} - v_{min}} \right) * C$$

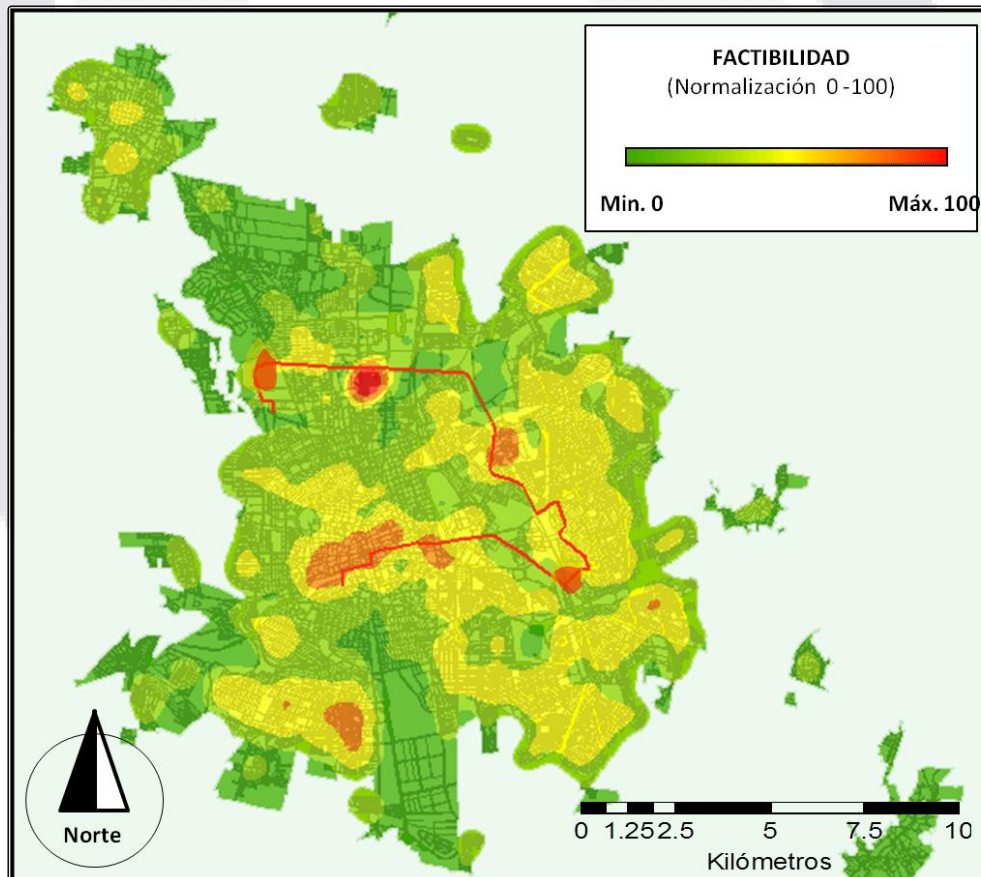
Dónde:  $f_1$ = valor del factor normalizado.  $v_1$ = valor de origen del factor.  $v_{min}$ = valor mínimo.  $v_{max}$ = valor máximo.  $C$ = rango de estandarización

Una vez normalizados los factores fue posible la superposición, para ello se utilizó la calculadora Ráster, donde se suman las tres capas, pero además se asignaron pesos diferentes a cada una de las capas, que multiplicados por su peso, ponderan la importancia de las mismas, los pesos son los siguientes:

- Población: 40%
- Empleo: 30%
- Equipamiento: 30%

Así, el mapa de factibilidad social muestra la demanda potencial del tranvía en Aguascalientes, obtenida gracias a la siguiente fórmula en la calculadora Ráster de ArcGis 10:

$$\text{Factibilidad} = (\text{Población} \times 0.4) + (\text{Empleo} \times 0.30) + (\text{Equipamiento} \times 0.3)$$



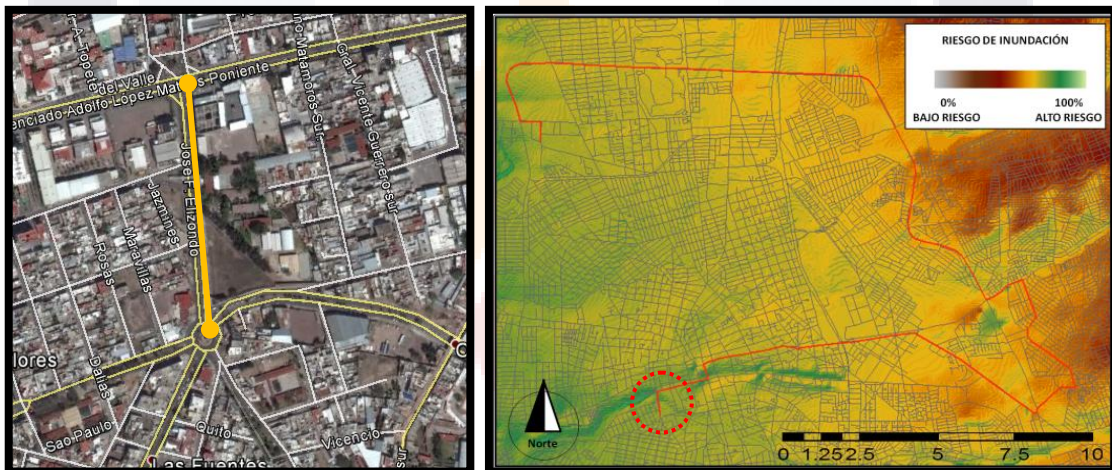
Mapa 22. Densidad kernel para la factibilidad social de la implementación de la línea de tranvía propuesta, elaboración propia

## 4.2 Determinación de la factibilidad urbana

Para determinar si la instalación de una línea de tranvía eléctrico en Aguascalientes es factible o no basados en las características urbanas de la ciudad, se realizó un análisis detallado de cada una de las vialidades por donde se propone el paso de este sistema de transporte, además se identificaron zonas inundables y se realizó con una sección longitudinal para observar posibles puntos de conflicto con la pendiente del terreno, los resultados se presentan a continuación.

### 4.2.1 Avenida José F. Elizondo

Este es el primer tramo de la línea propuesta, se desarrolla sobre una recta de 358 metros a lo largo de la Avenida José F. Elizondo, desde la glorieta a Benito Juárez hasta el cruce con la Avenida López Mateos.



Mapa 23. Ubicación del tramo 1

Mapa 24. Riesgo de inundación en el tramo 1

La pendiente máxima que puede superar el tranvía a su máxima carga es de 13%, en este tramo de la propuesta la pendiente es de 29% en los primeros 17 metros del trayecto y posteriormente se estabiliza en un 6% hasta llegar al cruce con López Mateos, en dirección sur a norte esto no representa ningún problema ya que la pendiente es negativa, sin embargo al regreso se deberían realizar cortes a la calle para reducir la pendiente y que el tranvía pueda circular a velocidad constante y de forma fluida.

De estos 358 metros de línea ninguno se encuentra en zona inundable, por lo que las precipitaciones pluviales no suponen ningún obstáculo para el correcto funcionamiento del tranvía en este tramo.

En este tramo el principal problema se presenta durante las tres semanas en que se desarrolla la Feria Nacional de san Marcos ya que existe un gran flujo peatonal y de vehículos en la zona lo que dificultaría el trayecto fluido del tranvía propuesto. Aunado a esto, sobre la acera de la circulación norte-sur se encuentra el paradero de taxis de la feria lo que genera congestionamientos viales.

Sobre la calle F Elizondo se ubica la secundaria técnica número 5 lo que provoca altos niveles de tráfico a las horas pico de entrada y salida de los alumnos.

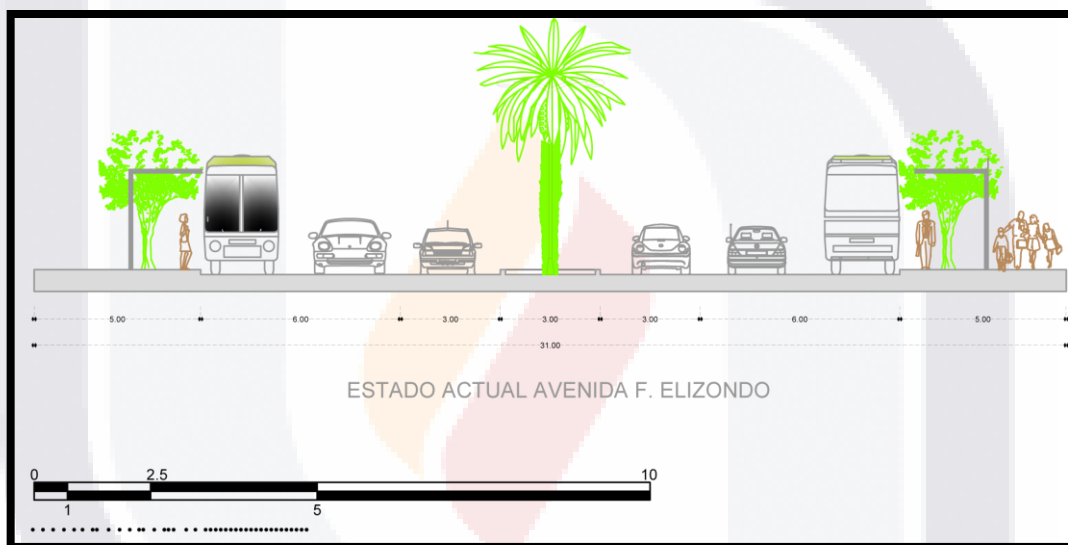


Figura 9. Sección transversal del estado actual de la Avenida José F. Elizondo

Se propone destinar para la línea de tranvía los dos carriles centrales de la avenida, dejando libres para la circulación vehicular dos carriles por sentido y ningún carril para estacionamiento, las secciones de las guarniciones y camellón se mantendrían de las mismas dimensiones que actualmente sin embargo en el camellón se ubicarían los paraderos del tranvía.



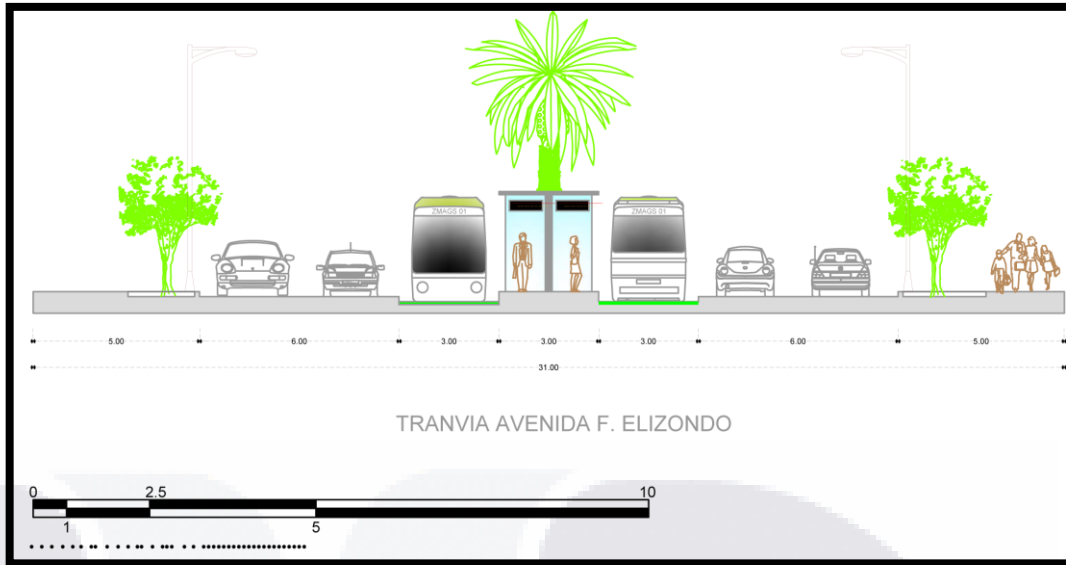


Figura 10. Sección transversal de la propuesta de adecuación para la Avenida José F. Elizondo

#### 4.2.2 Avenida Licenciado Adolfo López Mateos

El segundo tramo de la línea se propone a lo largo de 662 metros sobre la avenida López Mateos del centro de la capital, el radio de giro disponible en la intersección con la avenida José F. Elizondo es de 17.80m, suficiente comparado con el radio de giro necesario para el tranvía, 10.50 metros al riel sin importar la cantidad de vehículos que conforman el tren, esto permite la reducción de la superficie de suelo necesaria para la implementación del sistema de transporte dejando disponible área para la circulación de otros medios de transporte y la nula expropiación de predios.

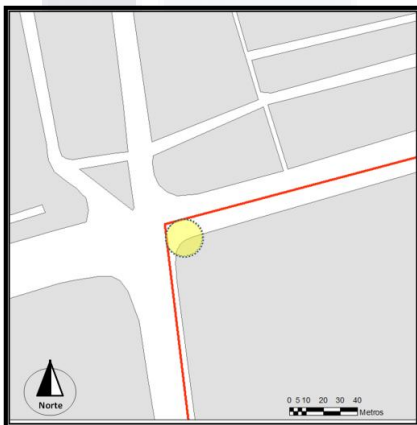


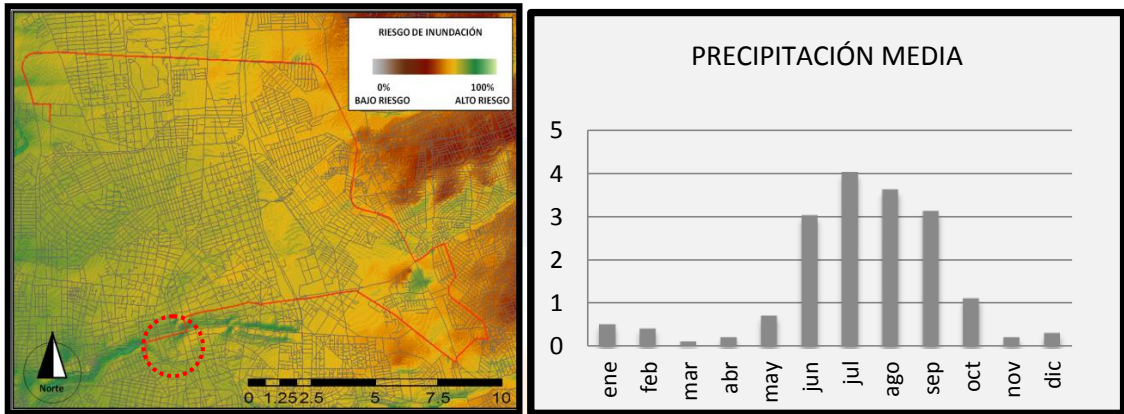
Figura 11. Radio de giro entre tramo 1 y 2



Figura 12. Ubicación del tramo 2

Esta vialidad fue trazada sobre el antiguo arroyo de los adoberos en el año de 1958, por esta razón 87 metros de este tramo se encuentran a 1865 metros sobre el nivel del

mar, el resto se encuentra a 1870 metros de altitud, sin embargo respecto al resto de la ciudad todo el tramo se encuentra en una zona baja por lo que cuando se presentan precipitaciones fuertes las inundaciones en la zona son inevitables, durante el periodo comprendido entre los meses de junio a septiembre se presentan las precipitaciones más fuertes del año, con valores medios de 3 a 4 mm mensuales, sin embargo los valores máximos han llegado a alcanzar hasta 115 mm el 14 de septiembre del 2009.



GRAFICA 6. Precipitación media en Aguascalientes

Mapa 25. Riesgo de inundación en el tramo 2

Actualmente la avenida López Mateos se conforma por tres carriles de circulación vehicular en cada sentido y ninguno de estacionamiento, se divide en dos por un camellón central y cuenta con una acera de circulación peatonal con jardineras en cada extremo.

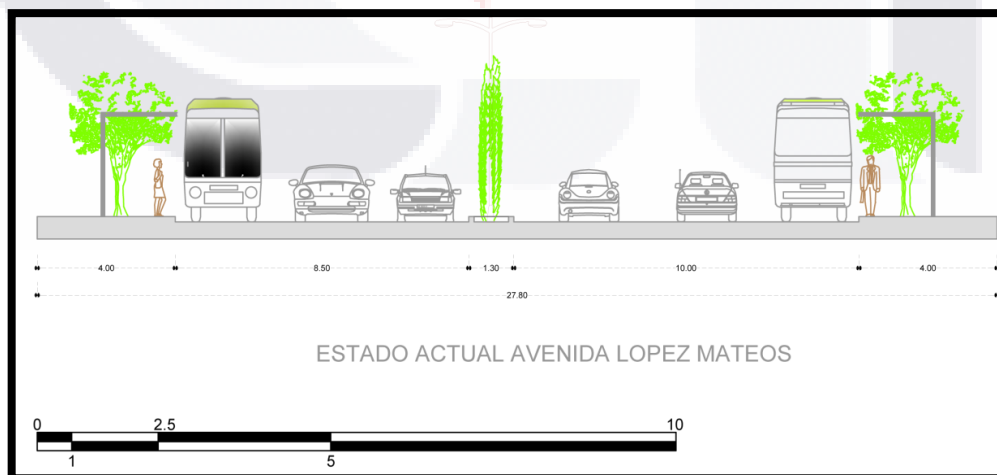


Figura 13. Sección transversal del estado actual de la avenida López Mateos



Con el área disponible en esta arteria, se propone destinar uno de los sentidos para la línea de tranvía, mantener las aceras peatonales con sus jardineras y el camellón que divide los binarios de la circulación vehicular a la que se le destinarán cuatro carriles, dos por sentido sin división física entre ellos. Es necesaria la construcción de plataformas en las paradas del tranvía para lograr fácil acceso a todos los sectores de la población manteniendo al mismo nivel la plataforma y el piso del tranvía.

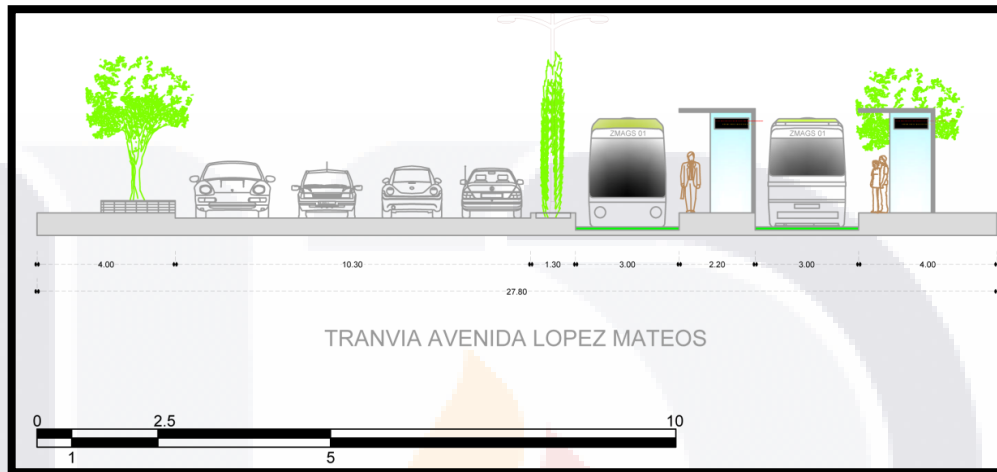
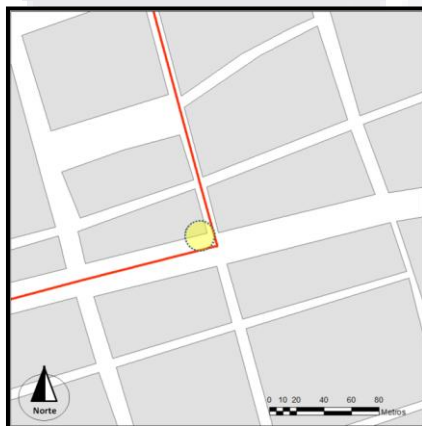


Figura 14. Sección transversal de la propuesta de adecuación para la avenida López Mateos

### 4.2.3 Calle Cristóbal Colón

Después del trayecto por la avenida López Mateos se propone que la línea ingrese al centro histórico debido a la alta demanda de usuarios en la zona, el radio de giro en el cruce de estas dos calles es de 12.80 metros, sobrado 2.30 metros respecto al radio mínimo de giro del tranvía. El trayecto del tramo tres sobre esta calle es de 189 metros sobre una línea recta hasta la plaza de armas donde se propone una parada.



Mapa 26. Ubicación del tramo 3

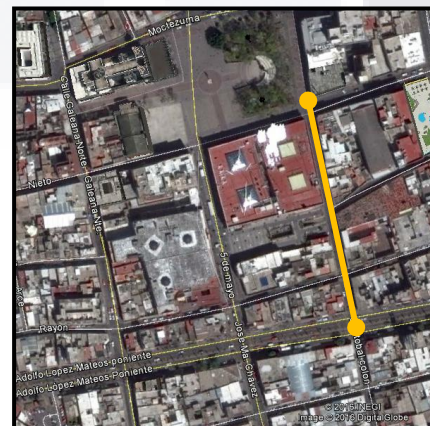


Figura 15. Radio de giro entre el tramo 2 y 3

Al ser una calle del casco histórico de la ciudad, el cuidado de la imagen urbana toma especial importancia comparado con el resto de los tramos, la instalación del tranvía en esta área deberá estar libre de cualquier catenaria, utilizando en su lugar baterías de tracción embarcadas, logrando una autonomía de hasta 500 metros antes de una estación de recarga o la reanudación de la instalación de catenarias.



Figura 16. Tranvía libre de catenarias en Burdeos, Francia

Actualmente la sección de la calle está dividida por dos carriles en un solo sentido, sobre la acera izquierda se ubica el acceso al estacionamiento del palacio municipal y sobre la acera izquierda se encuentra el acceso al estacionamiento de la Secretaria de Gestión Urbanística y Ordenamiento territorial. Existe una acera en cada extremo al mismo nivel del arroyo vehicular pero su sección es muy reducida.

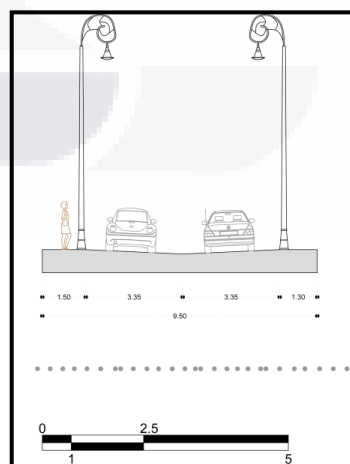


Figura 17. Sección transversal del estado actual de la calle Colón

Se propone cerrar la calle a la circulación vehicular permitiendo únicamente el tránsito local para lograr la fluidez necesaria de la línea, debe existir especial cuidado en los cruces peatonales ya que sobre esta calle se encuentra la plaza principal del centro de la ciudad lo que provoca una gran atracción de transeúntes.

La sección de la calle es de 9.50 metros y el sistema de tranvía puede implementarse utilizando hasta 5.18 metros por lo que respetando la sección de las aceras actuales podría dejarse incluso superficie suficiente para un carril de circulación vehicular o ciclovías.

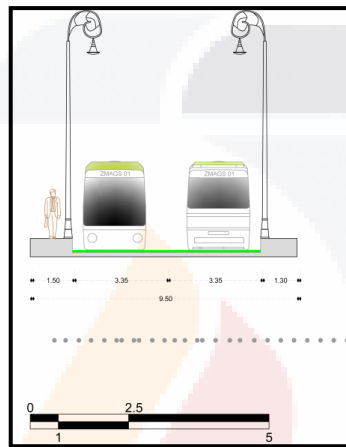


Figura 18. Sección transversal de la propuesta de adecuación en la calle Colón

#### 4.2.4 Calle Juan de Montoro

La propuesta para el tramo cuatro de la línea se desarrolla sobre la calle Juan de Montoro desde su inicio en la intersección con la calle Cristóbal Colón y hasta el cruce con la calle Cosío Sur, para incorporarse a esta calle el radio de giro disponible es de 10.77 metros, lo necesario para el correcto giro del tranvía.

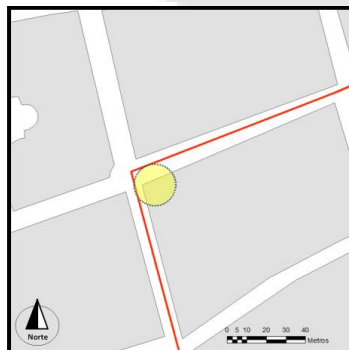


Figura 19. Radio de giro entre el tramo 3 y 4



Mapa 27. Ubicación del tramo 4



La longitud total de este segmento de la línea de tranvía propuesta es de 854 metros sobre un área de transición comercio, equipamiento, servicios y vivienda, es importante mencionar esto ya que sobre esta calle se combinan las edificaciones de uso habitacional y comercial lo que representa un alto nivel de atracciones y generaciones provocando un alto nivel de circulación vial en la vialidad.



Figura 20. Uso de suelo (IMPLAN, 2010)

### Simbología

USO HABITACIONAL			
HABITACIONAL POPULAR	EQUIPAMIENTO/COMERCIO/SERVICIOS	REHABILITACION POR EROSION	PRIMARIAS ACTUALES
HABITACIONAL MEDIO	CONSOLIDACION URBANA	REGULACION-HABITACIONAL	PRIMARIAS PROPUESTAS
HABITACIONAL RESIDENCIAL	PROYECTO RIO SAN PEDRO	PRESERVACION ECOLOGICA	REGIONALES
HABITACIONAL MIXTO	PROYECTO ESPECIAL CERRO DE LA GRASA	ZONA CONURBADA	RÍOS Y ARROYOS
ASENTAMIENTOS IRREGULARES	AREA DE TRANSICION (COMERCIO, EQUIPAMIENTO, SERVICIOS Y VIVIENDA)	CENTRO VECINAL	LÍMITE DE FRACCIONAMIENTOS
ASENTAMIENTOS CON DESARROLLO CONTROLADO	CONSERVACION	CENTRO DE BARRIO	LÍMITE EJIDAL
PARCELA ESCOLAR	RESTAURACION	SUBCENTRO URBANO	DESARROLLO ESPECIAL RIO SAN PEDRO
EQUIPAMIENTO / DONACION	PRODUCCION-CONSERVACION	LÍMITE DEL CENTRO HISTORICO	LÍMITE MUNICIPAL
ZONA INDUSTRIAL	REHABILITACION-APROVECHAMIENTO	EQUIPAMIENTO/COMERCIO/SERVICIO/INDUSTRIA	LÍMITE DE DELEGACION
			MANTENIMIENTO

Por la gran cantidad de casas habitación provoca una mayor demanda de servicios, se puede observar un desorden visual del. Además, según el Instituto Municipal de Planeación de Aguascalientes (IMPLAN) en su Plataforma de Información Municipal (PIMAGS) en el año 2010 había registrados 2235 vehículos en los fraccionamientos que tienen salida a esta calle, esto representa un problema ya que el número de cocheras sobre la vialidad es considerable por lo que la circulación vehicular no puede ser suprimida totalmente.

La calle tiene una sección media de 11.60 metros divididos en dos aceras y dos carriles en dirección a un solo sentido, uno de circulación vehicular y otro de estacionamiento.

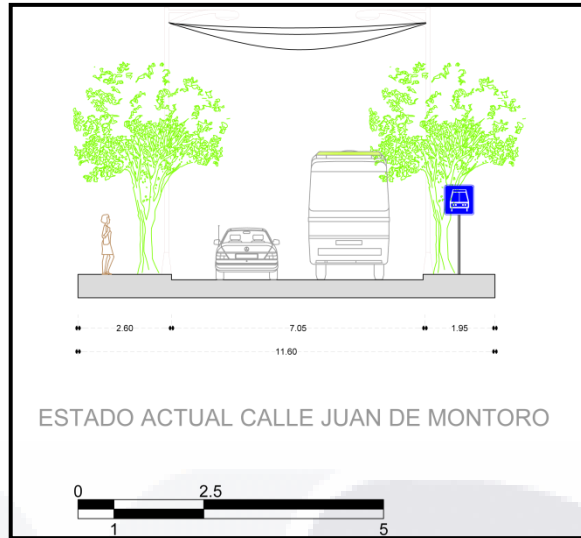


Figura 21. Sección transversal del estado actual de la calle Juan de Montoro

Se propone la eliminación de la circulación vial, permitiendo solo la circulación local de acceso a las cocheras particulares y estacionamientos, el carril de estacionamiento debe ser suprimido para permitir así el regreso del tranvía. Además sería necesario un proyecto de cableado subterráneo para liberar así el espacio para la instalación necesaria para el correcto funcionamiento del tranvía. La vegetación existente en la calle se mantendría para lograr así una imagen urbana agradable visualmente.

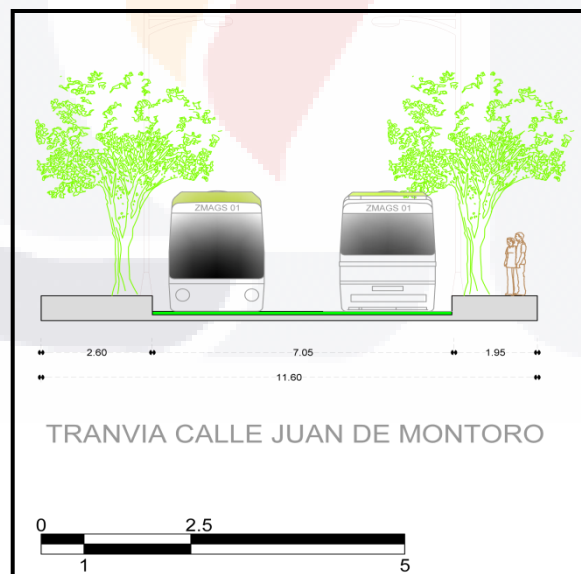


Figura 22. Sección transversal del estado actual de la calle Juan de Montoro

El tramo número cinco de la línea propuesta se proyecta sobre la misma calle Juan de Montoro pero en el segmento comprendido entre Cosío sur y la glorieta de la Purísima, las condiciones de a lo largo de estos 338 metros son diferentes respecto al tramo

anterior, en este segmento la sección de la calle se amplía a dos carriles por sentido, sin embargo, un carril por sentido está destinado a estacionamiento de vehículos particulares, la calle cuenta con dos aceras laterales y un camellón ajardinado con vegetación abundante, esto representa un problema para la implementación del sistema de tranvía ya que las copas de los árboles son muy bajas por lo que la instalación eléctrica de suministro es casi imposible de colocar, se tendría que recurrir al uso de las baterías de tracción embarcadas, con una estacione de recarga al inicio de este tramo.

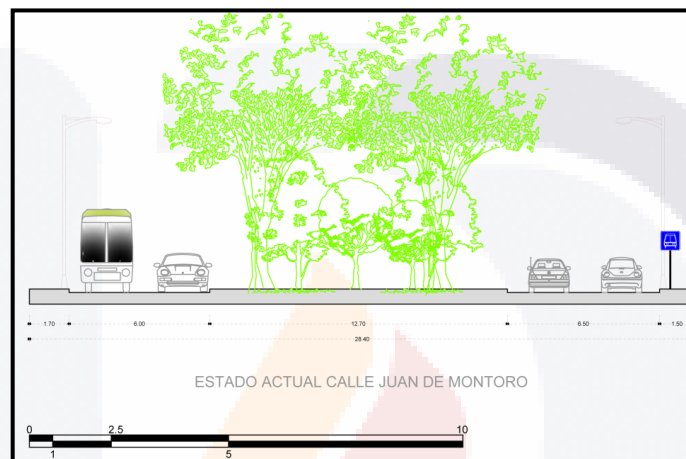


Figura 23. Corte transversal del estado actual de la calle Juan de Montoro (2)

Se propone mantener las aceras laterales, así como el camellón ajardinado central, instalando en él las paradas de pasajeros, será necesario suprimir el carril de estacionamiento permitiendo así la circulación del tranvía y de vehículos en cada sentido de la calle.

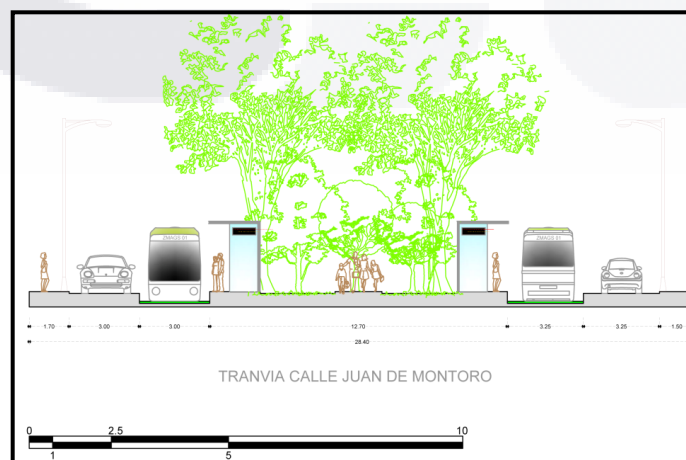


Figura 24. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la calle Juan de Montoro (2)



Al finalizar este tramo y antes de incorporarse al siguiente es necesario atravesar la Glorieta de la Purísima, esto representa un punto de conflicto en la línea, debido al mercado ambulante ubicado sobre las calles Ezequiel A. Chávez y Poder Legislativo los días martes, domingos y toda la temporada navideña, se genera una gran concentración de personas y vehículos, lo que dificultaría la fluidez necesaria del tranvía que garantice la eficiencia en el servicio, sin embargo es un punto de atracción que justifica el paso de la línea por esta zona.

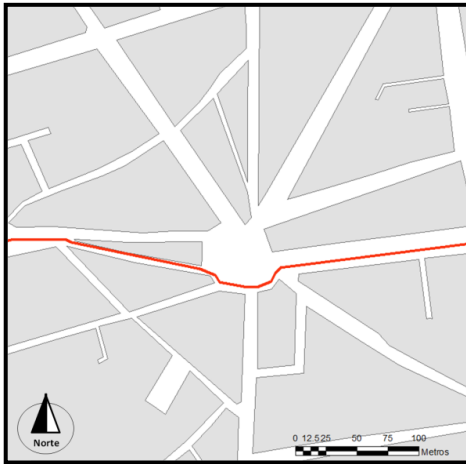


Figura 25. Radio de giro entre los tramos 5 y 6



Mapa 28. Glorieta de la Purísima

Sobre la glorieta se ubica el templo de la Purísima por lo que como se ha mencionado anteriormente es importante el cuidado visual de la imagen urbana, sería necesario en este tramo implementar también las baterías de tracción embarcadas, dando continuidad al tramo anterior hasta llegar al cruce con la Avenida Alameda.



Figura 26. Templo de la Purísima, Aguascalientes

#### 4.2.5 Avenida Alameda

A partir de este punto los tramos se vuelven más largos, esta avenida tiene una sección de 65 metros por lo que es altamente factible la implementación del sistema de tranvía, además en su zona de influencia existe una gran cantidad de equipamiento urbano, principalmente deportivo, educativo y del sector salud. Este tramo corre en línea recta a lo largo de 1416 metros, desde la glorieta de la Purísima hasta el cruce con la Avenida Tecnológico, al ser totalmente recto el trayecto no hay ningún tipo de problema con el radio de giro.



Figura 27. Ubicación del tramo 6

Un problema que se presenta al inicio de este tramo es el paso vehicular inferior en el cruce con las vías del ferrocarril, el tranvía debería pasar debajo para evitar el riesgo de colapso con el tren, sin embargo, este puente presenta constantes infiltraciones de agua, por la reducida altura del paso es imposible la instalación de catenarias por lo que se deben instalar baterías lo que representa un peligro debido al piso mojado.



Figura 28. Infiltraciones en el paso vehicular inferior en el cruce de Av. Alameda y las vías del ferrocarril

Otro factor que dificulta la implementación del tranvía en esta zona es la abundante vegetación del camellón y las aceras, el colocar baterías y estaciones de carga a cada 500 metros representa un costo mayor que si se recurriera al sistema de catenarias elevadas.

Actualmente la sección de la avenida se divide en 3 carriles por sentido con dos más para giro a la izquierda, ciclovías laterales, dos aceras ajardinadas y el corredor cultural Alameda al centro, las ciclovías en la posición en que están ubicadas representan un gran obstáculo para la fluidez de la circulación tanto del tranvía como de los demás medios de transporte.

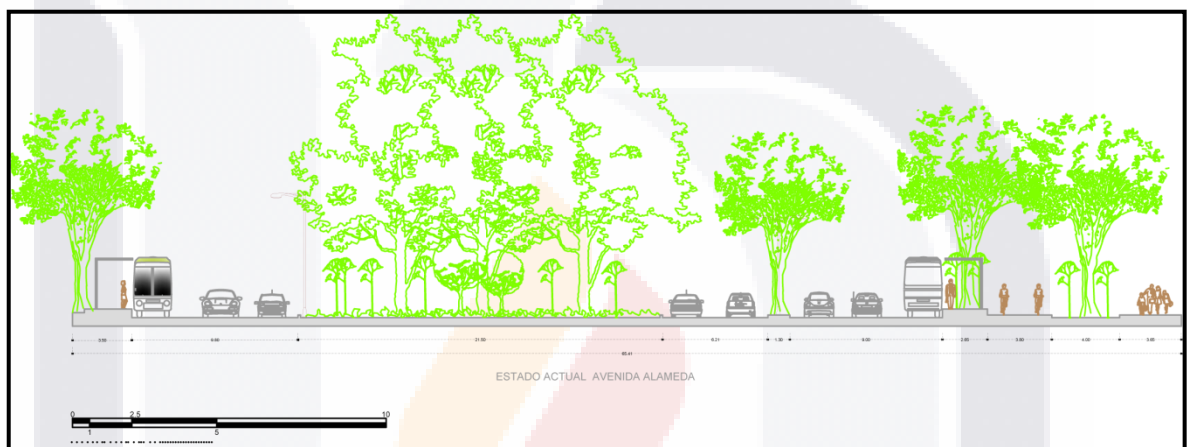


Figura 29. Sección transversal del estado actual de la Avenida Alameda

Se propone un sistema de baterías inferiores y estaciones de carga para cuidar la imagen urbana de esta avenida, es necesario además reubicar las ciclovías sobre los grandes jardines con sección de 12 metros ubicados en las aceras, para así liberar los carriles para la circulación vehicular sin afectar el tránsito debido a la implementación de la línea de tranvía propuesta.

Ambos binarios se ubicarían en los carriles centrales para dejar libre a la circulación vehicular tres carriles en dirección poniente-oriente y dos en dirección oriente poniente, como es actualmente.

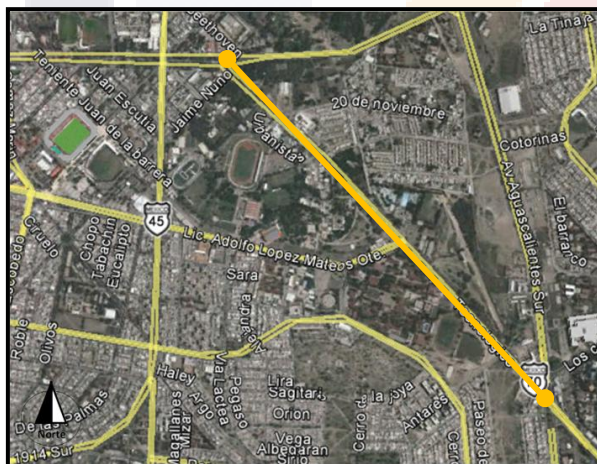




Figura 30. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la Avenida Alameda

#### 4.2.6 Avenida Tecnológico

El cruce de avenida Alameda a avenida Tecnológico tiene un ángulo suficiente para el radio de giro del tranvía, el tramo número siete cubre el área de la Universidad la Concordia, el Instituto tecnológico de Aguascalientes y la Plaza espacio, corre por la Avenida tecnológico en línea recta a lo largo de 1829 metros hasta el cruce con Avenida Aguascalientes Oriente.



Mapa 29. Ubicación del tramo 7

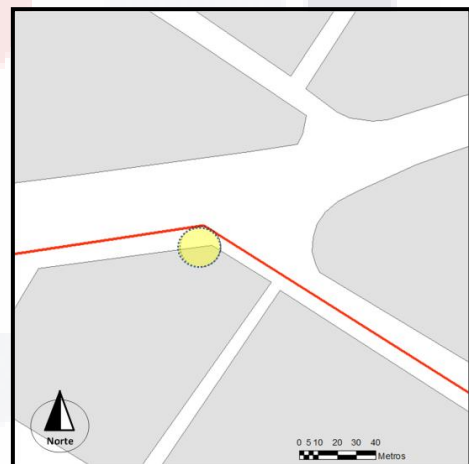


Figura 31. Radio de giro entre tramos 6 y 7

Al inicio del tramo existe un problema que puede dificultar la operación del tranvía, una discontinuidad geológica oriente que provoca un cambio de nivel y que ocasionaría daños al binario por lo que el mantenimiento de en este punto sería más constante que en el resto de la línea.

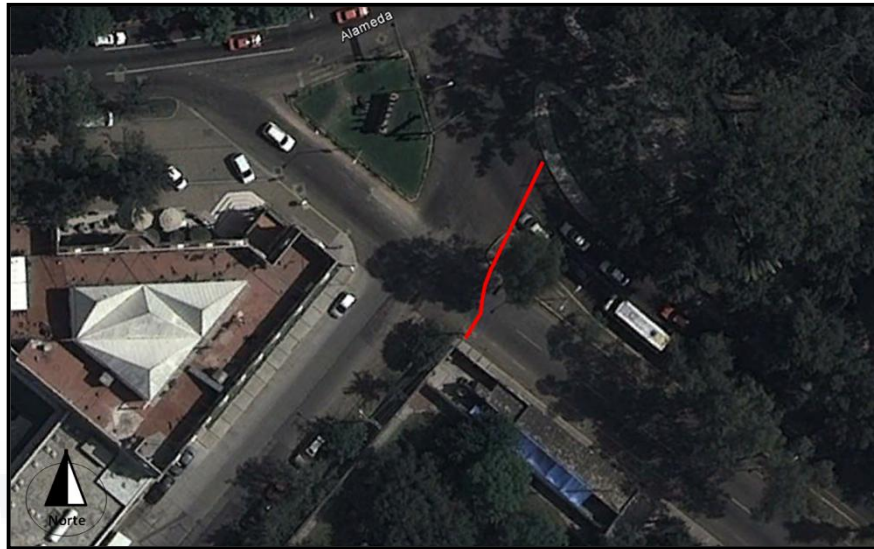


Figura 32. Falla geológica sobre Avenida Tecnológico

Después de este punto conflictivo las condiciones de la vialidad denotan una alta factibilidad de implementación del tranvía, las atracciones educativas y comerciales son muy altas, además la sección de la calle es de 37 metros con dos carriles de circulación vehicular y uno de estacionamiento por sentido divididos por un amplio camellón de seis metros promedio y a los extremos aceras ajardinadas.

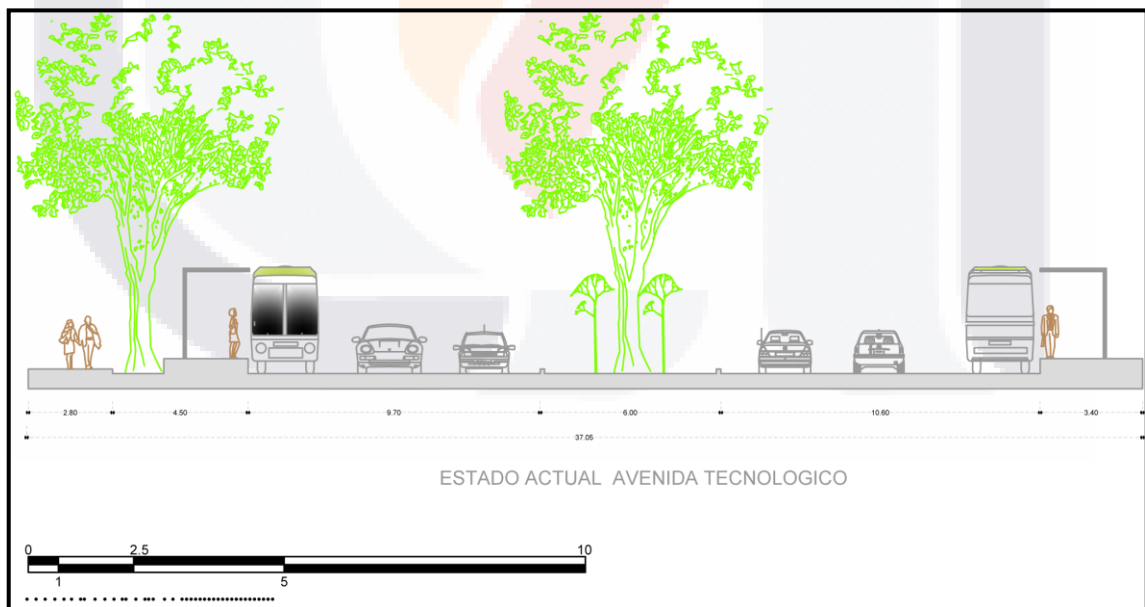


Figura 33. Sección transversal del estado actual de la Avenida Tecnológico

Se propone utilizar los carriles centrales para la implementación del tranvía, las plataformas de parada estarían ubicadas en el camellón y los cuatro carriles restantes

serían destinados a la circulación vehicular, eliminando los carriles de estacionamiento.

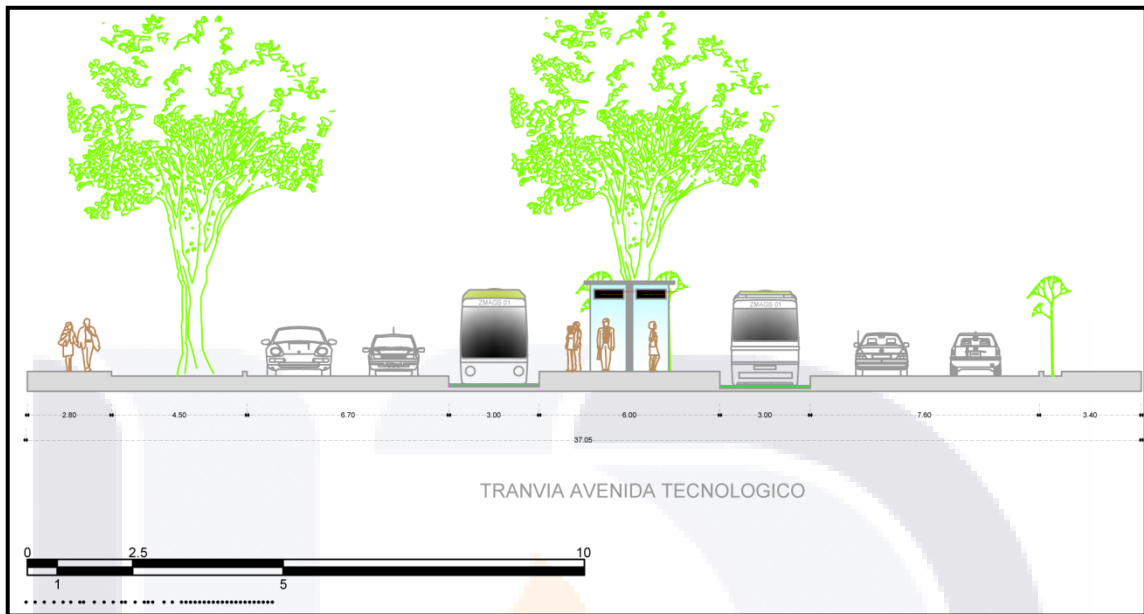


Figura 34. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la Avenida Tecnológico

#### 4.2.7 Calle los conos

Para incorporarse a esta calle se debe cruzar por avenida Aguascalientes, justo en ese punto existe un paso vehicular inferior y superior que reduce la circulación vehicular en nivel de piso a dos carriles por sentido, además el ángulo de giro es muy reducido y resulta imposible que el tranvía logre la vuelta, esto se soluciona demoliendo la guarnición para ampliar la superficie disponible para el giro.

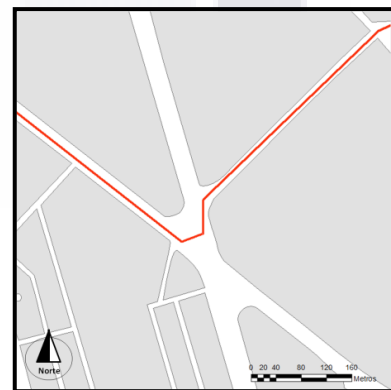
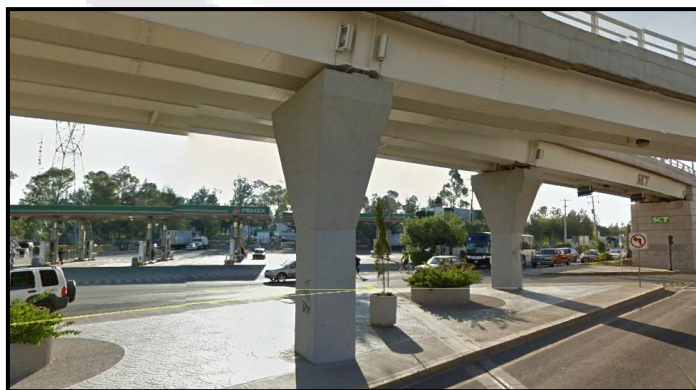


Figura 35. Paso vehicular superior en Avenida Aguascalientes y Avenida tecnológico

Figura 36. Radio de giro entre los tramos 7 y 8



En este mismo punto, la vuelta izquierda está prohibida, esto tendría que modificarse exclusivamente para el paso del tranvía.

El tramo número ocho corre en una línea quebrada a lo largo de 580 metros desde la Avenida Aguascalientes hasta la Avenida Ojocaliente, el ángulo del quiebre en la calle es reducido y fácilmente sorteable por el tranvía.

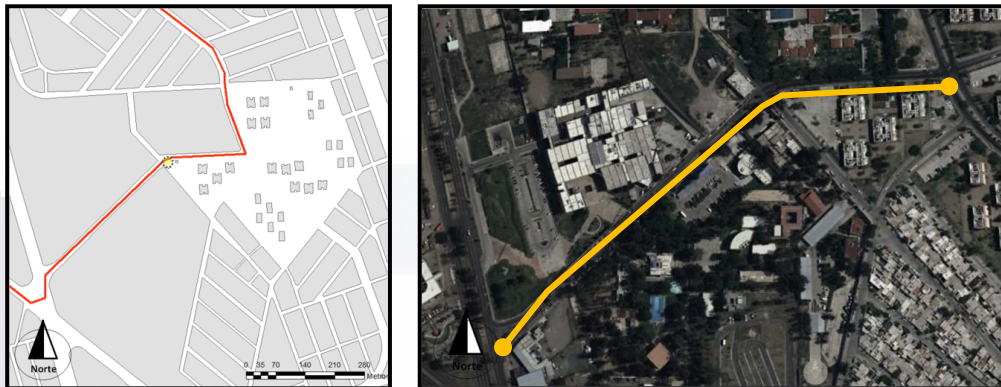
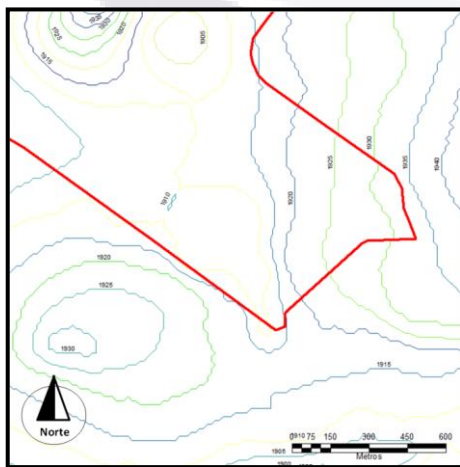


Figura 37. Radios de giro en el tramo 8

Mapa 30. Ubicación del tramo 8

En inicio del tramo se encuentra a una altitud de 1915 metros sobre el nivel del mar y el final a 1930, existe una diferencia de 15 metros, es decir, una pendiente de 3%, esto no representa ningún problema para la circulación del tranvía por esta calle ya que como se mencionó anteriormente, el tranvía es capaz de circular por calles con pendiente de hasta 13% a su máxima carga. En el mapa se puede observar la línea de tranvía a través de 4 curvas de nivel.



Mapa 31. Curvas de nivel en el tramo 8

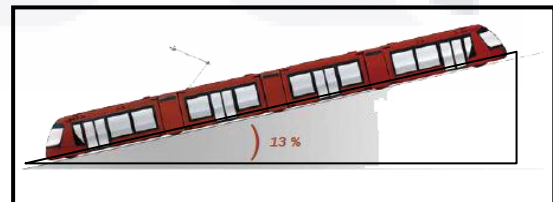


Figura 38. Posible pendiente que puede librar el tranvía

Incorporándose a la calle los conos se tienen dos carriles por sentido, sin embargo uno de ellos está destinado a estacionamiento, existe un camellón central y aceras laterales, en dirección oriente poniente, se ubica el pórtico de ambulancias de la clínica No. 2 del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), lo que representa un punto de alerta por la constante entrada y salida de ambulancias a gran velocidad.

Se propone destinar los dos carriles centrales para la circulación del tranvía en ambas direcciones y eliminar los carriles de estacionamiento para permitir la circulación de vehículos, las plataformas de parada estarían en el camellón central y las aceras permanecerían igual.

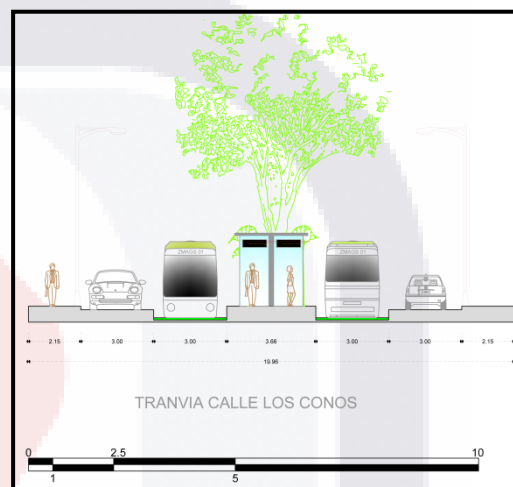
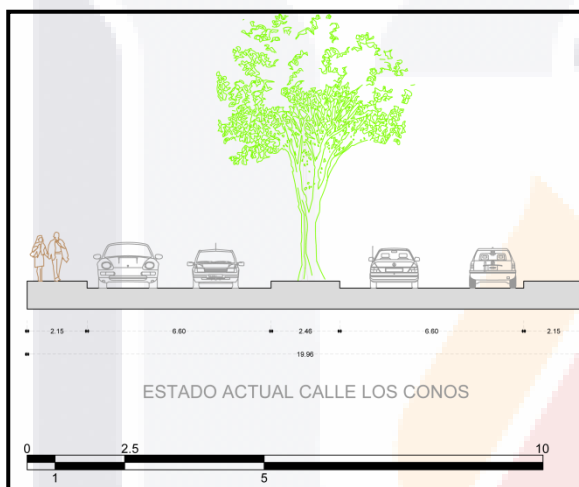


Figura 39. Sección transversal del estado actual de la calle los conos

Figura 40. Sección transversal de la propuesta de adecuación en la calle los conos

#### 4.2.8 Avenida Ojocaliente

Se propone que la línea de tranvía circule a través de la avenida Ojocaliente debido a la generación de usuarios que habitan en la zona de influencia de esta vialidad, el ángulo que forman esta avenida y la calle los conos es reducido pero es factible el giro del tranvía. La longitud total de este tramo es de 1725 metros, desde el cruce con la calle los conos hasta la avenida Alameda.

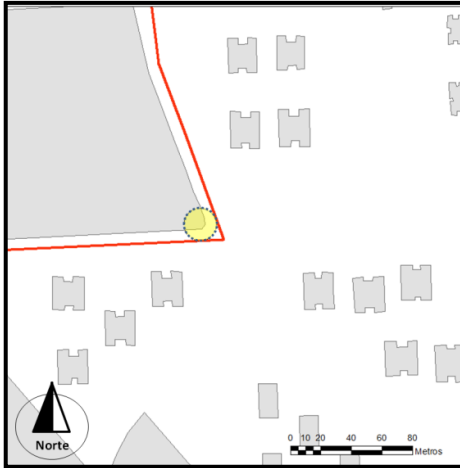


Figura 41. Radio de giro entre el tramo 8 y 9

Mapa 32. Ubicación del tramo 9

Un problema visible es el gran número de peatones que atraviesan la calle, esto ha provocado que se colocaran un gran número de topes en la Avenida Ojocaliente lo que dificultaría la fluidez del tranvía. Aunado a esto, a medio trayecto existe una curva de 243 metros y enseguida otra de 113 metros, el conductor tiene un ángulo de visibilidad horizontal de  $213^\circ$  y la visibilidad vertical puede alcanzar hasta 0.82 metros desde la superficie a un metro de distancia, sin embargo, el tranvía en este tramo debería bajar su velocidad para evitar accidentes con los peatones,

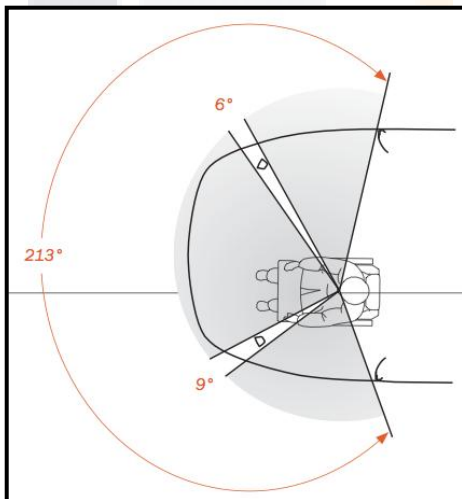


Figura 42. Angulo de visibilidad horizontal

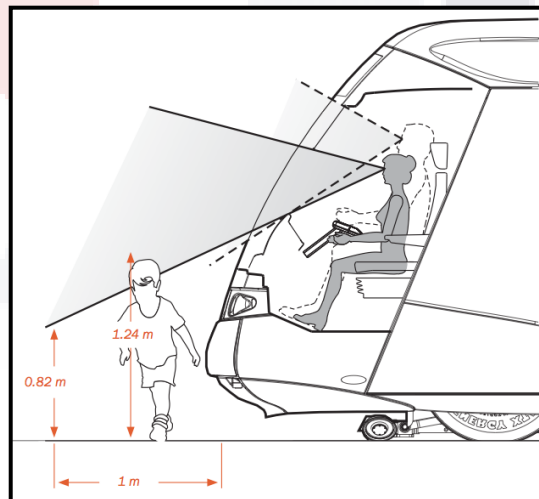


Figura 43. Angulo de visibilidad vertical

La sección de esta calle es de 25 metros, cuenta con 3 carriles por sentido divididos por un camellón ajardinado, dos de estos carriles son utilizados como

estacionamiento, en esta calle no es factible la eliminación de ellos debido a la alta atracción comercial de la zona.

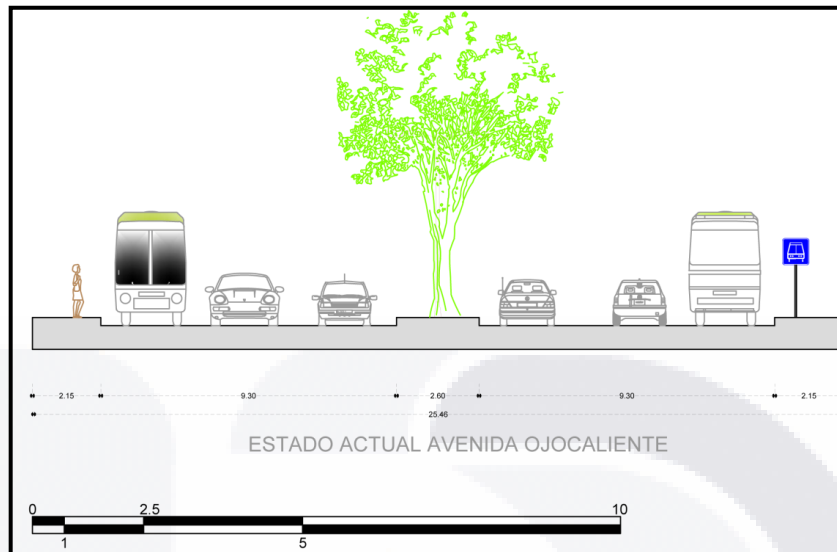


Figura 44. Sección transversal del estado actual de la avenida Ojocaliente

Debido a que no es posible eliminar los carriles de estacionamiento se propone implementar la línea de tranvía por los carriles centrales de la avenida, con las plataformas de parada en el camellón central, dejando así un carril por sentido para la circulación vehicular y otro para estacionamiento, todos los topes en el trayecto deberán ser eliminados para permitir que el trayecto del tranvía sea fluido

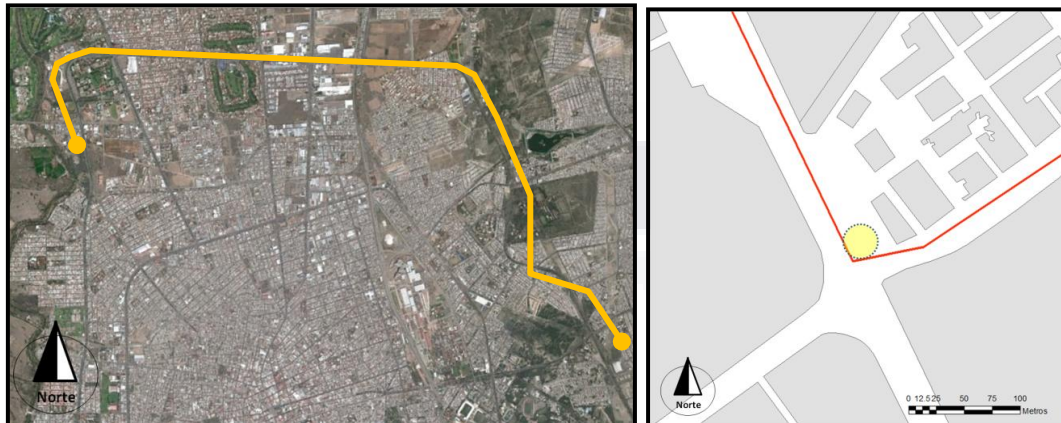


Figura 45. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la avenida Ojocaliente



#### 4.2.9 Avenida Aguascalientes

Este es el tramo más largo de la línea, corre desde la avenida Aguascalientes oriente en el fraccionamiento Ojocaliente hasta la avenida Aguascalientes poniente en el cruce con la avenida Guadalupe González con una longitud total de 8697 metros. Para incorporarse a este tramo el ángulo entre las dos calles es de  $48^\circ$  lo que no representa ningún impedimento para el correcto giro del tren.



Mapa 33. Ubicación del tramo 10

Figura 46. Radio de giro entre los tramos 9 y 10

Al inicio de este tramo existe un paso vehicular superior que reduce a un carril la circulación lateral en el sentido de sur a norte (1), esto representa un problema porque no puede ser de uso exclusivo del tranvía. Este mismo caso se repite en el cruce de Avenida Aguascalientes con Boulevard Guadalupano (2), son tramos de 12 y 18 metros respectivamente. En el cruce con las vías del tren, al norte de la ciudad se presenta una situación similar pero se empeora que en esta lateral se ubica el acceso de una plaza comercial y la rampa de bajada de un paso vehicular superior donde los vehículos se incorporan al boulevard a Zacatecas (3). En este mismo punto de la línea otro problema es la intersección con las vías del ferrocarril, el tranvía no puede ir por el paso vehicular y es una zona de alerta de colapso con el tren y además no se puede garantizar el tiempo de trayecto total debido a posibles retardos por detención a causa del paso del tren.



Mapa 34. Mapa de localización de los puntos conflictivos por pasos vehiculares

Figura 47. Lateral en avenida Aguascalientes norte y Boulevard a Zacatecas

Otro problema que se presenta a lo largo de este tramo son las laterales que su ubican en las siguientes secciones:

1. Desde el cruce con calle presidentes hasta el cruce con Paulino N. Martí.
2. De boulevard a Zacatecas a avenida independencia
3. De avenida independencia a prolongación Zaragoza.
4. Desde la calle Valle de Guadalupe hasta avenida Universidad.



Mapa 35. Localización de puntos conflictivos por laterales



Estos son puntos de alerta debido a la constante entrada y salida de vehículos que se incorporan a las avenidas desde las laterales y viceversa.

Otro problema que se presenta en el cruce con avenida Universidad es el congestionamiento vial que existe en horas pico de entrada y salida de estudiantes, esto podría provocar atascos y retrasos en el trayecto del tranvía en ambos sentidos.

La avenida Aguascalientes tiene una sección de 49 metros y presenta diferentes condiciones a lo largo del recorrido, en general cuenta con 3 carriles de circulación vehicular en cada sentido, sin carril de estacionamiento, en algunos tramos cuenta con una lateral con un carril de circulación vehicular y otro de estacionamiento, ambos sentidos están divididos con un camellón ajardinado al igual que las laterales, en cada extremo existe una acera con jardineras. En muchas de las intersecciones con otras vialidades primarias o secundarias existen pasos vehiculares superiores o inferiores que dificultarían el paso del tranvía.

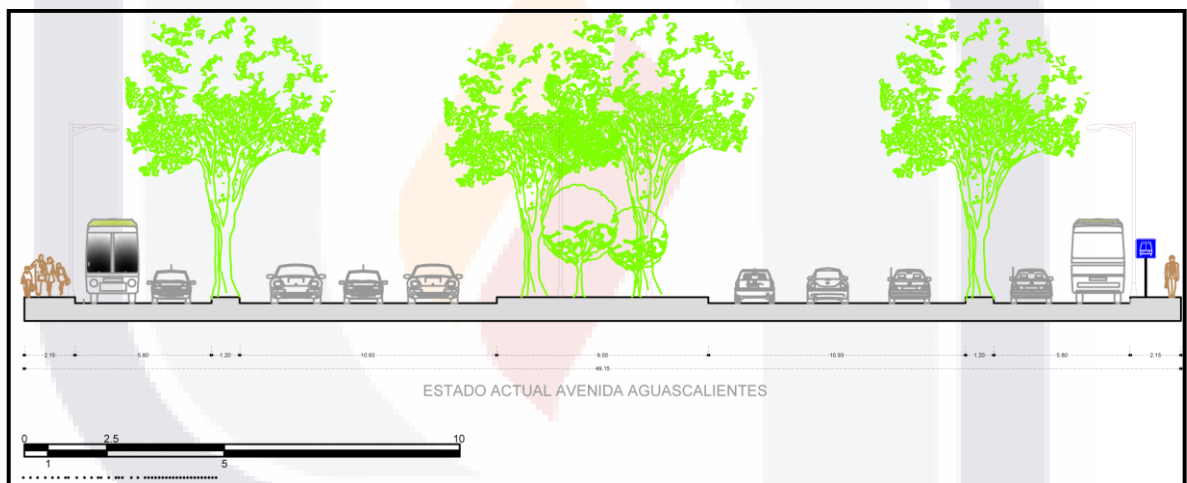


Figura 48. Sección transversal del estado actual de la Avenida Aguascalientes

Se propone mantener las condiciones de las laterales, instalando los binarios en los carriles centrales, las plataformas de paradas estarían ubicadas en el camellón y quedarían disponibles dos carriles por sentido para la circulación vehicular.



Figura 49. Sección transversal de la propuesta de adecuación de la Avenida Aguascalientes

#### 4.2.10 Avenida Guadalupe González y Avenida María del Carmen Martín del Campo

Estas dos avenidas tienen las mismas secciones y condiciones, los ángulos que forman entre ellas no representan dificultad para que el tranvía ejecute su giro, la longitud total de este tramo es de 518 metros en líneas rectas, en la calle María del Carmen Martín del Campo se propone la estación de fin de trayecto.



Mapa 36. Ubicación de los tramos 11 y 12

Figura 50. Radio de giro entre los tramos 11 y 12

Estas avenidas cuentan con tres carriles por sentido, uno de ellos es utilizado como estacionamiento, al centro existe un camellón ajardinado y en los extremos dos aceras.

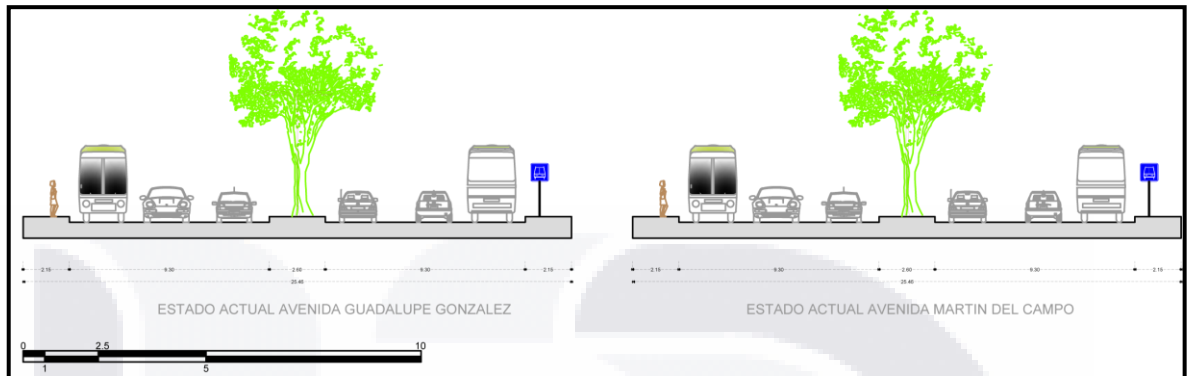


Figura 51. Sección transversal del estado actual de las avenidas Guadalupe González y María del Carmen Martín del Campo

Se propone eliminar los carriles de estacionamiento y ubicar la circulación del tranvía en los carriles centrales, dejando así, cuatro carriles de circulación vehicular.

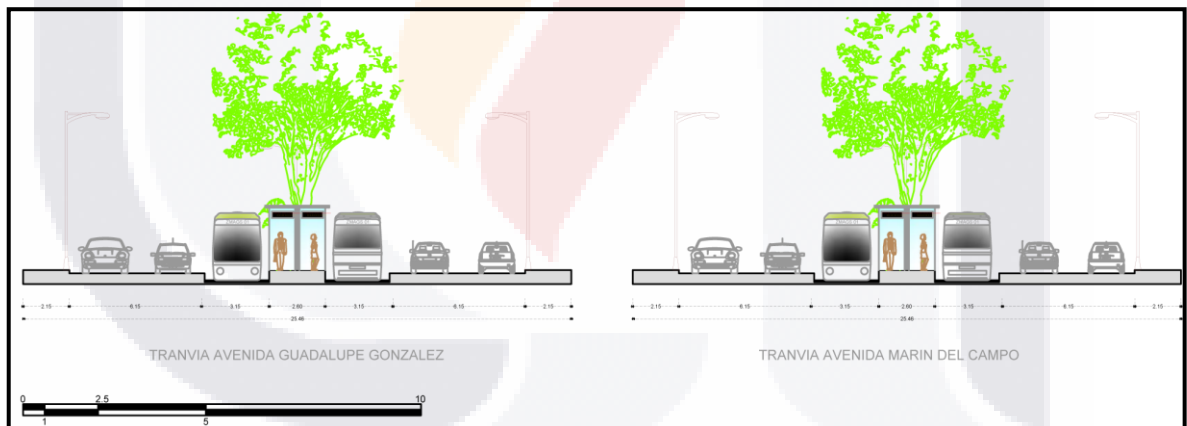


Figura 52. Sección transversal de la propuesta de adecuación de las avenidas Guadalupe González y María del Carmen Martín del Campo

### 4.3 Atributos paisajístico territorial

#### 4.3.1 Impacto visual

La imagen urbana es un elemento importante a considerar, Kevin Lynch, en su libro, La imagen de la Ciudad, distingue los elementos que distinguen la imagen pública, uno de ellos son las SENDAS, que son conductos que sigue el observador normalmente, ocasionalmente o potencialmente, estas pueden ser calles, senderos, líneas de



transito, canales o vías férreas. La gente observa la ciudad cuando va a través de las sendas, éstas ayudan a organizar y conectar los demás elementos de la ciudad, es por ello que es importante integrar al entorno actual la línea de tranvía con todos los elementos que la conforman, catenarias, binarios, estaciones, paradas, etc (Lynch Kevin, 1998).



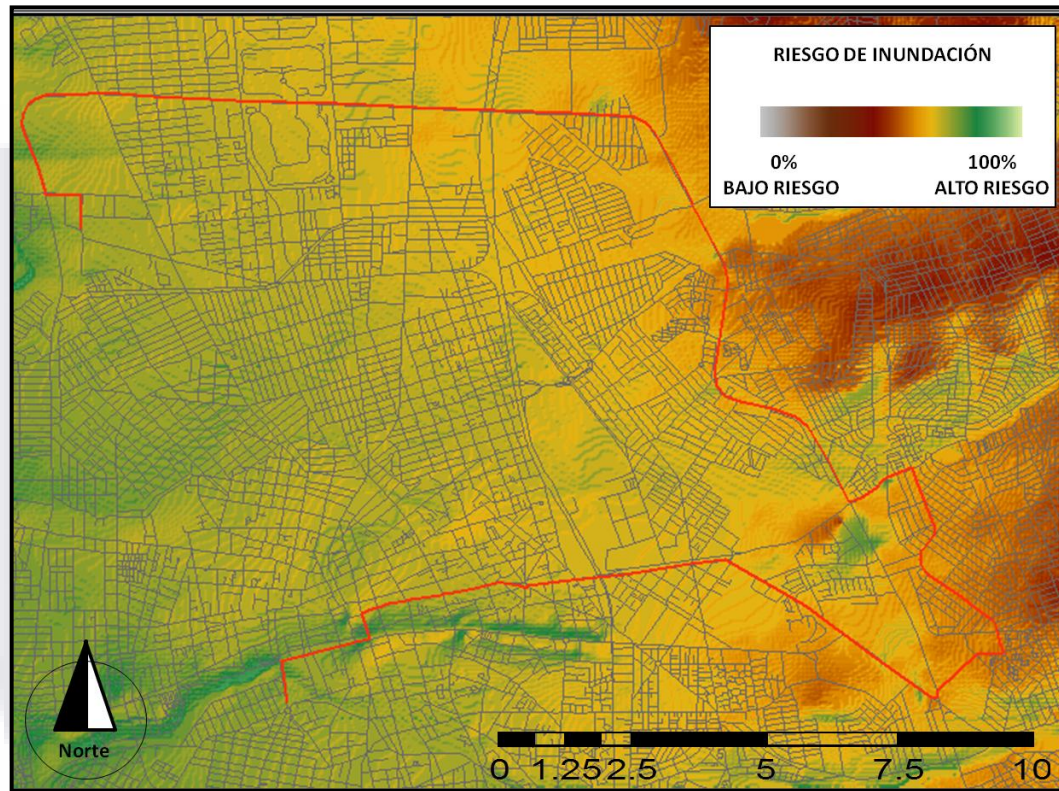
*Figura 53. Tranvía en Avenida Aguascalientes norte*



*Figura 54. Tranvía en Avenida Alameda*

### 4.3.2 Áreas inundables

En el siguiente mapa se pueden observar en color verde las zonas inundables que podrían afectar el buen funcionamiento de una posible línea de tranvía en Aguascalientes, se puede observar que el principal problema es sobre la avenida Licenciado Adolfo López Mateos y otro punto en el fraccionamiento parras al nororiente de la ciudad.



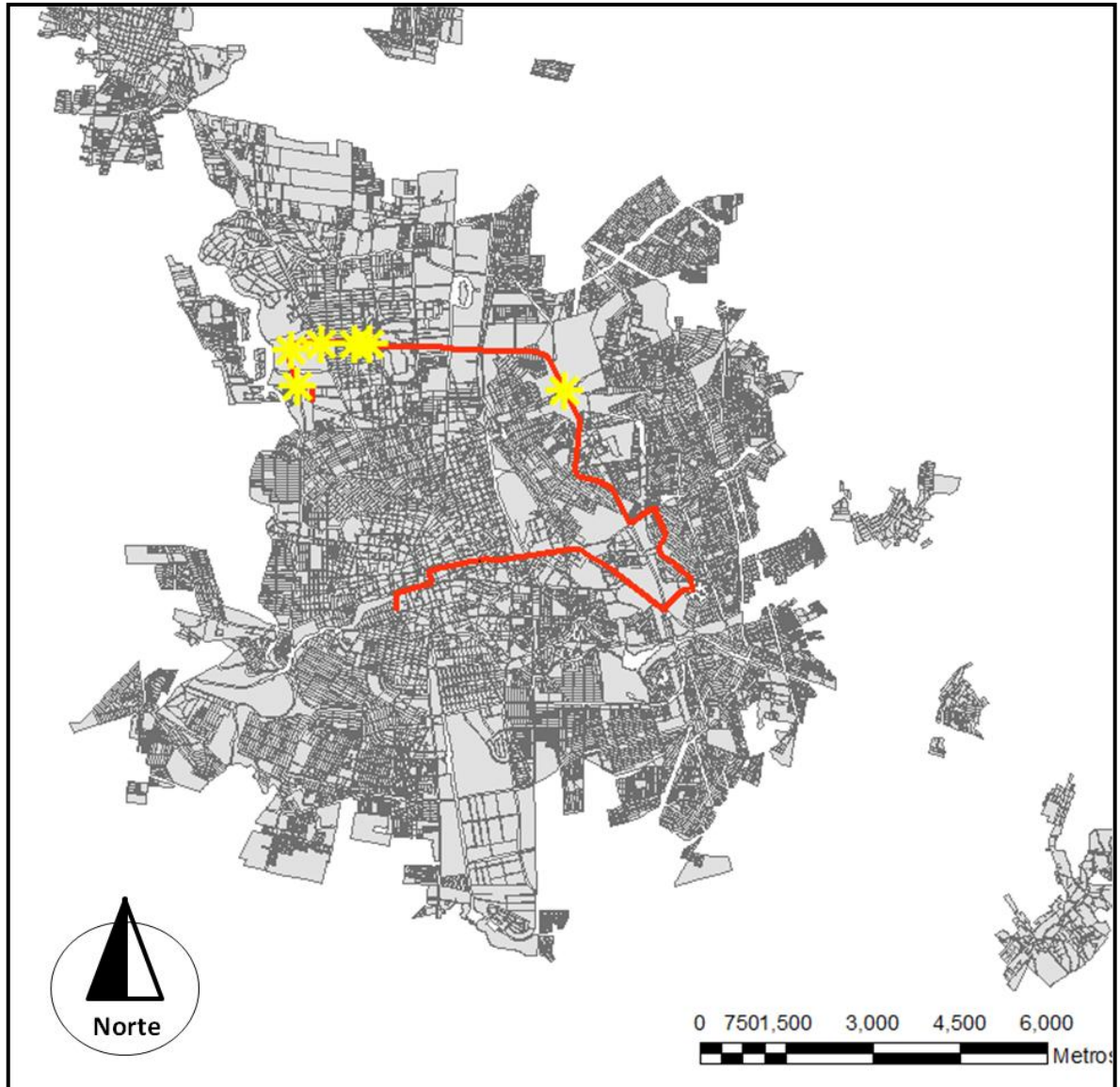
Mapa 37. Mapa de zonas inundables en la zona de influencia de la línea de tranvía propuesta

Una posible inundación afectaría el servicio del tranvía ya que al circular a nivel de piso sería imposible brindar el servicio si existen inundaciones considerables.

### 4.3.3 Riesgo de accidentes

Según la dirección de tránsito municipal de la Secretaría de seguridad pública municipal de Aguascalientes, tan solo en el municipio de Aguascalientes el costo por accidentes de tráfico ascendió en 2014 a \$60, 183,100.00, cobrando la vida de 37 personas y provocando lesiones a 1450 personas, con información proporcionada por la dirección antes mencionada se elaboró el siguiente mapa en el que se pueden observar los puntos de alto índice de accidentes por los que pasa la línea propuesta.



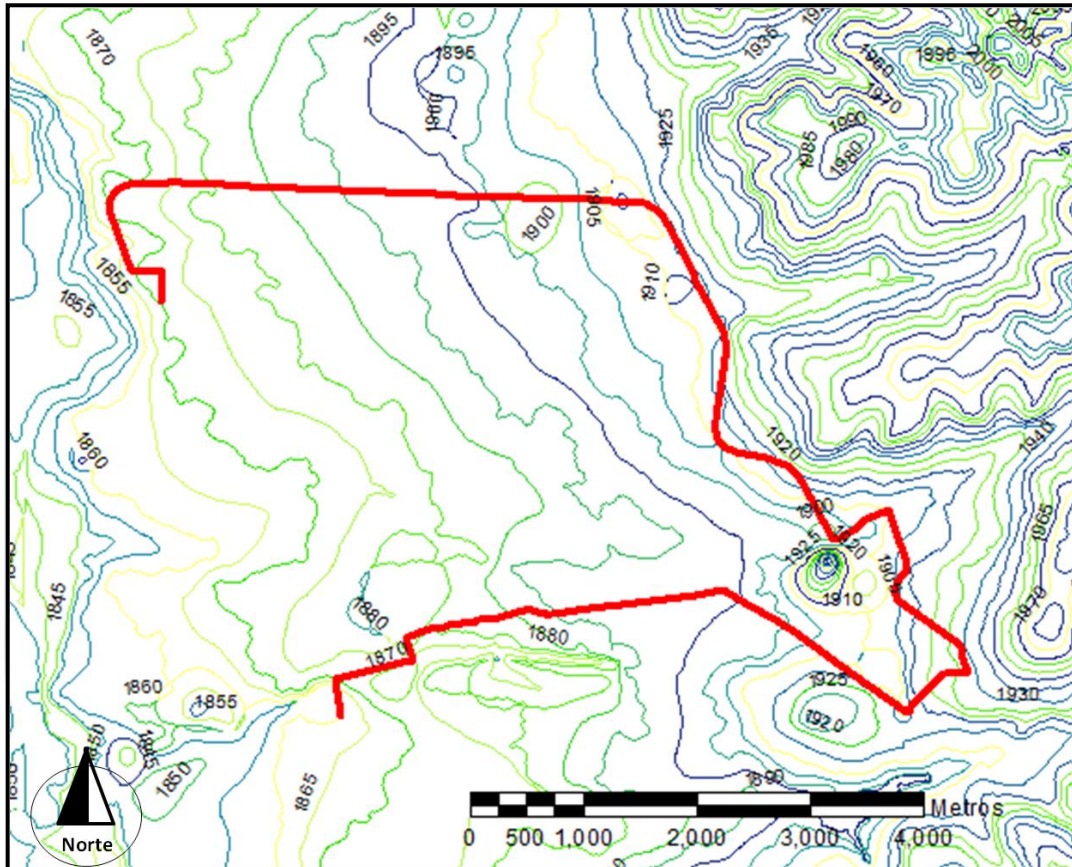


*Mapa 38. Zonas de alto índice de accidentes, elaboración propia con información de la Secretaría de Seguridad Pública Municipal*

Se debe tener especial cuidado en las medidas de seguridad y señalización de la línea en estos puntos del trayecto para evitar así accidentes con vehículos automotores o peatones, según las encuestas aplicadas a usuarios de vehículos particulares en marzo del 2015, si en Aguascalientes contáramos con un sistema de transporte eficiente habría una reducción del 70% en el uso de automotores y por ende en el índice de accidentes.

#### 4.3.4 Altimetría a lo largo de la línea propuesta

En el siguiente mapa se pueden observar las curvas de nivel del área donde se propone la línea a cada 5 metros, existe una variación máxima de altitud de 70 metros, desde 1860 metros sobre nivel del mar (msnm) hasta 1930. La pendiente máxima que se observa es al inicio de la línea, un 29% en un tramo de 17 metros.



Mapa 39. Curvas de nivel en la zona de influencia de la línea de tranvía propuesta




Para efectos de un mejor análisis de la altimetría y de las complicaciones que esto podría traer a la implementación de una línea de tranvía se realizó un corte en el que se observan las altitudes y pendientes a lo largo de los 17 kilómetros propuestos.

A lo largo de la línea la pendiente máxima es de 29% en un tramo de 17 metros, en general la zona metropolitana de Aguascalientes no presenta áreas de pendientes pronunciadas ya que se ubica en el valle de Aguascalientes, los cortes detallados se pueden consultar en el anexo 3.

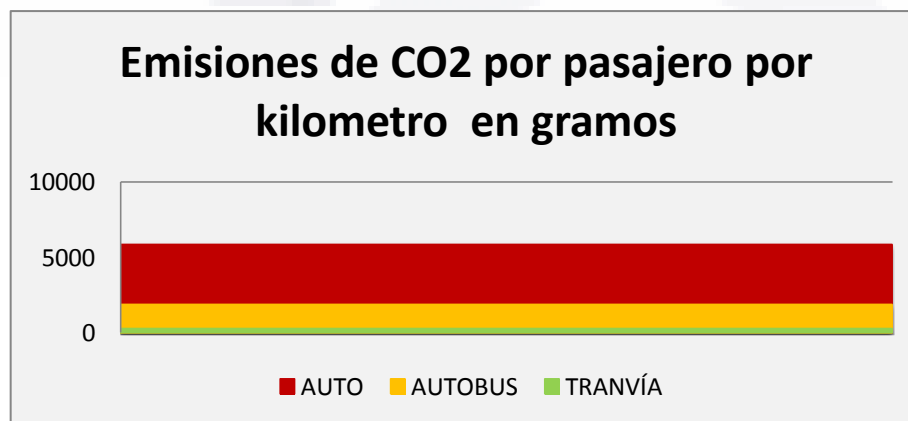
#### 4.4 Determinación de la factibilidad ambiental del proyecto

El primer paso fue elaborar una comparativa de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por pasajero por kilometro lineal, las emisiones por medio de transporte fueron obtenidas del estudio sobre movilidad urbana realizado en Barcelona (Riol Ricard, 2015), considerando que en un autobús normal viajan 50 personas, en un tranvía 200 y gracias las encuestas aplicadas en marzo del 2015 se puede saber que en la ZMA viajan un promedio de 1.98 personas por vehículo y cuantos kilómetros promedio circulan diariamente estos vehículos se puede calcular las emisiones per cápita a cada kilometro, considerando los 17.87 kilómetros de longitud de la línea propuesta.

Tabla 17. Comparativa de emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita

	 Auto	 Autobus	 Tranvia
CO <sub>2</sub> (gr) por pasajero por kilometro	165	104	14.4
Número de pasajeros	1.98	50	200
Longitud total de la línea	17.87	17.87	17.87
Emisión por vehículo	5838	92924	51466
Emisión de CO <sub>2</sub> por pasajero/kilometro (gr)	<b>5838.129</b>	<b>1858.48</b>	<b>257.328</b>

En la siguiente gráfica se puede observar como las emisiones per cápita con el uso del tranvía son considerablemente menores respecto al automóvil y el autobús, medios de transporte utilizados actualmente en Aguascalientes.



GRAFICA 7. Emisiones de CO<sub>2</sub> por pasajero por kilometro

Posteriormente y sabiendo gracias a la información arrojada por la aplicación de encuestas sobre el número de pasajeros por vehículo, días de uso del auto por semana y los kilómetros recorridos diarios en vehículo particular. El padrón vehicular fue obtenido de la secretaría de finanzas del estado (Secretaría de Finanzas del Estado de Aguascalientes, 2015). Con toda esta información se realizó el cálculo de las emisiones totales anuales en la Zona Metropolitana de Aguascalientes.

Tabla 18. Emisiones anuales actuales de CO<sub>2</sub> provenientes de vehículos particulares en la ZMA

PARQUE VIHCLULAR	PASAJEROS POR AUTO	DIAS DE USO A LA SEMANA	DIAS DE USO AL AÑO	CO <sub>2</sub> (TON) por pasajero por kilometro	KILOMETROS POR DIA	EMISIONES ANUALES (TON)
381784	1.98	5.99	311.48	0.000165	44	<b>1,709,423.62</b>

Teniendo este resultado se realizó el mismo procedimiento para las emisiones causadas por los autobuses de transporte público, según la Confederación patronal de la Republica Mexicana, de las 700 unidades de autobús registradas en Aguascalientes, el 34% están fuera de norma en cuestión de emisiones (COPARMEX, 2016).

Tabla 19. Emisiones anuales actuales de CO<sub>2</sub> provenientes de los autobuses en la ZMA

AUTOBUSES	PASAJEROS POR AUTOBUS	VIAJES AL DIA	VIAJES ANUALES	CO <sub>2</sub> (TON) por pasajero por kilometro	KILOMETROS POR DIA	EMISIONES ANUALES (TON)
700	50	2.53	647.2752	0.000104	55.6	<b>130,998.14</b>

Con esto podemos concluir que en la Zona metropolitana de Aguascalientes se emiten anualmente 1,840,421.77 toneladas de CO<sub>2</sub>, esta cantidad podría parecer exagerada, por lo que se realizó una comparativa de las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado en zonas urbanas del mundo (Banco mundial, 2011).

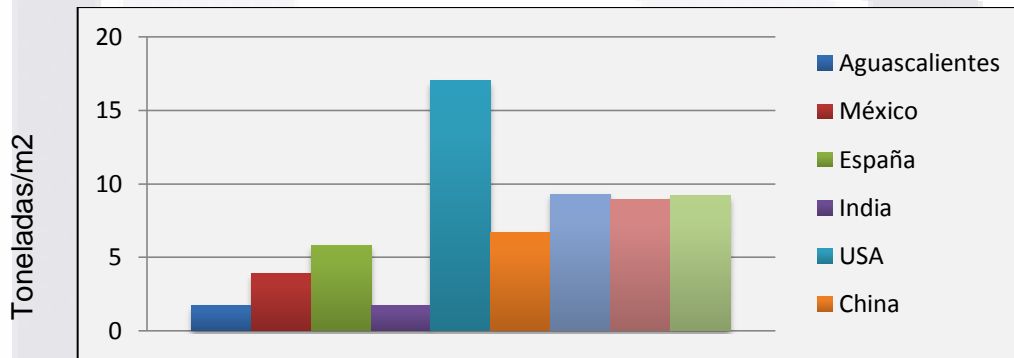
Conociendo la población de la zona metropolitana y su extensión en metros cuadrados (CONAPO, 2005) se obtuvieron las emisiones por metro cuadrado en la ZMA.



Tabla 20. Emisiones de CO2 por metro cuadrado en la ZMA

extensión (M2)	1903366800	CONAPO
población (HAB)	1,026,064	INEGI
metros per cápita	1855.017621	
CO2 anual (TON)	1709423.621	
<b>CO2 anual por metro cuadrado (TON)</b>	<b>1.7</b>	

Habiendo calculado este valor, se realizó la comparativa entre la ZMA, México, España, India, USA, China, Japón, Alemania y Noruega, cabe mencionar que las emisiones mostradas en la siguiente grafica para los países seleccionados comprenden las emisiones producidas por todas las fuentes contaminantes, mientras que el valor calculado para Aguascalientes representa solo las emisiones provocadas por fuentes móviles (automóviles).



GRAFICA 8. Comparativa de emisiones en toneladas/m2 entre Aguascalientes y ocho países del mundo

Una vez justificados los valores se aplicó un descuento del 70% a las emisiones calculadas para la Zona Metropolitana de Aguascalientes, esto debido a que en la aplicación de encuestas, el 70% de la muestra expresó que cambiaría el vehículo particular por el transporte público si se implementara en la ciudad un sistema de transporte más eficiente, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 21. Emisiones de CO2 per cápita provenientes de automóviles particulares de implementarse el tranvía en Aguascalientes

REDUCCION DE ATOMOVILES	AUTOS RESTANTES	PASAJEROS POR AUTO	DIAS DE USO A LA SEMANA	DIAS DE USO AL AÑO	CO2 (TON) por pasajero por kilometro	KILOMETROS POR DIA	EMISIONES ANUALES (TON)
267249	114535	1.98	5.99	311.48	0.000165	44	<b>512,826.19</b>

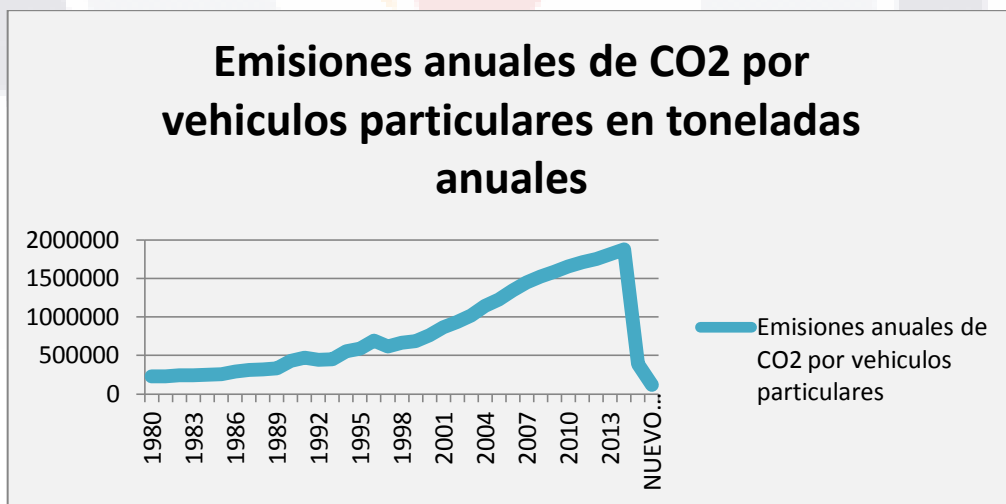


Tabla 22. Emisiones de CO2 por cápita provenientes de autobuses de implementarse el tranvía en Aguascalientes

REDUCCION DE AUTOBUSES	AUTOBUSES RESTANTES	PASAJEROS POR AUTOBUS	DIAS DE USO A LA SEMANA	TIEMPO PROMEDIO POR VIAJE (HORA)	VIAJES ANUALES	CO2 (TON) por pasajero por kilometro	KILOMETROS POR DIA	EMISIONES ANUALES (TON)
256	444	50	4.92	0.55	647.2752	0.000104	55.6	<b>83,090.25</b>

De implementarse el sistema de transporte público propuesto en la ZMA se reducirían las emisiones de contaminantes provenientes de fuentes móviles en un 70%, teniendo 595,916.44 toneladas anuales de CO2.

En la siguiente grafica elaborada con la información obtenida de encuestas, cálculos y el aumento del padrón vehicular en los municipios que conforman la ZMA (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010) se elaboró la siguiente grafica en la que se observa el aumento de las emisiones de contaminantes a la atmósfera desde el año de 1980, cuando el parque vehicular era de tan solo 51,455 unidades, hasta el 2015 y como se reducirían estas emisiones de implementarse en 2016 el sistema de transporte público propuesto.

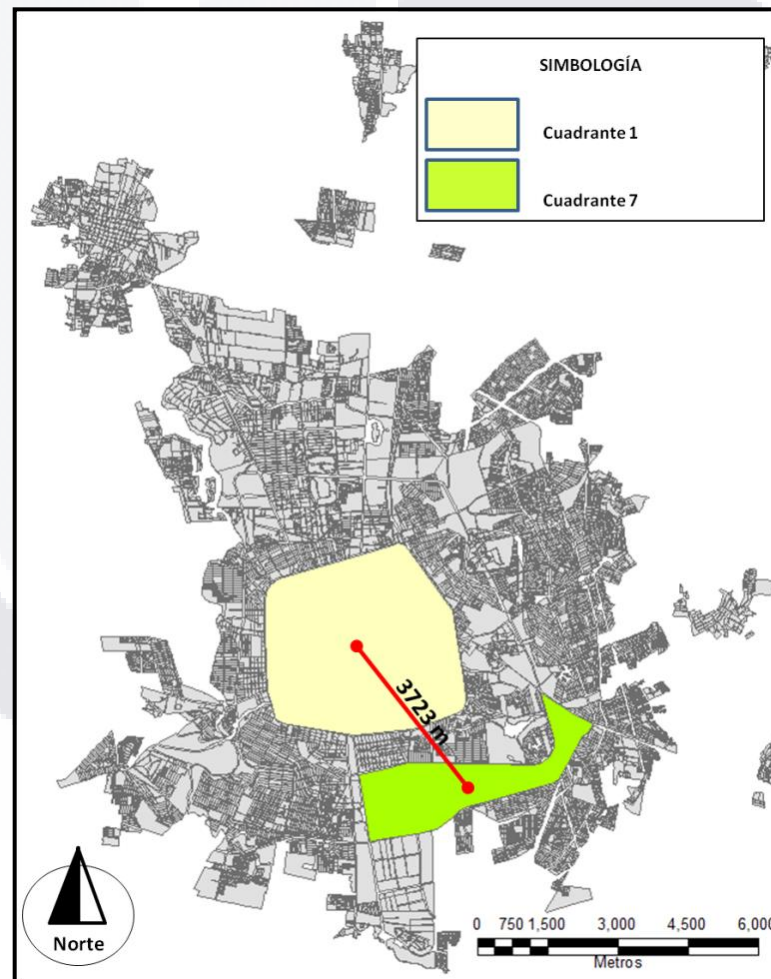


GRAFICA 9. Comportamiento de las emisiones contaminantes en un periodo de 36 años

El cálculo detallado de los datos que conforman esta grafica se encuentra en el anexo IV de este documento.

Para finalizar este apartado y determinar la factibilidad ambiental de la implementación de un sistema de tranvía eléctrico como medio de transporte público para la ZMA, se realizó una comparativa en ArcGis 10 sobre la concentración de emisiones contaminantes. De las encuestas se obtuvieron los movimientos pendulares de la población, a cada cuadrante se le asignó un centroide y se trazaron todas las líneas de movimiento obtenidas de las encuestas, asignando un valor de emisiones según su longitud.

Así, por ejemplo, entre los centroides de cuadrantes uno (centro de la ciudad) y siete (delegación Morelos entre Avenida Aguascalientes y Avenida siglo XXI) de la ciudad existe una distancia de 3723 metros.



Mapa 40. Distancia entre cuadrantes 1 y 7

Con el valor que se calculó anteriormente se puede decir que la emisión de contaminantes al realizar este movimiento pendular cada día es:

$$\text{Contaminantes diarios} = (\text{distancia entre cuadrantes} \times 0.00165 \text{ toneladas}) \times 2$$

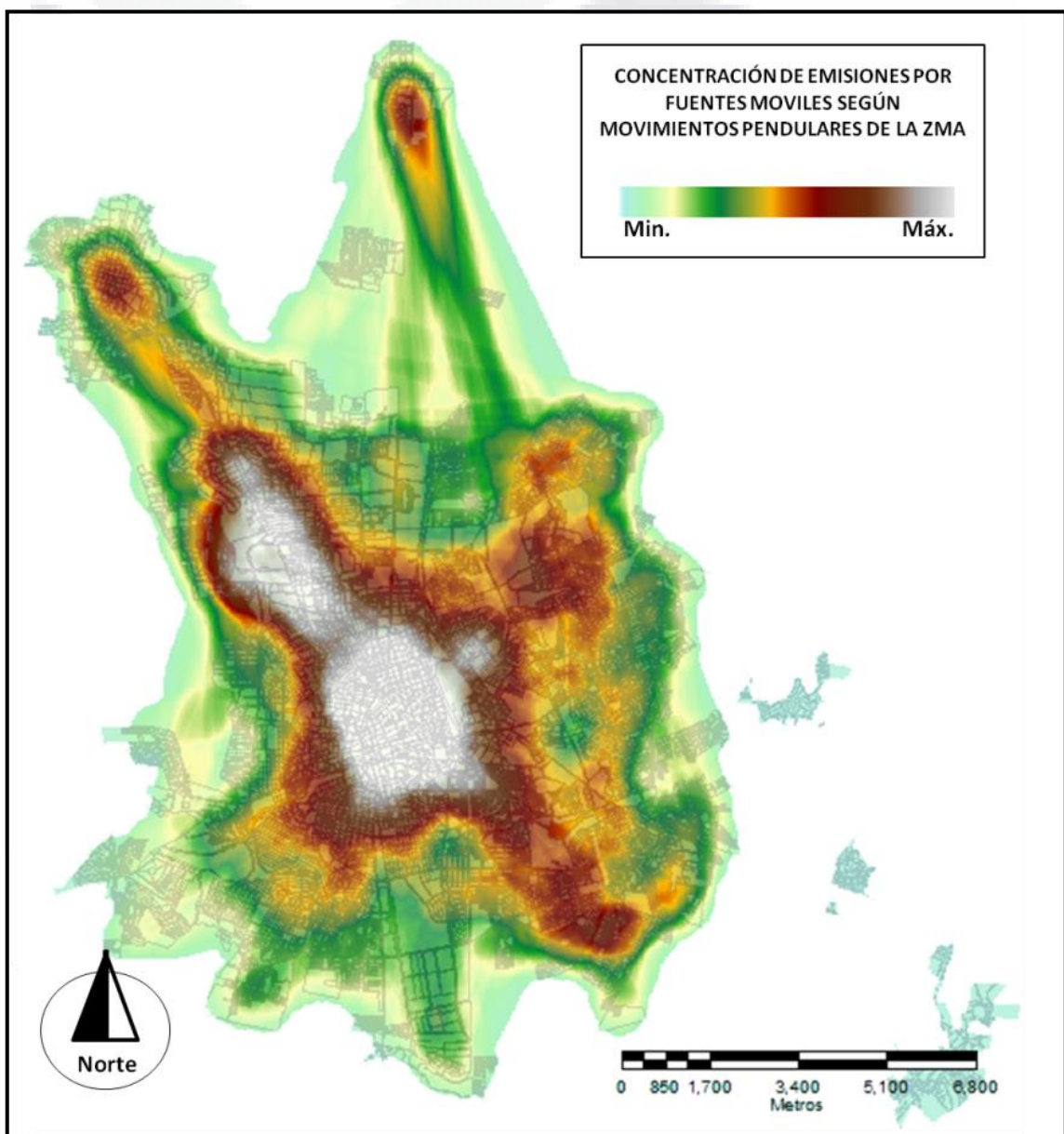
\*El 2 representa la ida y la vuelta del movimiento pendular.

Sustituyendo datos tenemos:

Contaminantes diarios=  $3.72 \text{ km} \times 0.00165 \text{ toneladas} \times 2$

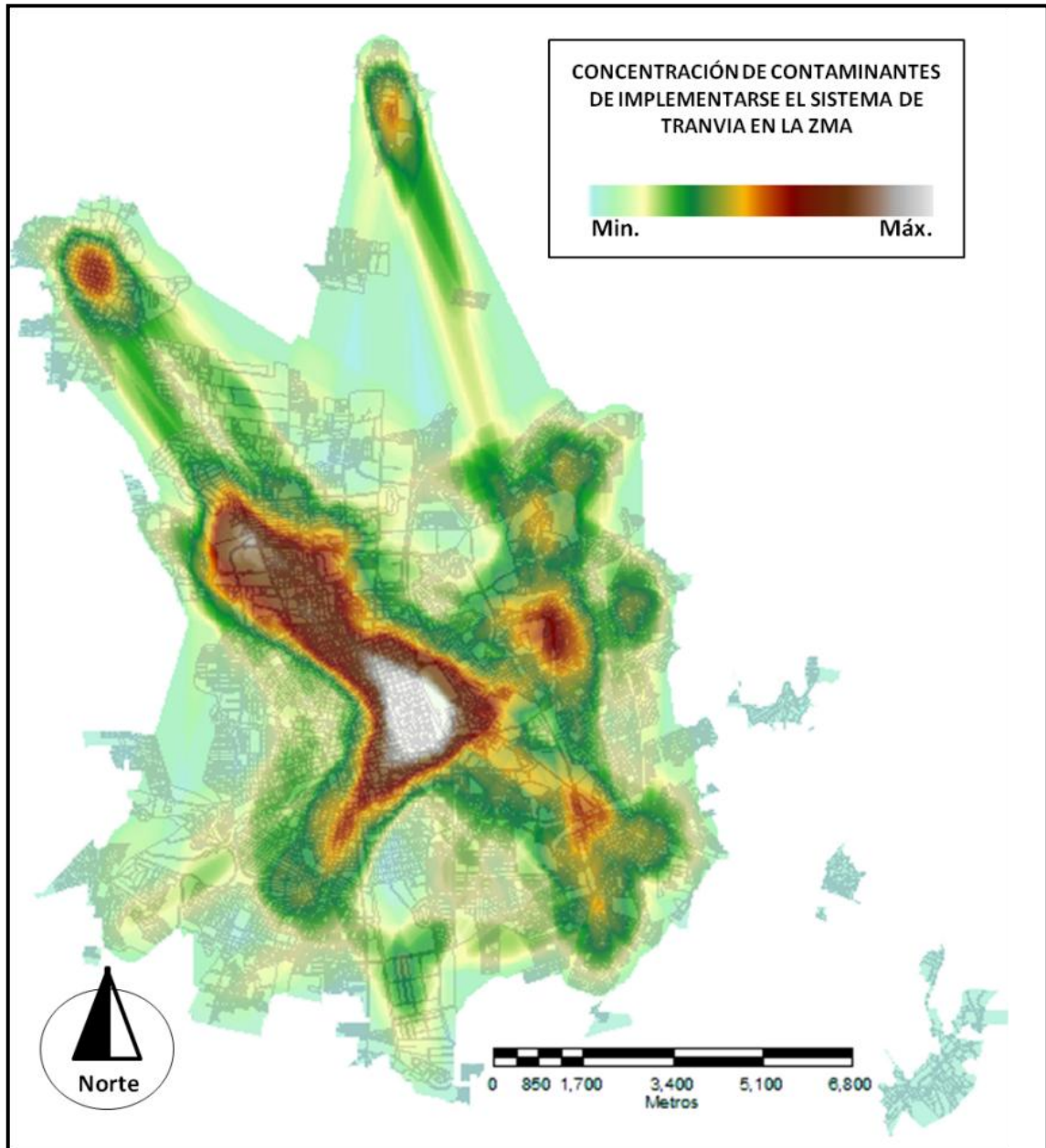
Contaminantes diarios=  $0.0012 \text{ ton/m}$

Este valor se aplicó a cada una de las líneas trazadas en ArcGis y que son el resultado de la aplicación de las encuestas, obteniendo el siguiente mapa de la concentración de contaminantes en la ZMA.



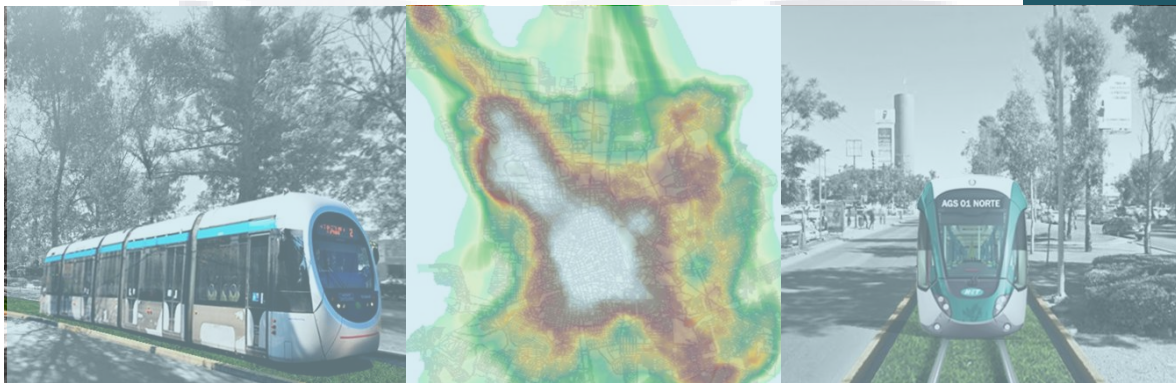
Mapa 41. Concentración de las emisiones por fuentes móviles en la ZMA

Siguiendo el mismo procedimiento pero aplicando el 70% de reducción de las emisiones que como se mencionó anteriormente, es un dato obtenido de las encuestas se obtiene el siguiente mapa.



Mapa 42. Posible escenario de la concentración de las emisiones por fuentes móviles en la ZMA





# CAPITULO V



## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES

#### 5.1 El tranvía eléctrico como alternativa

Se eligió este tipo de transporte ya que las dimensiones de la ciudad, así como su población no justificaban el análisis de la implementación de un sistema de transporte metro, en cambio el tranvía eléctrico está aumentando su popularidad en ciudades medias superiores a 150 mil habitantes e inferiores a 2 millones (Vukan R. Vuchic, 2007), así como alimentador/distribuidor de otros sistemas de transporte con menor capacidad como autobuses o taxis, Es decir, forman parte de una estructura integrada de transporte urbano, en el cual los autobuses son sistemas alimentadores secundarios de las redes de tranvías eléctricos.

Este sistema de transporte, además, es fácilmente adaptable a las características del territorio en Aguascalientes satisface la demanda de usuarios ya que pueden transportar entre 1500 y 20000 pasajeros por sentido cada hora, dependiendo de su frecuencia y el número de vagones que lo conformen.

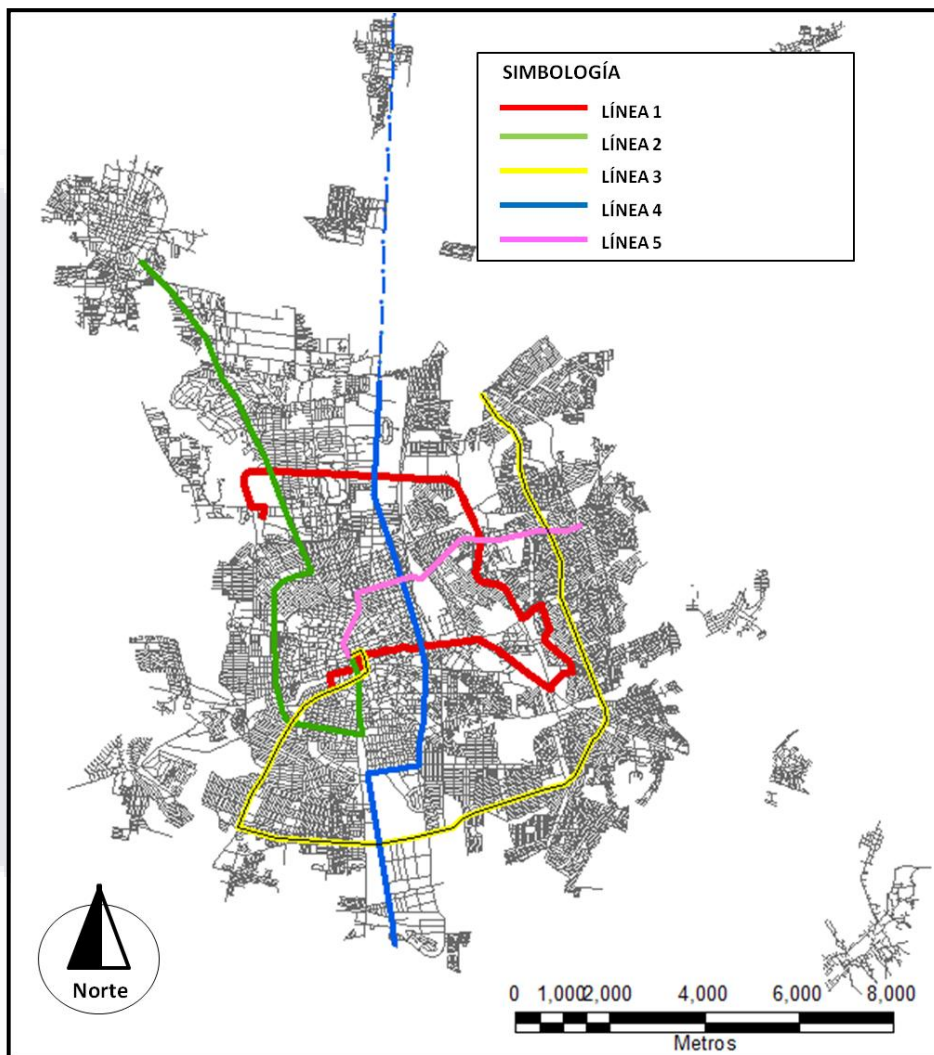
Otro punto a favor del tranvía es que, a diferencia del metro, no requiere de construcción de infraestructura subterránea lo que abarata el coste de su implementación, no es justificable construir túneles subterráneos para el transporte colectivo y dar prioridad al uso del vehículo particular en la superficie.

A diferencia de los vehículos automotores, como taxis o autobuses, los tranvías no emiten contaminantes a la atmósfera y se vuelven parte del desarrollo económico regional al acelerar el transporte de las masas de población a sus centros de trabajo o estudio.

#### 5.2 Reflexiones

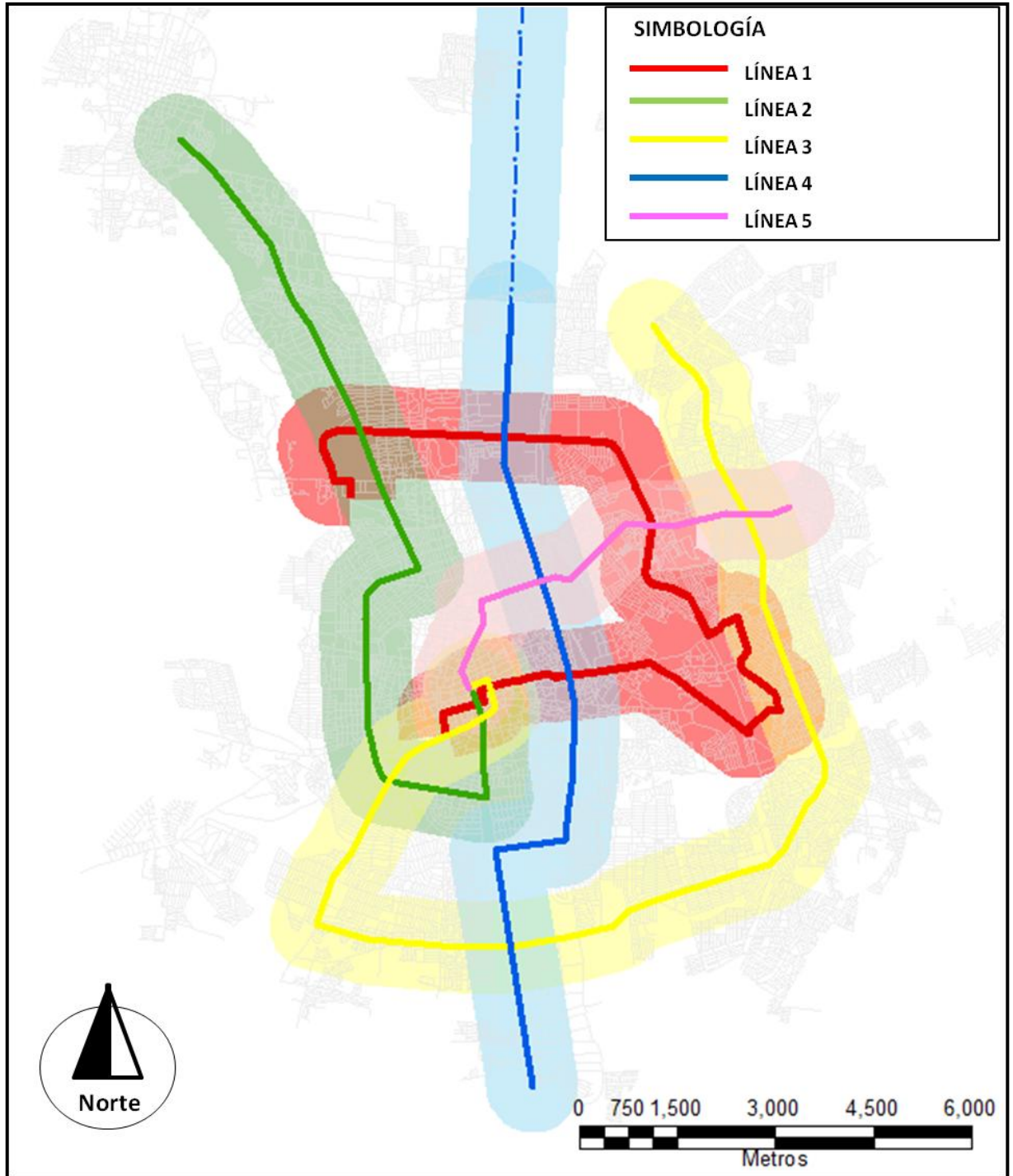
La implementación de un nuevo sistema de transporte público en Aguascalientes, un tranvía eléctrico es factible en lo social, ya que la demanda de usuarios en la actualidad es la suficiente para implementar un sistema de transporte colectivo de este tipo, además según los datos arrojados por las encuestas la demanda de viajes pasaría de 565,847 actuales a 952,279, es decir, 1 de cada 2 habitantes de la Zona Metropolitana viajaría en transporte público. Cabe mencionar que para efectos de este

trabajo se realizó el análisis solo para una línea propuesta en lo referente a los equipamientos, sin embargo se puede observar en los resultados que la demanda obtenida con la población y los empleos que ofrecen las unidades económicas es alta a lo largo y ancho de la zona urbana, es por esta razón que se puede concluir que es necesaria la implementación no solo de una línea, sino de toda una red de tranvía eléctrico en Aguascalientes.



Mapa 43. Red tranviaria propuesta para la ZMA

En el mapa 43 se observa una red conformada por cinco líneas que comunican toda la zona metropolitana, considerando una zona de influencia de 700 metros a partir de cada línea y utilizando en ArcGis 10 la herramienta de cartografía, mascarar de contorno, se obtiene el siguiente mapa de cobertura de la red tranviaria propuesta.



Mapa 44. Cobertura de las cinco líneas propuestas en la red tranviaria para la ZMA

En cuanto lo urbano, la implementación de un tranvía eléctrico es factible ya que, al ubicarse en el Valle de Aguascalientes, la ciudad no presenta pendientes considerables y las zonas inundables son pocas. Además la ciudad ha crecido de forma planeada por lo que las calles y avenidas tienen características que son

adaptables para la construcción de la infraestructura necesaria para el correcto funcionamiento del sistema de transporte propuesto.

Referente a lo ambiental y como se ha podido observar en los resultados obtenidos, alrededor de 1,800 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> son emitidas a la atmósfera cada año en la Zona Metropolitana de Aguascalientes, estos niveles de emisiones contaminantes a la atmósfera se reduciría de forma considerable, ayudando así a disminuir los índices de riesgo a la salud y costo económico de ello.

Con todo lo anterior se puede concluir que la implementación de un sistema de tranvía eléctrico como medio de transporte colectivo en la Zona Metropolitana de Aguascalientes es altamente factible, las condiciones de la ciudad son favorables para ello y tanto la imagen urbana, las condiciones ambientales y la calidad de vida de los habitantes mejoraría considerablemente de contar con el sistema propuesto.

Es necesario iniciar un profundo debate sobre el futuro de la movilidad urbana en la Zona metropolitana de Aguascalientes y la idoneidad de este sistema de transporte como motor tanto del desarrollo social y económico como del mejoramiento de las condiciones territoriales y atmosféricas de la región que lleven a lograr la sostenibilidad urbana que priorice el uso transporte masivo, al peatón y al ciclista reduciendo de forma significativa el uso del automóvil particular y su grave impacto a la dinámica urbana y al medio ambiente.

## GLOSARIO

### A

- Altimetría: Parte de la topografía que se ocupa de la medición de alturas.
- Atracción: En un modelo de transporte, las atracciones son los puntos de interés en una zona.

### B

- Binario: Infraestructura base de los sistemas de ferrocarril o tranvía compuesto por dos perfiles metálicos de acero.

### C

- Cartografía: Ciencia que estudia los mapas y cartas geográficas y cómo realizarlos.
- Catenarias: Catenaria es la curva que describe una cadena suspendida por sus extremos, sometida a un campo gravitatorio uniforme. La palabra deriva del latín *catenarius*.
- Centroides: En geometría, el centroide o baricentro de un objeto perteneciente a un espacio  $n$ -dimensional es la intersección de todos los hiperplanos que dividen a  $n$  en dos partes de igual  $n$ -volumen con respecto al hiperplano.

### E

- Emisión: f. Exhalación o expulsión de algo hacia afuera.
- Equipamiento: Conjunto de edificaciones y espacios, predominantemente de uso público, en los que se realizan actividades complementarias a las de habitación y trabajo, o bien, en las que se proporcionan a la población servicios de bienestar social y de apoyo a las actividades económicas.

### F

- Factibilidad: Cualidad o condición de factible.
- Fordismo: El fordismo es un sistema socioeconómico basado en la producción industrial en serie.



## G

- Generación: En un modelo de transporte, las generaciones son la predicción del total de viajes se hace por zona.

## I

- Infraestructura: Conjunto de medios técnicos, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de una actividad o para que un lugar pueda ser utilizado.

## K

- Kernel: Es una forma no paramétrica para estimar la función de densidad de la probabilidad de una variable aleatoria.

## P

- Pendular: es el movimiento que realiza un objeto de un lado a otro
- Porfiriato: Período de la historia de México en que Porfirio Díaz (1830-1915) fue presidente del país.

## R

- Ráster: Una imagen en mapa de bits, también conocida como imagen matricial, bitmap, raster image o extensión.

## S

- Senda: Conductos que sigue el observador normalmente, ocasionalmente o potencialmente, estas pueden ser calles, senderos, líneas de tránsito, canales o vías férreas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde F. Oliver. (2012). *La nueva era del tranvía como modo de transporte: ¿Necesidad o moda?* (Tesis). Escola Técnica Superior d' Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona UPC, Barcelona, España.
- Allen, Morrison. (2003). Los tranvías de Aguascalientes. *TRIPOD*.
- Anónimo. (1918). Aguas Calientes, Plano de la ciudad. Aguascalientes.
- ArcGIS Resources. (2016). ArcGIS Resources. Recuperado el 5 de Noviembre, 2016, de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>
- Banco mundial. (2011). *Indicadores del desarrollo mundial*. Tennessee, Estados Unidos: Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge.
- Banco Mundial. (2012). Población urbana. Recuperado el 1 de Marzo, 2014, de <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL>
- CNA. (2015a). *Base de datos climatológica*. México: Comisión Nacional del Agua.
- CNA. (2015b). Mapa Aguascalientes 10 min. México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado de <http://smn.cna.gob.mx/emas/>
- CONAPO. (2005). *México en cifras*. México: Consejo Nacional de Población.
- Consejo Nacional de Población. (2012). Delimitación de las zonas metropolitanas de México. CONAPO.
- Coordinación estatal de planeación y proyectos. (2011). Gestión urbanística y ordenamiento territorial.
- COPARMEX. (2016, Mayo 4). Seguimos con transporte público en pésimo estado. *El Herald*, p. 1. Aguascalientes.
- Dirección General de Transporte. (2016). *Rutas de Transporte*. Aguascalientes: Secretaría de Gestión Urbanística y Ordenamiento Territorial. Recuperado de

<http://www.aguascalientes.gob.mx/seguot/transporte/DGTPrutasdetransporte.aspx>

Durán Romo, Jorge. (2013). Es buena la calidad del aire en Aguascalientes [El sol del centro]. Recuperado de <http://www.oem.com.mx/elsoldelcentro/notas/n3197450.htm>

Ecologistas en acción. (2007, Octubre). Los medios de transporte en la ciudad. Un análisis comparativo. Ministerio de Medio Ambiente de España. Recuperado de [http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf\\_Cuaderno\\_2\\_Comparativa\\_medios.pdf](http://www.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf_Cuaderno_2_Comparativa_medios.pdf)

ESDIG. (2012). Espacio Digital Geográfico. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/temas/estadisticas-ambientales/espacio-digital-geografico-esdig>

Franco Muñoz Rodrigo. (2010, Octubre 1). *MODELOS URBANOS Y PROCESO DE TRANSFORMACIÓN TERRITORIAL EN LA CIUDAD DE AGUASCALIENTES: DE LA OCUPACIÓN PERIFÉRICA A LA LIQUIDACIÓN DEL CENTRO TRADICIONAL* (Doctoral). Universidad de Valladolid, Valladolid, España. Recuperado de <http://www3.uva.es/iuu/CIUDADES/Ciudades%2014/Ciudades%2014%20241-253%20FRANCO%20MU%C3%91OZ.pdf>

García Morchón Alberto. (2011). *Implantación de una red tranviaria en Valladolid* (Tesina). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Garza, J. A. O. (2004). *Expansión urbana: Aguascalientes : de villa a metrópoli*. UAA. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=XcxpAAAACAAJ>

Guardiola, P. (2014, Mayo 6). Guía SPSS 15.0 para Windows. Universidad de Murcia. Recuperado de [http://www.um.es/docencia/pguardio/documentos/spss\\_1.pdf](http://www.um.es/docencia/pguardio/documentos/spss_1.pdf)

- Gutiérrez, J. A. G. (1998). *Aguascalientes y su región de influencia hasta 1810: sociedad y política*. Sistema de Educación Media Superior de la Universidad de Guadalajara. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=SsI7AAAAMAAJ>
- Instituto mexicano para la competitividad A.C. (2013). La contaminación del aire: un problema que daña la salud y la economía. Recuperado el 24 de Marzo, 2014, de [http://imco.org.mx/medio\\_ambiente/la-contaminacion-del-aire-un-problema-que-dana-la-salud-y-la-economia/](http://imco.org.mx/medio_ambiente/la-contaminacion-del-aire-un-problema-que-dana-la-salud-y-la-economia/)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). Información por entidad, Aguascalientes. Recuperado el 1 de Marzo, 2014, de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ags/poblacion/default.aspx?tema=me&e=01>
- ISSEA. (2014). *Cobertura de vacunación*. Aguascalientes: Secretaría de Salud Aguascalientes.
- John Stephenson Company. (1879). *Orden de compra de tranvías para Aguascalientes*. Nueva York.
- Lynch Kevin. (1998). *La imagen de la ciudad* (1998th ed.). Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). Calidad del aire y salud. Recuperado el 1 de Marzo, 2014, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>
- Priego, G. de C., C. (2009). Estrategias de renovación urbana. Áreas verdes en las ciudades. *Revista ambiental*, 85.
- Ramírez, T. Alfredo, & Sánchez, N. J. M. (2014). Enfoques de desarrollo sostenible y urbanismo. Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num7/art42/int42.htm>
- Revista Brill. (1908). Coches y sistema ferroviario de Aguascalientes, México. *Revista Brill, Marzo*, 62–64.

- Revista Philadelphia. (1907). Tranvía tipo Metropolitan de Aguascalientes, México. *Philadelphia, Diciembre*, 241–243.
- Ricardez, M. B. (1997). *Política urbana en Aguascalientes: Actores sociales y territorio, 1968-1995*. Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=nlcPAAAAYAAJ>
- Riol Ricard. (2015). *Transporte público y movilidad urbana sostenible*. Barcelona, España: Universidad, Politecnica de Cataluña. Recuperado de <https://ecomovilidad.net/barcelona/comparativa-tranvia-o-autobus-para-la-diagonal/>
- Ruvalcaba, A., Luis Felipe. (2013). Contaminación en Aguascalientes [La Jornada Aguascalientes].
- Secretaría de Finanzas del Estado de Aguascalientes. (2015). Padrón vehicular vigente en el Estado de Aguascalientes.
- Secretaría del Medio Ambiente. (2010). *Monitoreo de la calidad del aire*. Aguascalientes: Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes. Recuperado de <http://www.aguascalientes.gob.mx/IMAE/Calidadelaire/monitoreo.aspx>
- SEPLADE. (2007). *Estudiantes por nivel educativo*. Aguascalientes: Secretaría de planeación y desarrollo regional.
- Serrano, J. G. (1994). *La creación del estado de Aguascalientes, 1786-1857*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=en5VAAAAMAAJ>
- Serrano, J. G., & Varela, E. R. (1988). *Aguascalientes en la historia, 1786-1920*. Gobierno del Estado de Aguascalientes. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=SA-zAAAIAAJ>



- Software Shop. (2016). Sigmaplot. Recuperado el 5 de Mayo, 2016, de [http://www.software-shop.com/in.php?mod=ver\\_producto&prdID=54&fromajax=1#fragment-1](http://www.software-shop.com/in.php?mod=ver_producto&prdID=54&fromajax=1#fragment-1)
- Stanley, F. Worris, & Powers, Russell. (1920). Líneas de tranvía de Aguascalientes. Aguascalientes.
- Vukan R. Vuchic. (2007). *Urban Transit Systems and Technology*. Pennsylvania, Estados Unidos: John Wiley & Sons.



## ANEXO A: ENCUESTA

La siguiente encuesta fue aplicada a 445 personas de forma equitativa en los 16 cuadrantes en que se dividió la Zona Metropolitana.



### Encuesta sobre movilidad para estudio de factibilidad de la implementación del transporte colectivo eléctrico en la zona metropolitana de Aguascalientes.

Sexo: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

M	F
---	---

Escolaridad: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

Nula	Prim.	Sec.	Bachillerato	Licenciatura o ing.	Posgrado
------	-------	------	--------------	---------------------	----------

1. ¿En cuál de las siguientes delegaciones o municipios reside?

- Centro
- Morelos
- Jesús Terán
- Insurgentes
- Pocitos
- Jesús María
- San Francisco de los Romo

2. ¿En cuál de las siguientes delegaciones o municipios estudia o trabaja?

- Centro
- Morelos
- Jesús Terán
- Insurgentes
- Pocitos
- Jesús María
- San Francisco de los Romo
- Ciudad Industrial

3. ¿Qué tipo de transporte utiliza para sus traslados diarios?

- Auto propio
- Transporte Público
- Bicicleta
- Caminar

Sección para usuarios de transporte Público

4. ¿Cuál es el medio de transporte público que utiliza?

- Autobús
- Taxi
- Transporte colectivo foráneo (Combi)

5. ¿Cuánto gasta diariamente en transporte?

6. ¿Cuánto tiempo espera en promedio para comenzar cada viaje?

- De 0 a 5 minutos
- De 5 a 10 minutos
- De 10 a 15 minutos
- De 15 a 20 minutos
- Más de 20 minutos

7. ¿Cuánto tiempo tarda en llegar a tu destino desde que sube al transporte?

8. ¿Cuántos días a la semana utiliza este transporte?

1 2 3 4 5 6 7

9. ¿Cuántos viajes realiza al día?

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ó más

10. ¿Qué ruta de autobús utiliza?

11. ¿Cómo considera el estado de las unidades?

- Excelente
- Bueno
- Regular
- Malo
- Pésimo

12. ¿Está conforme con el servicio?

Si No

13. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un servicio más eficiente y rápido de transporte público?

\$ 6 \$8 \$10 \$12

14. ¿Ha utilizado sistemas de transporte público en otras ciudades?

Si No

15. De ser afirmativa la respuesta anterior ¿En qué ciudad lo utilizó y cuál fue?

Sección para usuarios de automóvil particular

16. ¿Cuánto gasta a la semana en combustible?

- De 0 a 100 pesos
- De 100 a 200 pesos
- De 200 a 300 pesos
- De 300 a 400 pesos
- De 400 a 500 pesos
- De 500 a 1000 pesos



17 ¿Cuánto gasta en mantenimiento del auto al año?

- De 0 a 1000
- De 1000 a 2000
- De 2000 a 3000
- De 3000 a 4000
- De 4000 a 5000
- Más de 5000

19 ¿Cuántas personas viajan con usted?

- 1    2    3    4    5 ó más

20 ¿Cuántos días a la semana utiliza el automóvil?

- 1    2    3    4    5    6    7

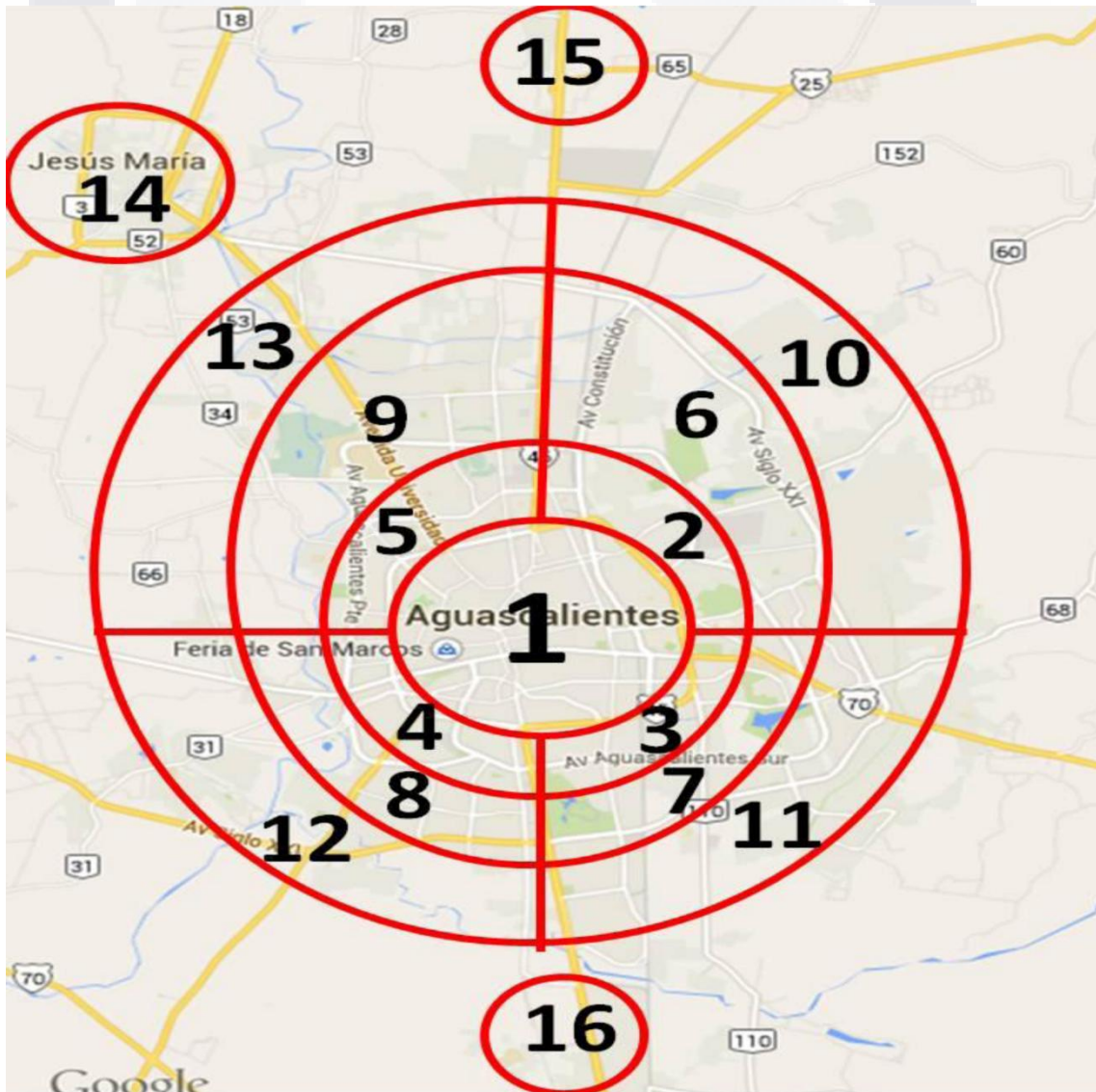
18 ¿Cuánto tiempo pasa en su auto al día?

- De 0 a 15 minutos
- De 15 a 30 minutos
- De 30 a 45 minutos
- De 45 minutos a una hora
- De una hora a una hora y media
- De una hora y media a 2
- Más de 2 horas

21 Si en Aguascalientes tuviéramos un sistema de transporte público más eficiente, rápido y de mayor cobertura ¿Estaría dispuesto a cambiar el automóvil propio por el transporte público?

- Si                      No

22 En el siguiente mapa identifique el sector donde reside y únalo con una flecha al sector al que se traslada cotidianamente (trabajo, escuela u otra actividad).

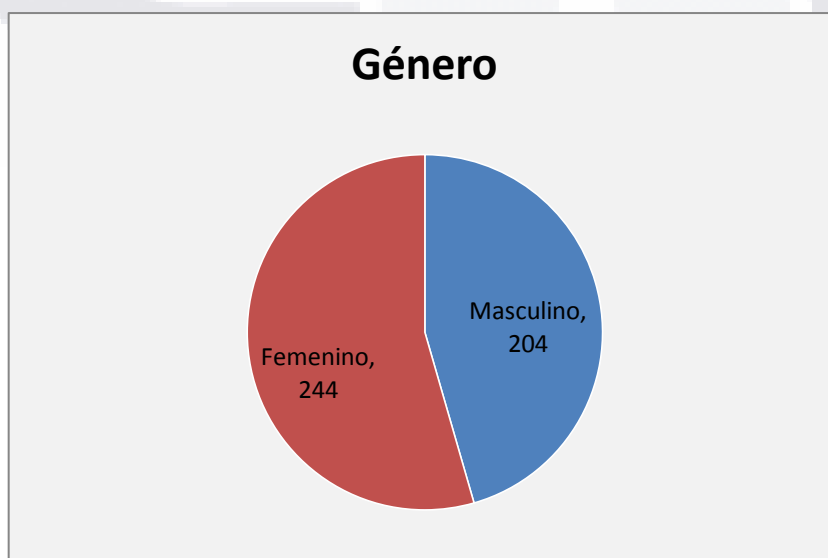
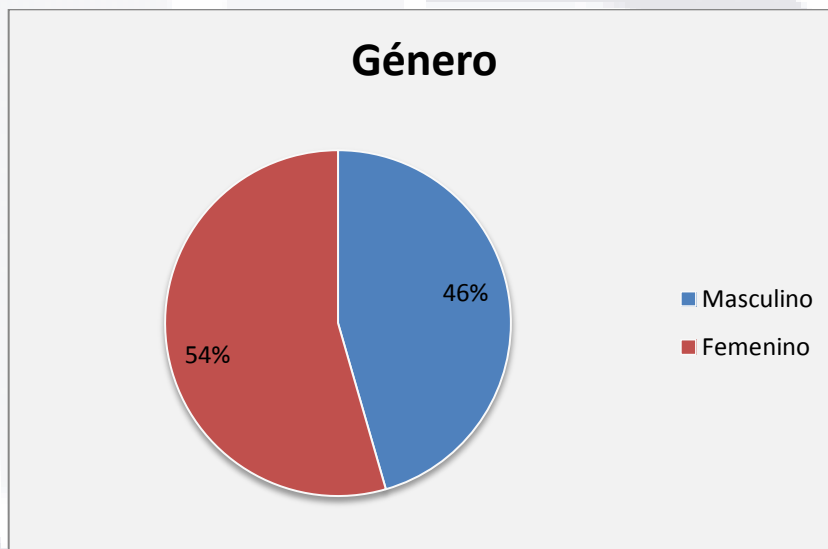


## ANEXO B: RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE ENCUESTAS

### Género

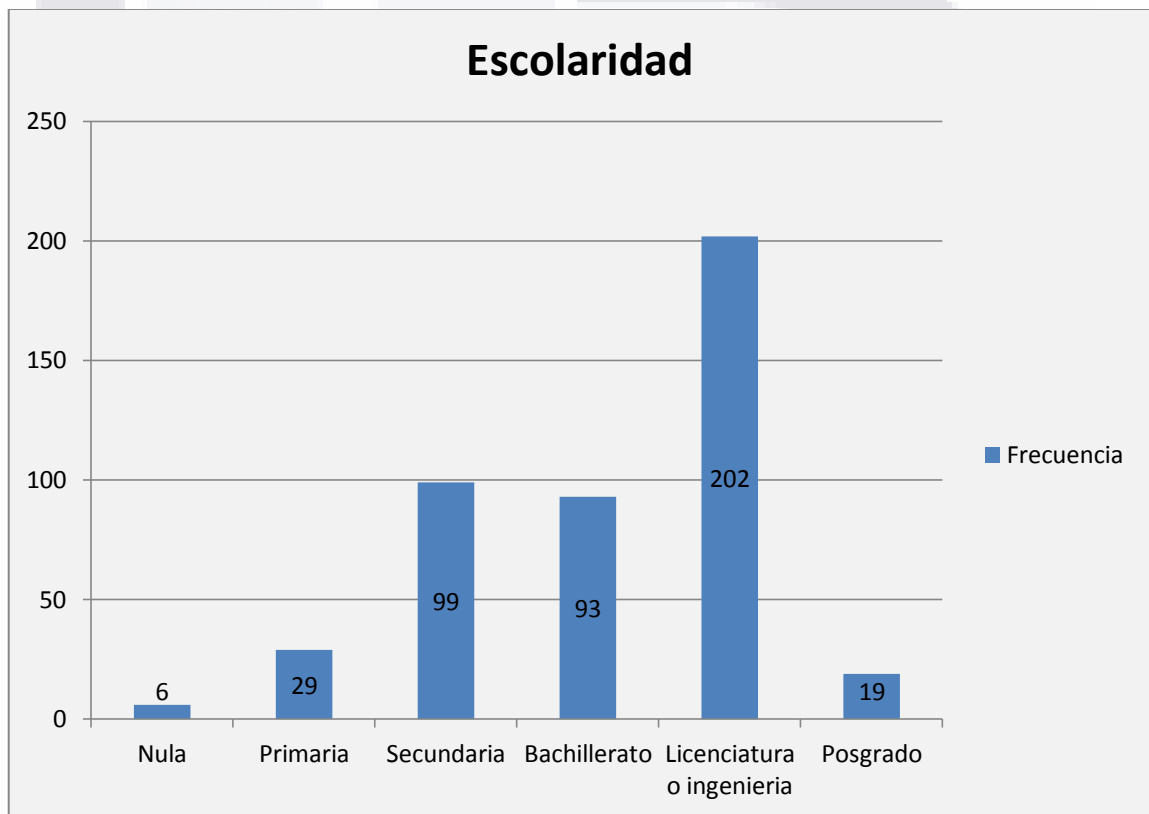
#### Sexo

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
<b>Masculino</b>	204	45.5	45.5	45.5
<b>Femenino</b>	244	54.5	54.5	100.0
<b>Total</b>	448	100.0	100.0	

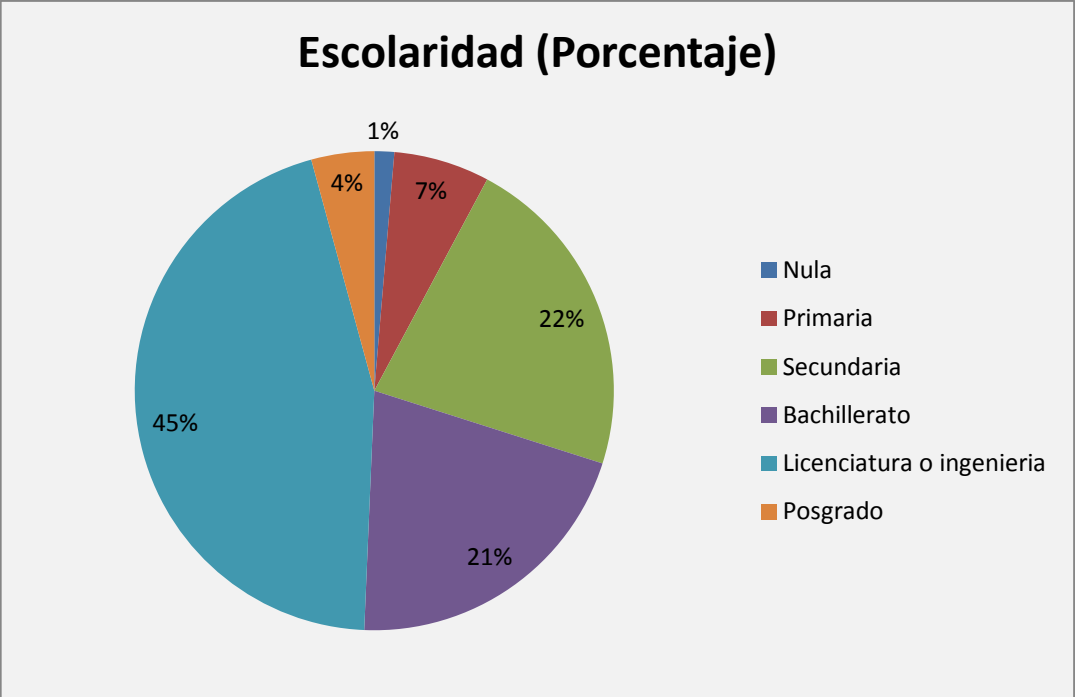


Escolaridad

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Nula	6	1.3	1.3	1.3
Primaria	29	6.5	6.5	7.8
Secundaria	99	22.1	22.1	29.9
Bachillerato	93	20.8	20.8	50.7
Licenciatura o ingeniería	202	45.1	45.1	95.8
Posgrado	19	4.2	4.2	100.0
Total	448	100.0	100.0	







Ocupación

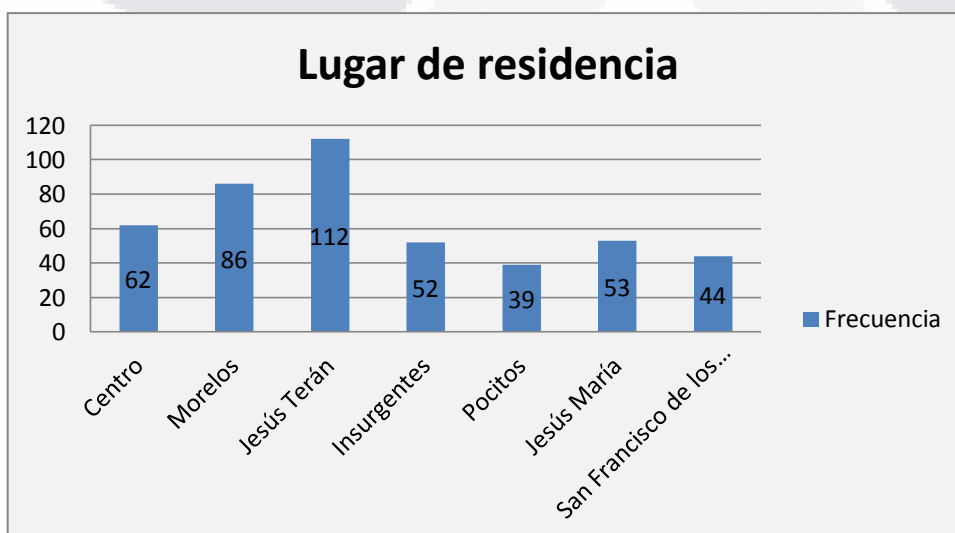
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Abogado	3	.7	.7	.7
Administrativo	3	.7	.7	1.3
Albañil	2	.4	.4	1.8
Ama de casa	13	2.9	2.9	4.7
Analista de expo	1	.2	.2	4.9
Arquitecto	1	.2	.2	5.1
Arquitecto	5	1.1	1.1	6.3
Artesano	1	.2	.2	6.5
Asesora inmobili	1	.2	.2	6.7
Balconero	1	.2	.2	6.9
Bibliotecario	2	.4	.4	7.4
Biólogo	1	.2	.2	7.6
Bolero	1	.2	.2	7.8
Capturista	1	.2	.2	8.0
Cocinero	1	.2	.2	8.3
Comandante	1	.2	.2	8.5
Comerciante	15	3.3	3.3	11.8
Conserje	1	.2	.2	12.1
Constructor	4	.9	.9	12.9
Coord. eventos	1	.2	.2	13.2
Desempleada	2	.4	.4	13.6
Desempleado	1	.2	.2	13.8
Diseñador gráfico	1	.2	.2	14.1
Diseñadora	3	.7	.7	14.7
Docente	2	.4	.4	15.2
Educadora	4	.9	.9	16.1
Electricista	1	.2	.2	16.3
Empleada	18	4.0	4.0	20.3
Empleado	34	7.6	7.6	27.9
Enfermera	2	.4	.4	28.3
Estilista	2	.4	.4	28.8
Estudiante	164	36.6	36.6	65.4
Fisioterapeuta	1	.2	.2	65.6

Ganadero	1	.2	.2	65.8
Gnosticismo	1	.2	.2	66.1
Gobierno	1	.2	.2	66.3
Hogar	36	8.0	8.0	74.3
Ingeniería indus	1	.2	.2	74.6
Ingeniero	6	1.3	1.3	75.9
Ingeniero civil	1	.2	.2	76.1
Ingeniero indust	1	.2	.2	76.3
Intendente	6	1.3	1.3	77.7
Jardinero	1	.2	.2	77.9
Jornalero	1	.2	.2	78.1
Jubilado	2	.4	.4	78.6
Maestra	5	1.1	1.1	79.7
Maestro	4	.9	.9	80.6
Mantenimiento	3	.7	.7	81.3
Mecánico	1	.2	.2	81.5
Médico	2	.4	.4	81.9
Mercadólogo	1	.2	.2	82.1
Mesero	1	.2	.2	82.4
Modista	2	.4	.4	82.8
Mueblero	1	.2	.2	83.0
Nutrióloga	2	.4	.4	83.5
Nutrióloga	1	.2	.2	83.7
Obrera	6	1.3	1.3	85.0
Obrero	5	1.1	1.1	86.2
Operaria	4	.9	.9	87.1
Operario	8	1.8	1.8	88.8
Pasante	1	.2	.2	89.1
Pensionada	2	.4	.4	89.5
Pensionado	2	.4	.4	90.0
Periodista	1	.2	.2	90.2
Procesos	1	.2	.2	90.4
Profesional	3	.7	.7	91.1
Profesionista	1	.2	.2	91.3
Profesor	12	2.7	2.7	94.0
Profesora	7	1.6	1.6	95.5
Psicóloga	1	.2	.2	95.8
Psicoterapeuta	1	.2	.2	96.0

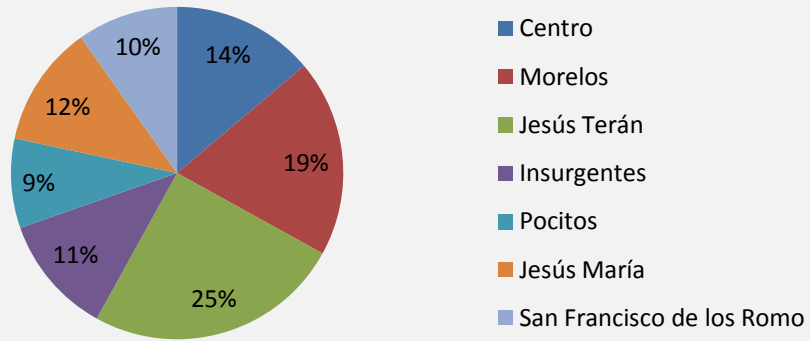
Química	2	.4	.4	96.4
Secretaria	3	.7	.7	97.1
Seguridad	1	.2	.2	97.3
Servidor público	1	.2	.2	97.5
Soldador	2	.4	.4	98.0
Supervisora	1	.2	.2	98.2
Tablajero	1	.2	.2	98.4
Terapeuta	1	.2	.2	98.7
Velador	1	.2	.2	98.9
Ventas	2	.4	.4	99.3
Vigilante	3	.7	.7	100.0
Total	448	100.0	100.0	

### Residencia

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Centro	62	13.8	13.8	13.8
Morelos	86	19.2	19.2	33.0
Jesús Terán	112	25.0	25.0	58.0
Insurgentes	52	11.6	11.6	69.6
Pocitos	39	8.7	8.7	78.3
Jesús María	53	11.8	11.8	90.2
San Francisco de los Romo	44	9.8	9.8	100.0
Total	448	100.0	100.0	



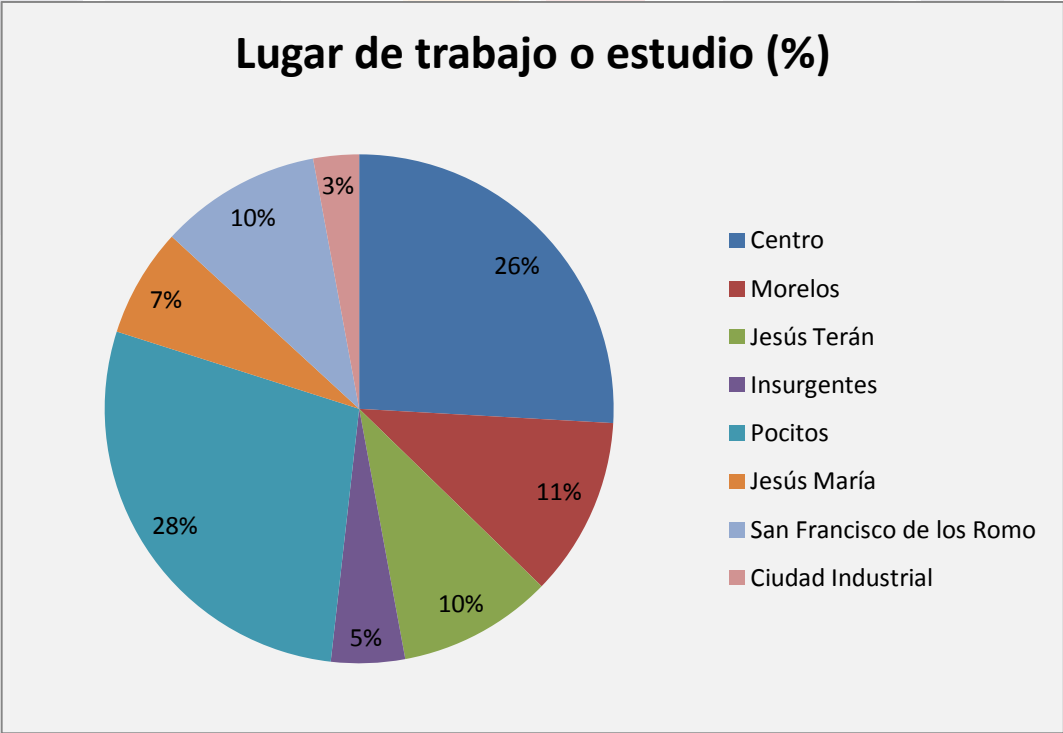
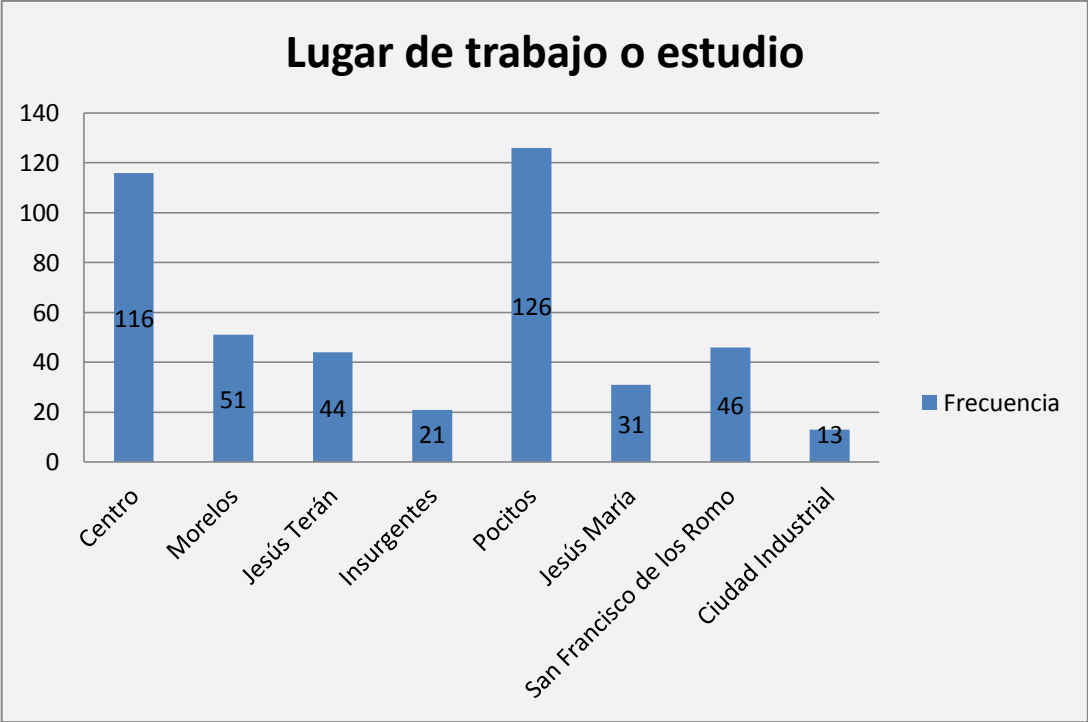
### Lugar de residencia (%)



### Lugar de Trabajo o estudio

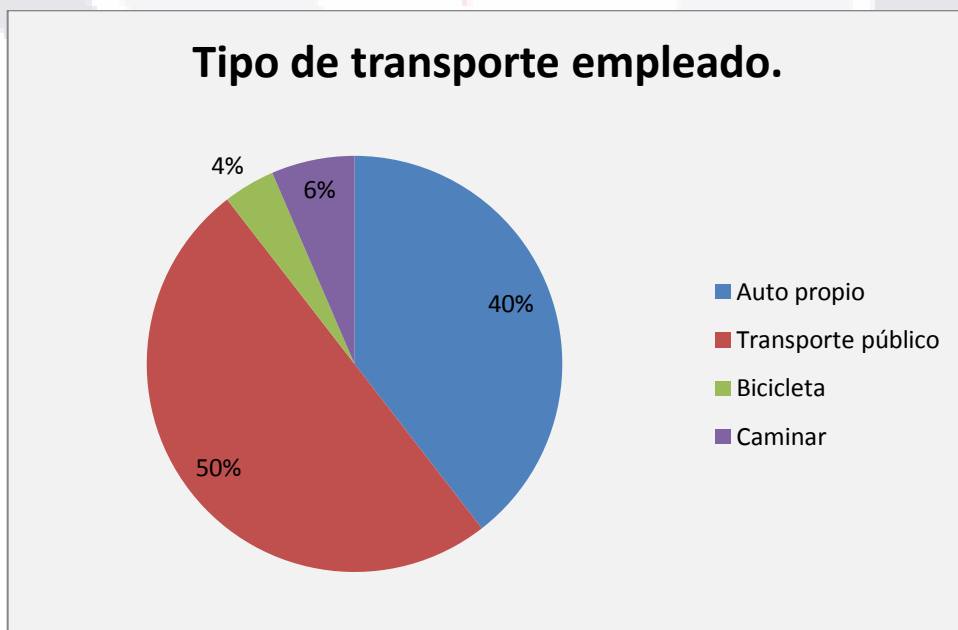
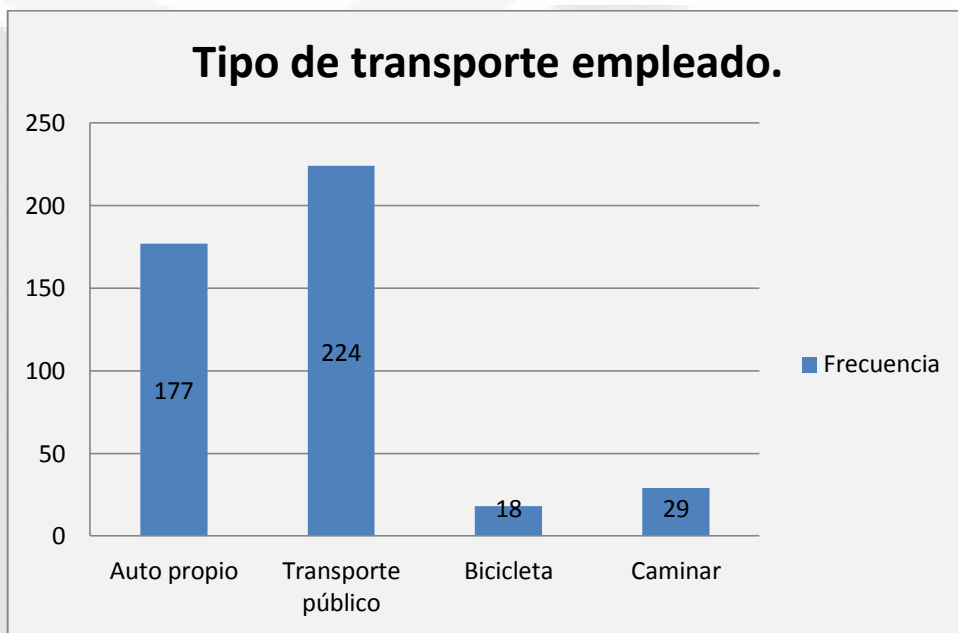
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Centro	116	25.9	25.9	25.9
Morelos	51	11.4	11.4	37.3
Jesús Terán	44	9.8	9.8	47.1
Insurgentes	21	4.7	4.7	51.8
Pocitos	126	28.1	28.1	79.9
Jesús María	31	6.9	6.9	86.8
San Francisco de los Romo	46	10.3	10.3	97.1
Ciudad Industrial	13	2.9	2.9	100.0
Total	448	100.0	100.0	





Tipo de transporte diario

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Auto propio	177	39.5	39.5	39.5
Transporte público	224	50.0	50.0	89.5
Bicicleta	18	4.0	4.0	93.5
Caminar	29	6.5	6.5	100.0
Total	448	100.0	100.0	



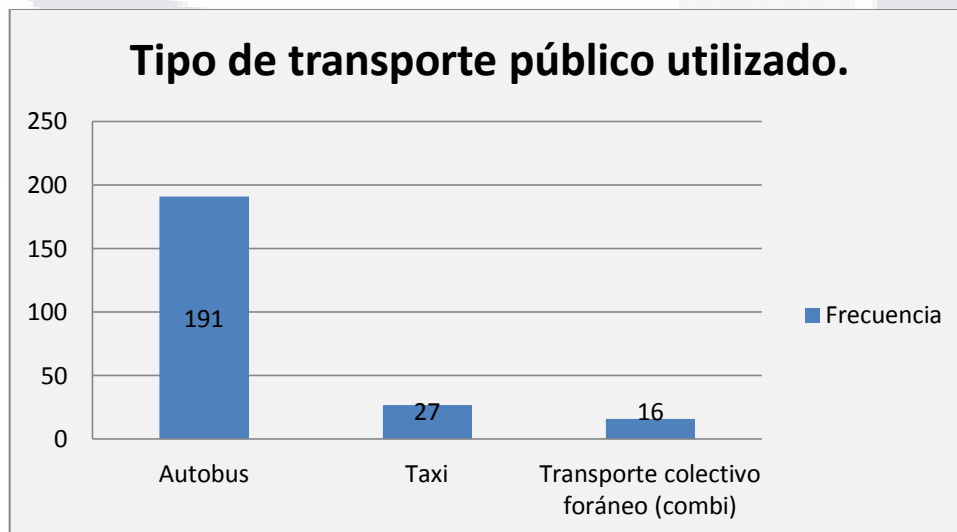
Medio de transporte publico utilizado

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Autobús	191	42.6	42.6	42.6
Taxi	27	6.0	6.0	48.7
Transporte colectivo foráneo (combi)	16	3.6	3.6	52.2
No aplica	214	47.8	47.8	100.0
Total	448	100.0	100.0	

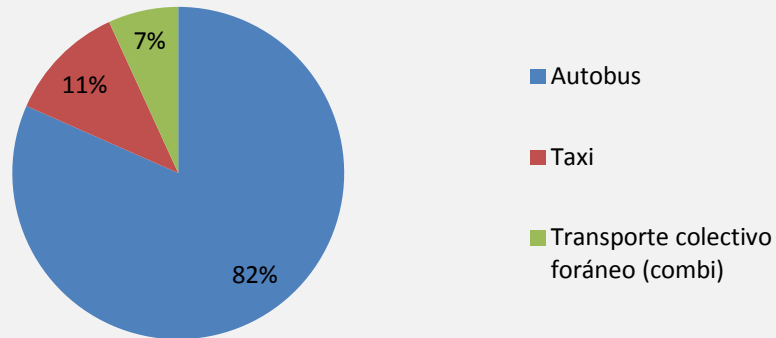
No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Medio de transporte publico utilizado

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Autobús	191	81.6	81.6	81.6
Taxi	27	11.5	11.5	93.2
Transporte colectivo foráneo (combi)	16	6.8	6.8	100.0
Total	234	100	100	



### Tipo de transporte público utilizado.



### Gasto diario en transporte publico

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
\$No aplica	242	54.0	54.0	54.0
\$2.5	1	.2	.2	54.2
\$5.0	8	1.8	1.8	56.0
\$6.0	2	.4	.4	56.5
\$10.0	10	2.2	2.2	58.7
\$12.0	77	17.2	17.2	75.9
\$12.5	1	.2	.2	76.1
\$13.0	1	.2	.2	76.3
\$13.5	1	.2	.2	76.6
\$14.0	1	.2	.2	76.8
\$15.0	1	.2	.2	77.0
\$18.0	11	2.5	2.5	79.5
\$20.0	9	2.0	2.0	81.5
\$24.0	25	5.6	5.6	87.1
\$25.0	2	.4	.4	87.5
\$26.0	1	.2	.2	87.7
\$28.0	1	.2	.2	87.9
\$30.0	10	2.2	2.2	90.2
\$31.0	1	.2	.2	90.4
\$34.0	1	.2	.2	90.6
\$36.0	2	.4	.4	91.1
\$40.0	3	.7	.7	91.7

\$45.0	1	.2	.2	92.0
\$48.0	1	.2	.2	92.2
\$50.0	18	4.0	4.0	96.2
\$60.0	6	1.3	1.3	97.5
\$67.0	1	.2	.2	97.8
\$70.0	1	.2	.2	98.0
\$80.0	1	.2	.2	98.2
\$84.0	1	.2	.2	98.4
\$96.0	1	.2	.2	98.7
\$100.0	4	.9	.9	99.6
\$140.0	1	.2	.2	99.8
\$150.0	1	.2	.2	100.0
Total	448	100.0	100.0	

Tiempo promedio de espera en cada viaje

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
De 0 a 5 minutos	26	5.8	5.8	5.8
De 5 a 10 minutos	38	8.5	8.5	14.3
De 10 a 15 minutos	44	9.8	9.8	24.1
De 15 a 20 minutos	33	7.4	7.4	31.5
Más de 20 minutos	91	20.3	20.3	51.8
No aplica	216	48.2	48.2	100.0
Total	448	100.0	100.0	

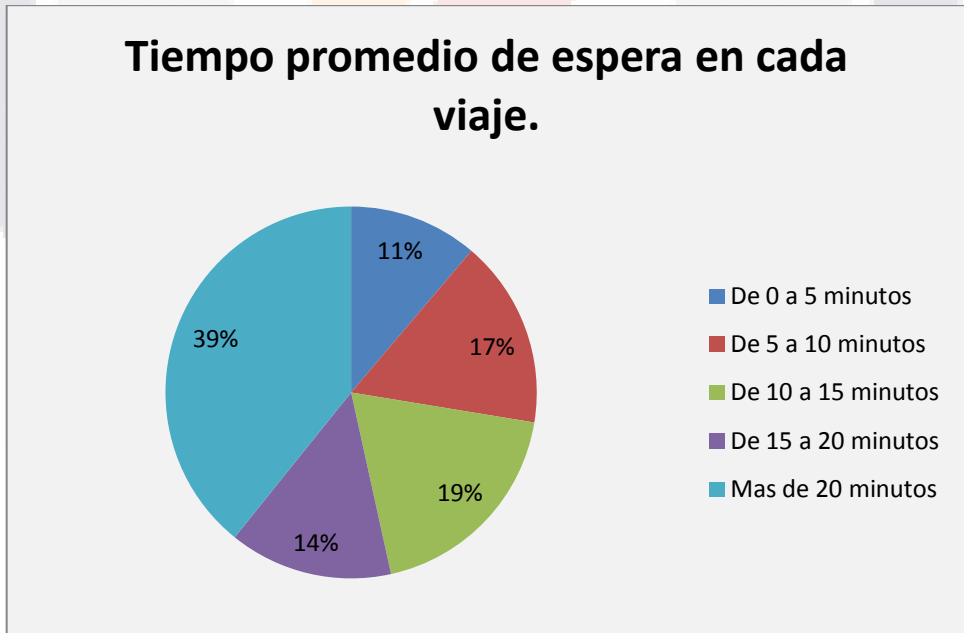
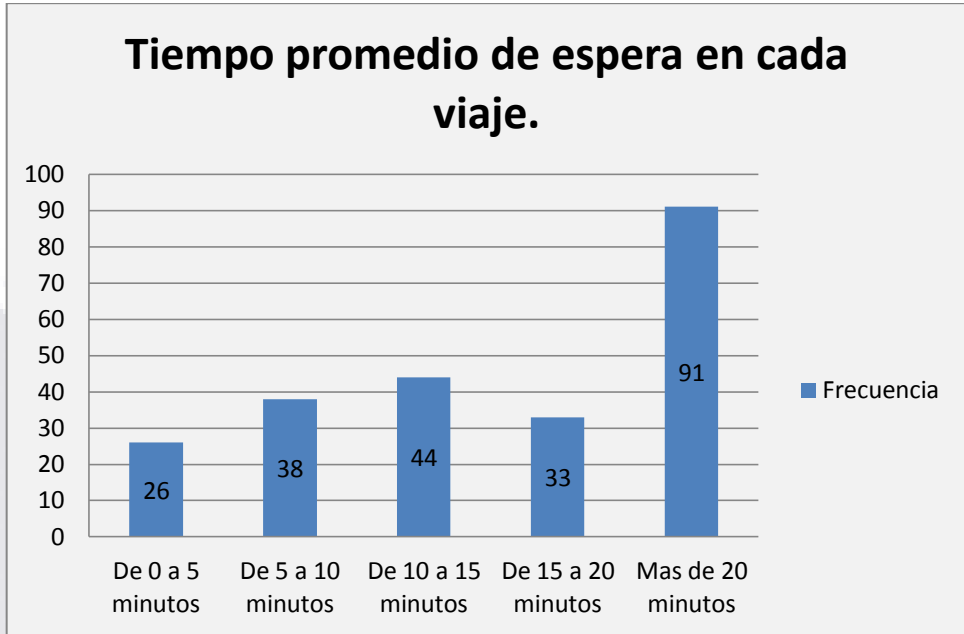
No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Tiempo promedio de espera en cada viaje

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
De 0 a 5 minutos	26	11	11	11
De 5 a 10 minutos	38	16	16	28
De 10 a 15 minutos	44	19	19	47
De 15 a 20 minutos	33	14	14	61



Más de 20 minutos	91	39	39	100
Total	232	100	100	



### Tiempo de llegar a tu destino en transporte

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
No aplica	216	48.2	48.2	48.2
5	4	.9	.9	49.1
6	1	.2	.2	49.3
7	2	.4	.4	49.8
10	22	4.9	4.9	54.7
15	31	6.9	6.9	61.6
20	31	6.9	6.9	68.5
25	7	1.6	1.6	70.1
30	38	8.5	8.5	78.6
35	6	1.3	1.3	79.9
40	29	6.5	6.5	86.4
45	17	3.8	3.8	90.2
50	2	.4	.4	90.6
60	34	7.6	7.6	98.2
90	6	1.3	1.3	99.6
100	1	.2	.2	99.8
120	1	.2	.2	100.0
Total	448	100.0	100.0	

No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

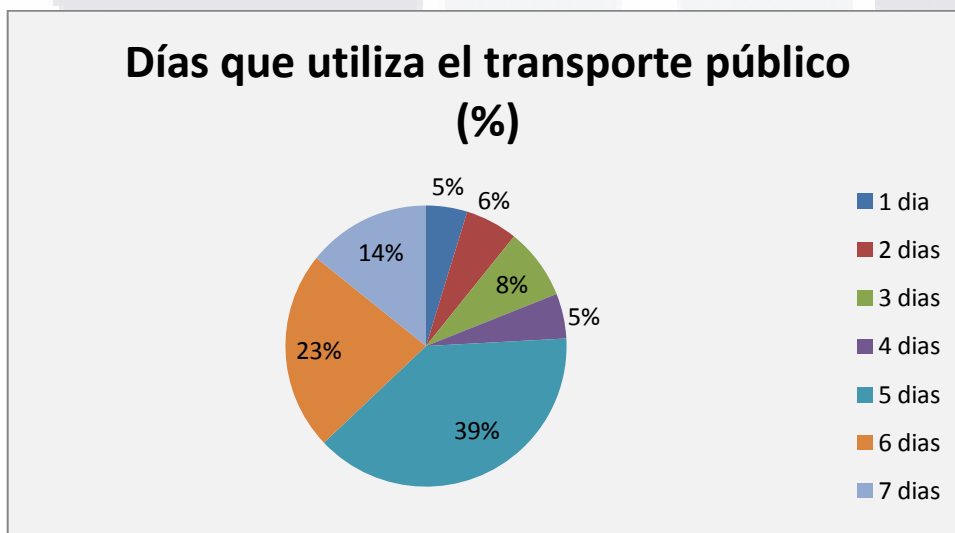
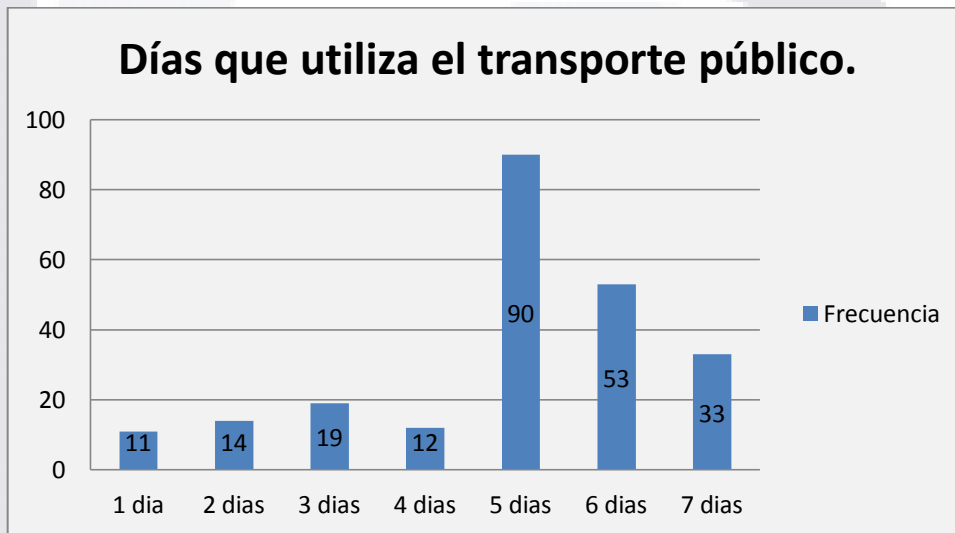
### Días a la semana que utiliza transporte publico

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
1 día	11	2.5	2.5	2.5
2 días	14	3.1	3.1	5.6
3 días	19	4.2	4.2	9.8
4 días	12	2.7	2.7	12.5
5 días	90	20.1	20.1	32.6
6 días	53	11.8	11.8	44.4
7 días	33	7.4	7.4	51.8
No aplica	216	48.2	48.2	100.0
Total	448	100.0	100.0	

No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Días a la semana que utiliza transporte publico

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
1 día	11	5	5	5
2 días	14	6	6	11
3 días	19	8	8	19
4 días	12	5	5	24
5 días	90	39	39	63
6 días	53	23	23	86
7 días	33	14	14	100
Total	232	100	100	



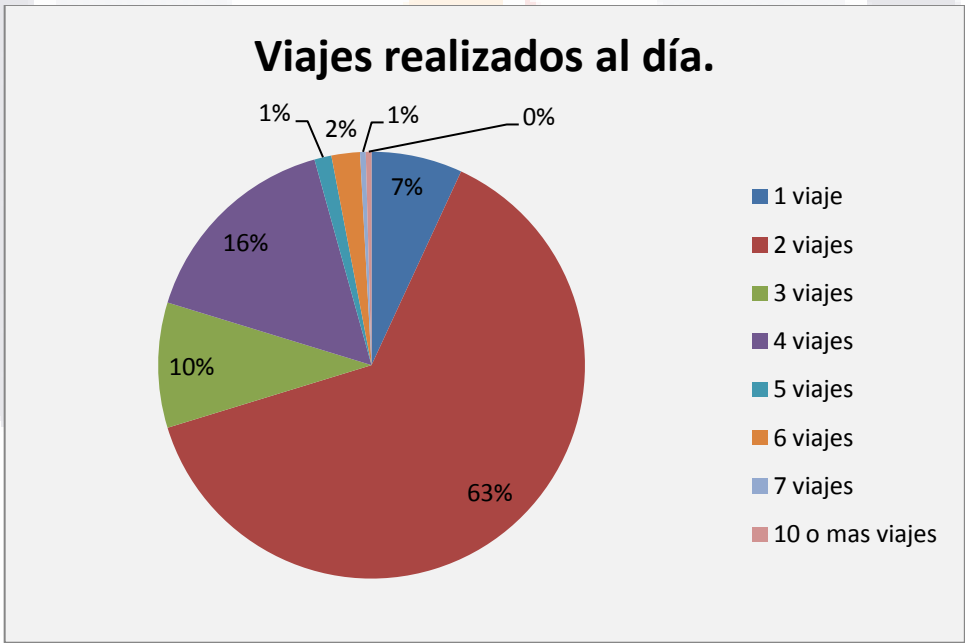
Viajes realizados al día

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
1 viaje	16	3.6	3.6	3.6
2 viajes	147	32.8	32.8	36.4
3 viajes	22	4.9	4.9	41.3
4 viajes	37	8.3	8.3	49.6
5 viajes	3	.7	.7	50.2
6 viajes	5	1.1	1.1	51.3
7 viajes	1	.2	.2	51.6
10 o más viajes	1	.2	.2	51.8
No aplica	216	48.2	48.2	100.0
Total	448	100.0	100.0	

No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Viajes realizados al día

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
1 viaje	16	7	7	7
2 viajes	147	63	63	70
3 viajes	22	9	9	80
4 viajes	37	16	16	96
5 viajes	3	1	1	97
6 viajes	5	2	2	99
7 viajes	1	0.431	0.431	99.57
10 o más viajes	1	0.431	0.431	100.00
Total	232	100	100	





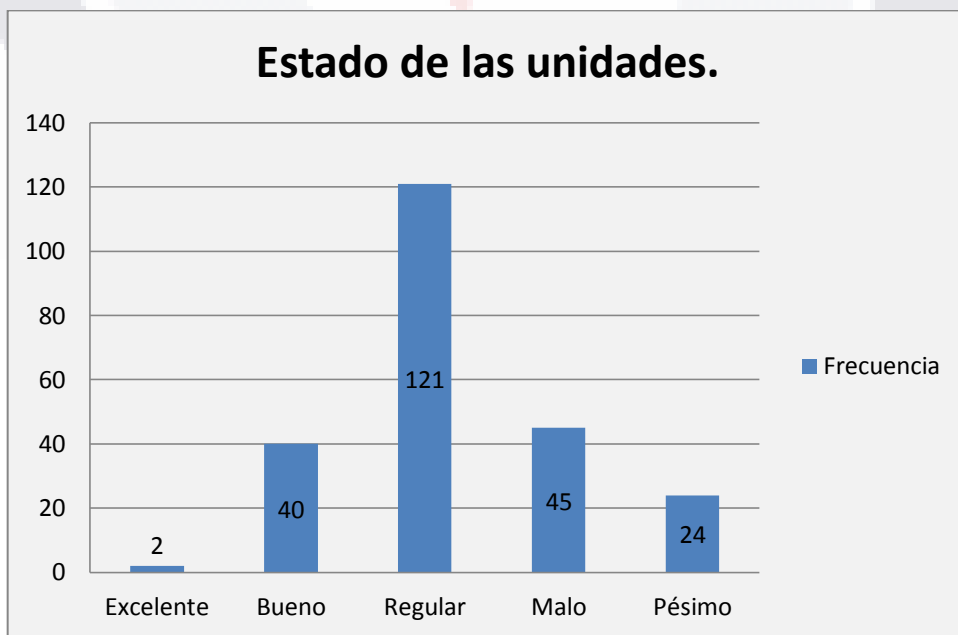
El estado de unidades

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Excelente	2	.4	.4	.4
Bueno	40	8.9	8.9	9.4
Regular	121	27.0	27.0	36.4
Malo	45	10.0	10.0	46.4
Pésimo	24	5.4	5.4	51.8
No aplica	216	48.2	48.2	100.0
Total	448	100.0	100.0	

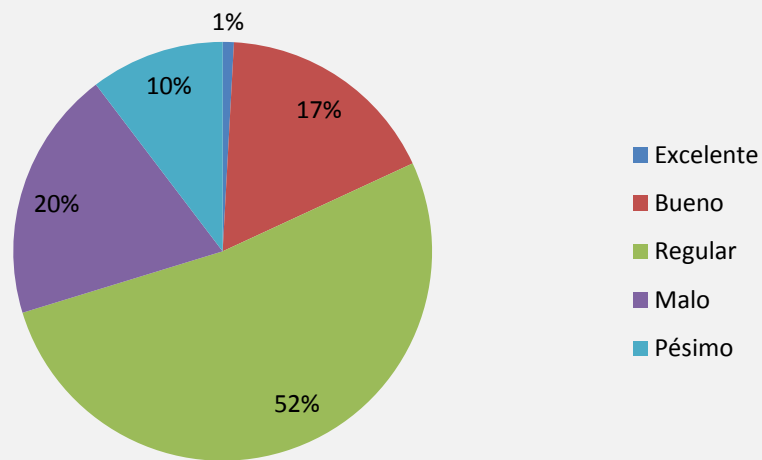
No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

El estado de unidades

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Excelente	2	1	1	1
Bueno	40	17	17	18
Regular	121	52	52	70
Malo	45	19	19	90
Pésimo	24	10	10	100
Total	232	100	100	



### Estado de las unidades.



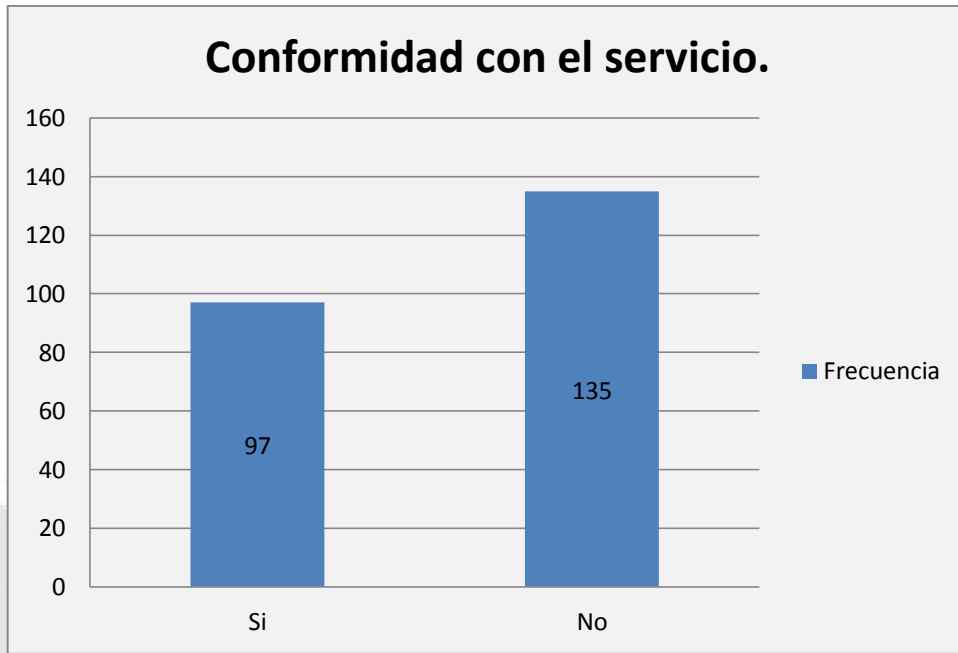
#### Conformidad con el servicio

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
No aplica	216	48.2	48.2	48.2
Si	97	21.7	21.7	69.9
No	135	30.1	30.1	100.0
Total	448	100.0	100.0	

No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

#### Conformidad con el servicio

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Si	97	42	42	42
No	135	58	58	100
Total	232	100	100	



**¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por transporte público eficiente?**

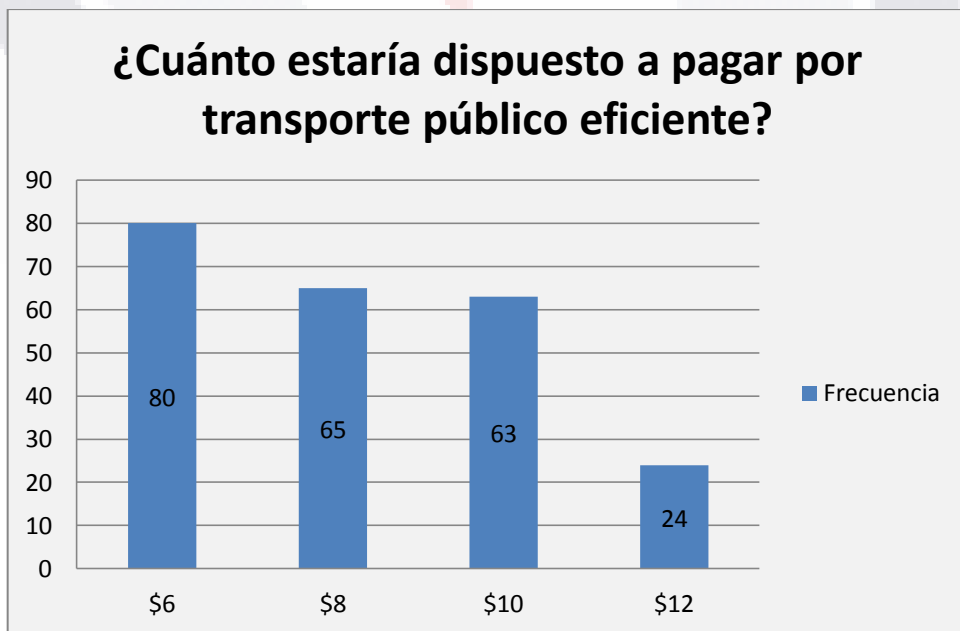
Pago por transporte público eficiente

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
\$No aplica	216	48.2	48.2	48.2
\$6	80	17.9	17.9	66.1
\$8	65	14.5	14.5	80.6
\$10	63	14.1	14.1	94.6
\$12	24	5.4	5.4	100.0
Total	448	100.0	100.0	

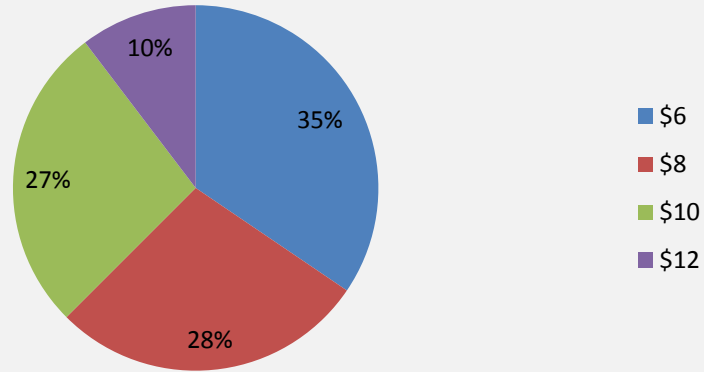
No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Pago por transporte público eficiente

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
\$6	80	34	34	34
\$8	65	28	28	63
\$10	63	27	27	90
\$12	24	10	10	100
Total	232	100	100	



### ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por transporte público eficiente? (%)



### ¿Ha utilizado transporte público en otra ciudad?

Utilizó transporte público en otra ciudad

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
No aplica	216	48.2	48.2	48.2
Si	138	30.8	30.8	79.0
No	94	21.0	21.0	100.0
Total	448	100.0	100.0	

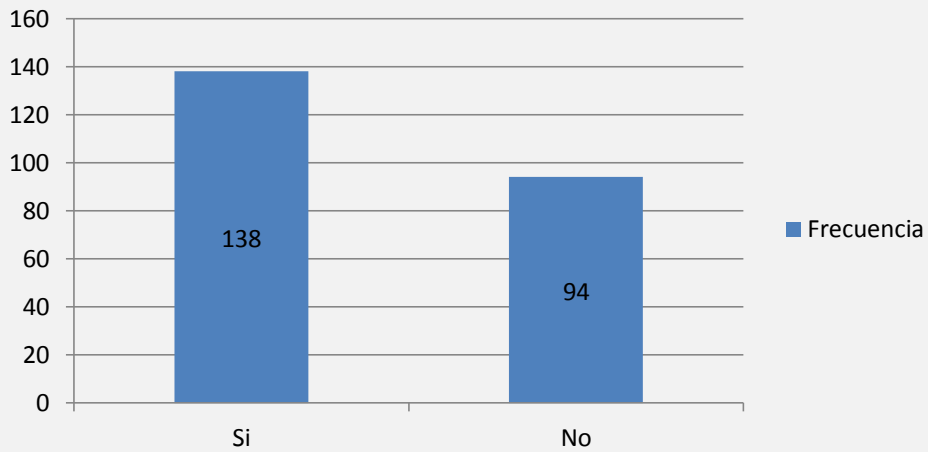
No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Utilizó transporte público en otra ciudad

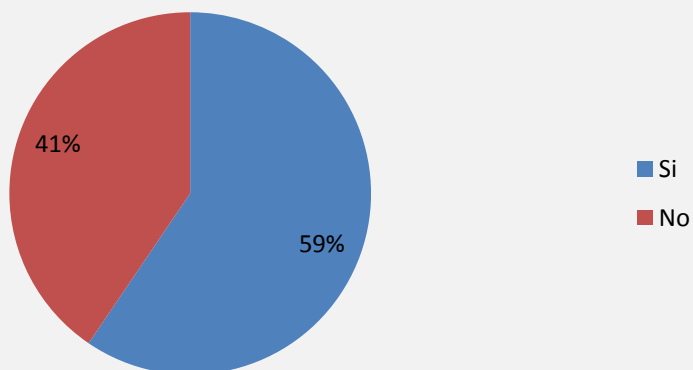
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Si	138	59	59	59
No	94	41	41	100
Total	232	100	100	



### ¿Ha utilizado transporte público en otra ciudad?



### ¿Ha utilizado transporte público en otra ciudad?



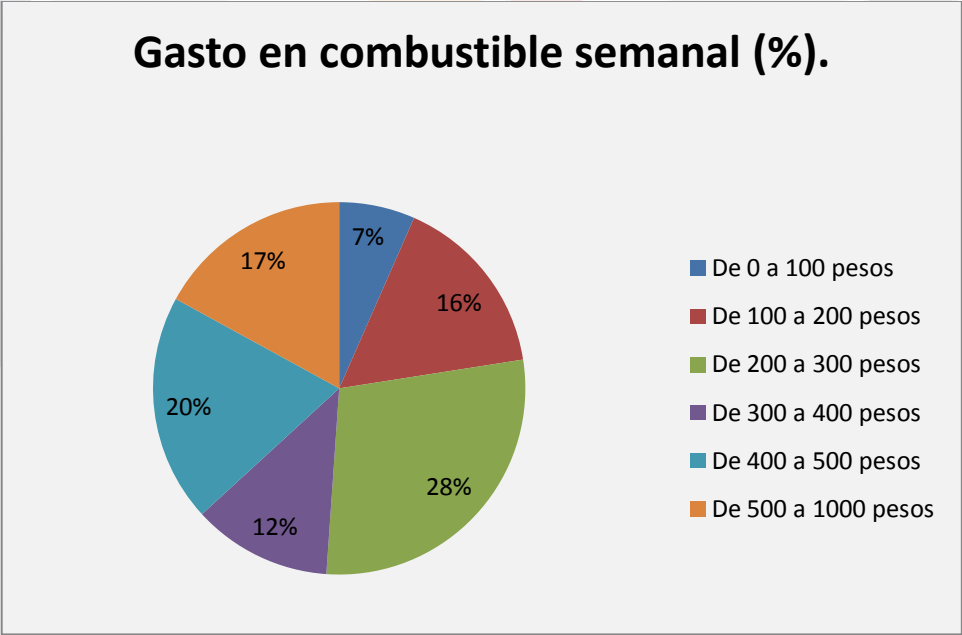
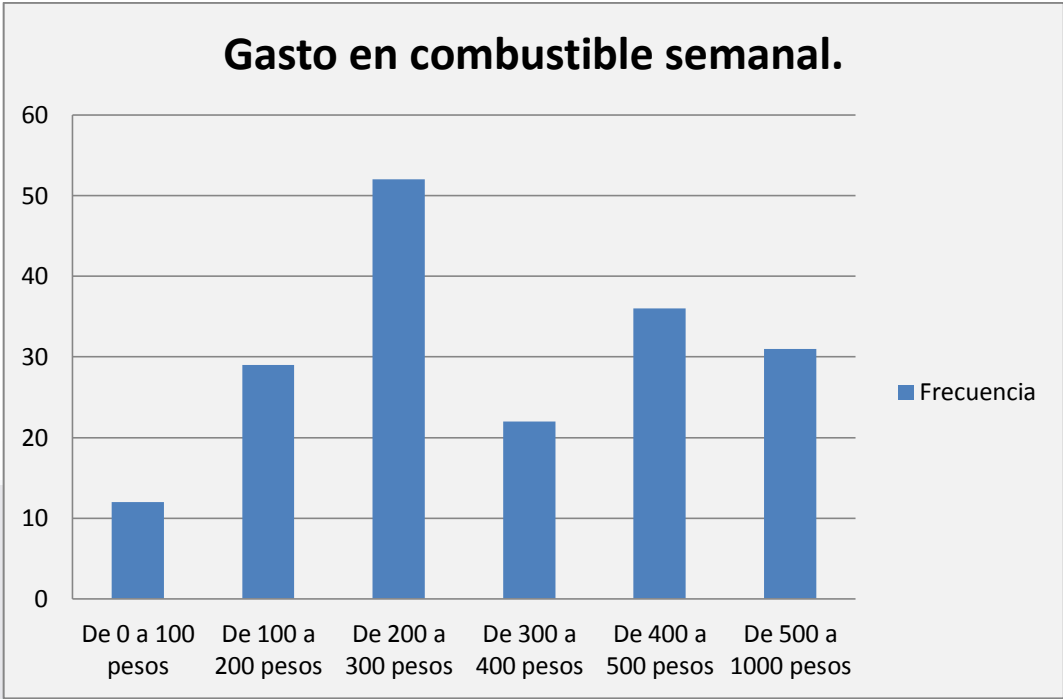
Gasto en combustible semanal

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
De 0 a 100 pesos	12	2.7	2.7	2.7
De 100 a 200 pesos	29	6.5	6.5	9.2
De 200 a 300 pesos	52	11.6	11.6	20.8
De 300 a 400 pesos	22	4.9	4.9	25.7
De 400 a 500 pesos	36	8.0	8.0	33.7
De 500 a 1000 pesos	31	6.9	6.9	40.6
No aplica	266	59.4	59.4	100.0
Total	448	100.0	100.0	

No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Gasto en combustible semanal

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
De 0 a 100 pesos	12	7	7	7
De 100 a 200 pesos	29	16	16	23
De 200 a 300 pesos	52	29	29	51
De 300 a 400 pesos	22	12	12	63
De 400 a 500 pesos	36	20	20	83
De 500 a 1000 pesos	31	17	17	100
Total	182	100	100	



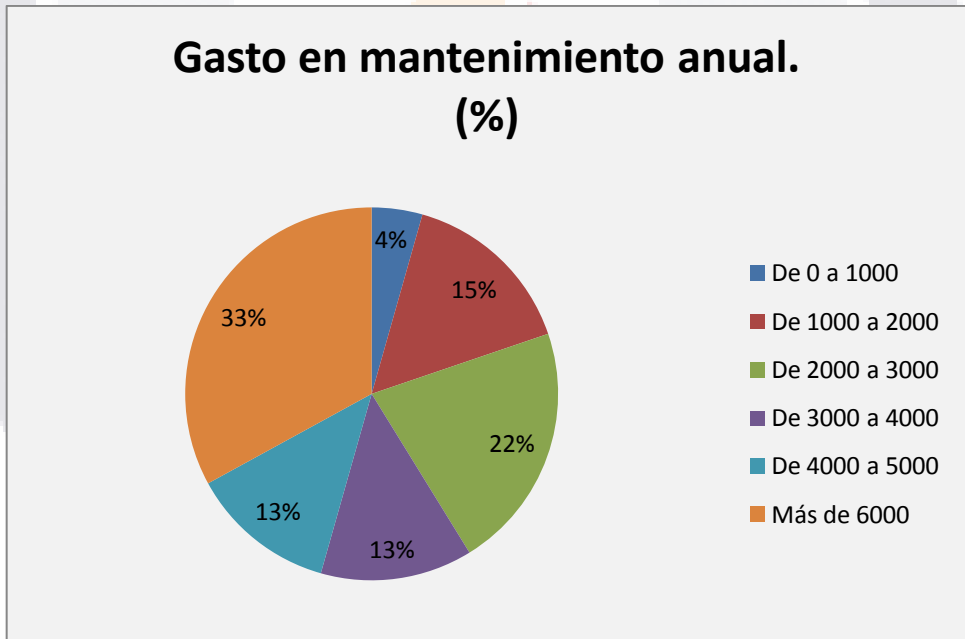
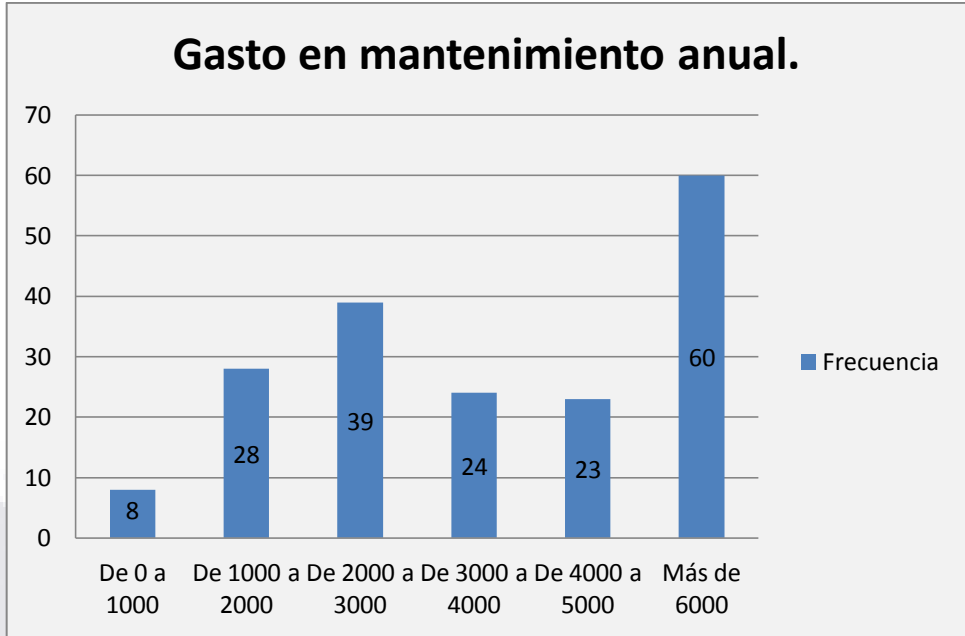
Gasto mantenimiento anual

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
De 0 a 1000	8	1.8	1.8	1.8
De 1000 a 2000	28	6.3	6.3	8.0
De 2000 a 3000	39	8.7	8.7	16.7
De 3000 a 4000	24	5.4	5.4	22.1
De 4000 a 5000	23	5.1	5.1	27.2
Más de 6000	60	13.4	13.4	40.6
No aplica	266	59.4	59.4	100.0
Total	448	100.0	100.0	

No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Gasto mantenimiento anual

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
De 0 a 1000	8	4	4	4
De 1000 a 2000	28	15	15	20
De 2000 a 3000	39	21	21	41
De 3000 a 4000	24	13	13	54
De 4000 a 5000	23	13	13	67
Más de 6000	60	33	33	100
Total	182	100	100	





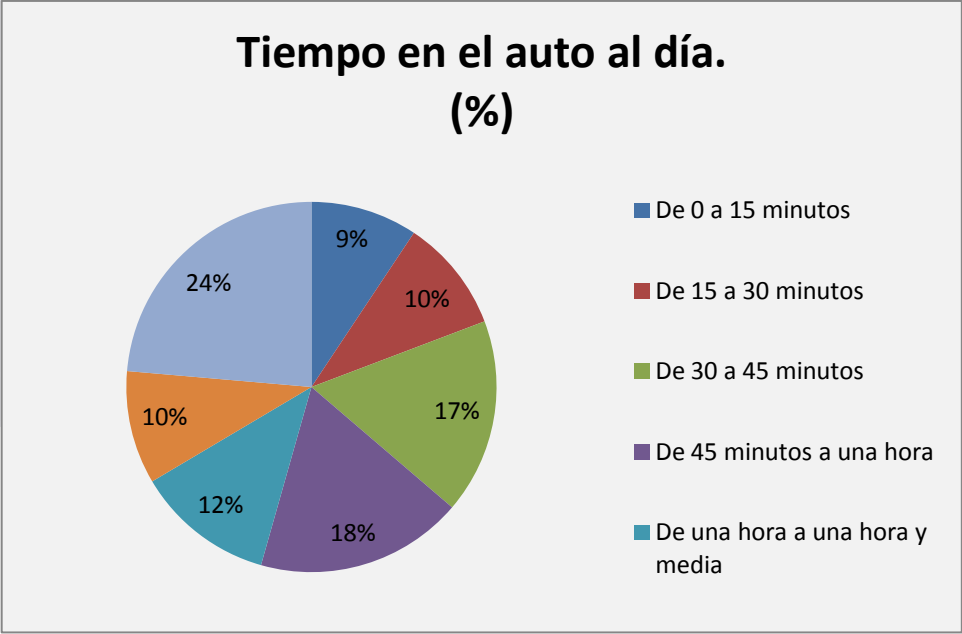
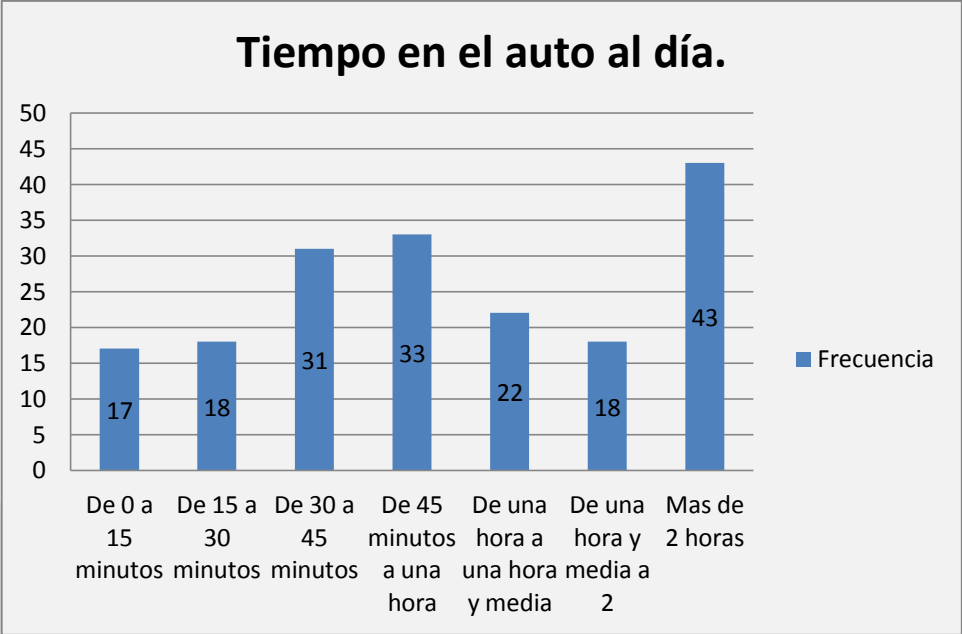
Tiempo en el auto al día

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
De 0 a 15 minutos	17	3.8	3.8	3.8
De 15 a 30 minutos	18	4.0	4.0	7.8
De 30 a 45 minutos	31	6.9	6.9	14.7
De 45 minutos a una hora	33	7.4	7.4	22.1
De una hora a una hora y media	22	4.9	4.9	27.0
De una hora y media a 2	18	4.0	4.0	31.0
Más de 2 horas	43	9.6	9.6	40.6
No aplica	266	59.4	59.4	100.0
Total	448	100.0	100.0	

No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Tiempo en el auto al día

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
De 0 a 15 minutos	17	9	9	9
De 15 a 30 minutos	18	10	10	19
De 30 a 45 minutos	31	17	17	36
De 45 minutos a una hora	33	18	18	54
De una hora a una hora y media	22	12	12	66
De una hora y media a 2	18	10	10	76
Más de 2 horas	43	24	24	100
Total	182	100	100	



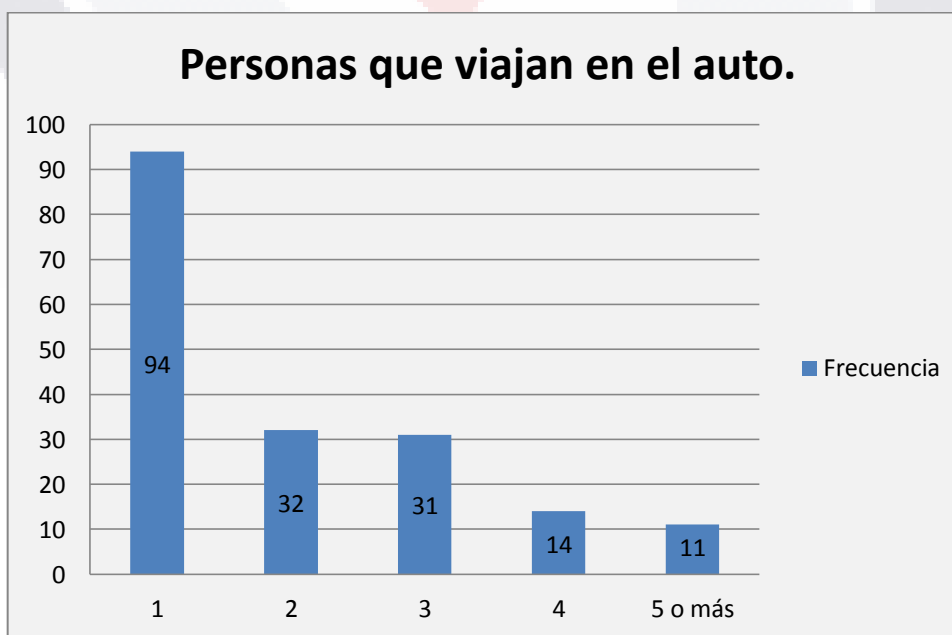
Personas que viajan en el auto

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
1	94	21.0	21.0	21.0
2	32	7.1	7.1	28.1
3	31	6.9	6.9	35.0
4	14	3.1	3.1	38.2
5 o más	11	2.5	2.5	40.6
No aplica	266	59.4	59.4	100.0
Total	448	100.0	100.0	

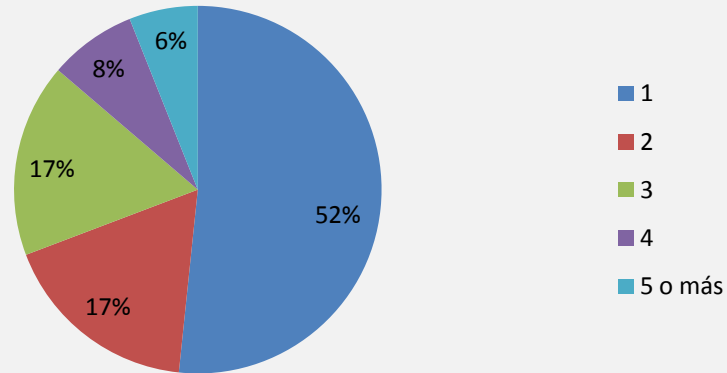
No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

Personas que viajan en el auto

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
1	94	52	52	52
2	32	18	18	69
3	31	17	17	86
4	14	8	8	94
5 o más	11	6	6	100
Total	182	100	100	



### Personas que viajan en el auto. (%)



#### Días a la semana de uso

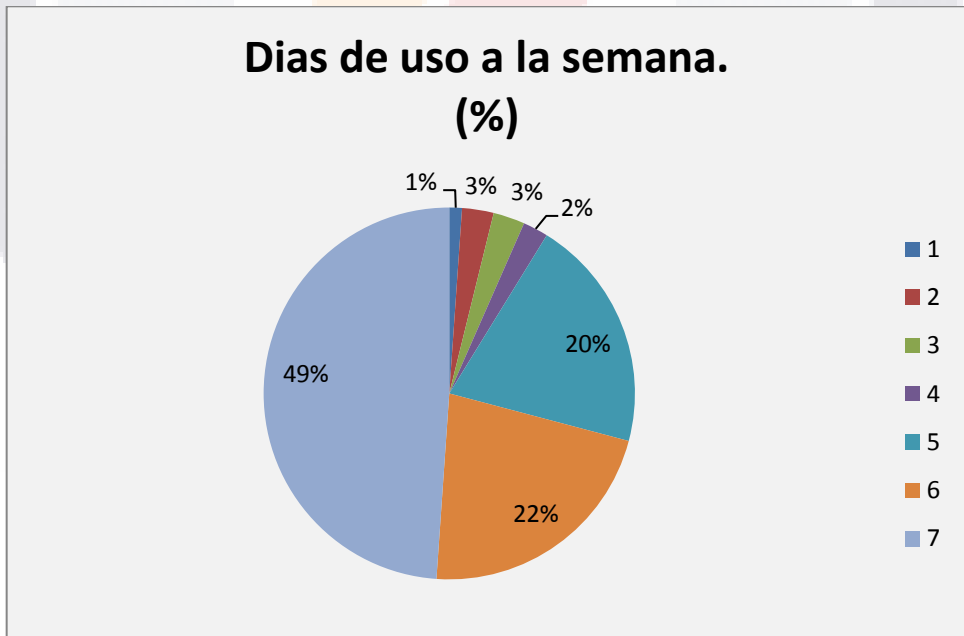
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
1	2	.4	.4	.4
2	5	1.1	1.1	1.6
3	5	1.1	1.1	2.7
4	4	.9	.9	3.6
5	37	8.3	8.3	11.8
6	40	8.9	8.9	20.8
7	89	19.9	19.9	40.6
No aplica	266	59.4	59.4	100.0
Total	448	100.0	100.0	

No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

#### Días a la semana de uso

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
1	2	1	1	1
2	5	3	3	4
3	5	3	3	7
4	4	2	2	9
5	37	20	20	29
6	40	22	22	51

7	89	49	49	100
Total	182	100	100	



**¿Cambiaría el uso de auto propio por transporte público?**

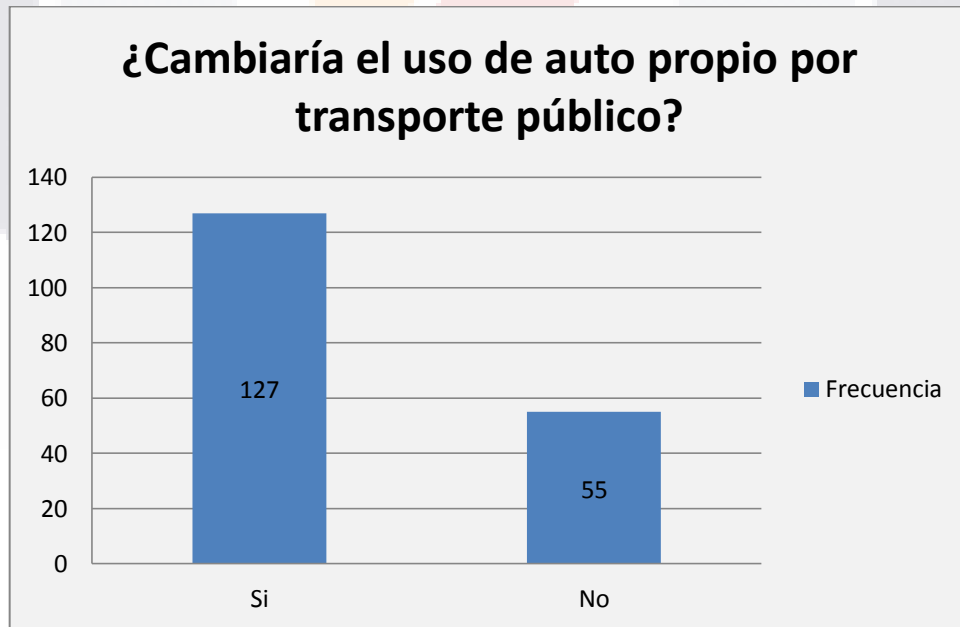
Cambio por transporte publico

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Si	127	28.3	28.3	28.3
No	55	12.3	12.3	40.6
No aplica	266	59.4	59.4	100.0
Total	448	100.0	100.0	

No aplica se refiere a las personas que no utilizan el transporte público como medio de transporte

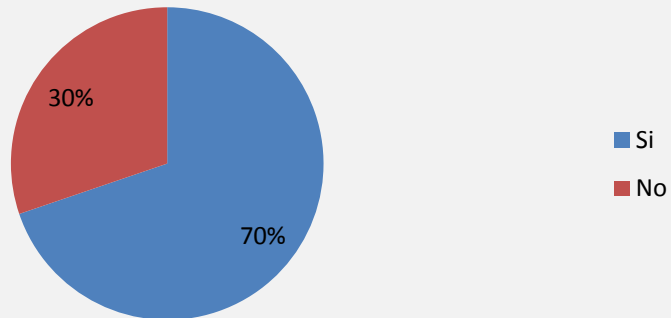
Cambio por transporte publico

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Valido	Porcentaje Acumulativo
Si	127	70	70	70
No	55	30	30	100
Total	182	100	100	





**¿Cambiaría el uso de auto propio por  
transporte público?  
(%)**



## ANEXO C: TABLA DE FRECUENCIAS DE MOVIMIENTOS PENDULARES EN LA ZONA METROPOLITANA DE AGUASCALIENTES

Con la información obtenida de las encuestas e realizó la siguiente tabla de frecuencias para el análisis y manejo de la información referente a la movilidad de la población.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Total	Viajes	%
1 a 1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x													14	22,579	3.15	
1 a 2	x	x	x	x																								4	6,639	0.90
1 a 3	x	x	x	x																								4	6,639	0.90
1 a 4	x	x																										2	3,319	0.45
1 a 5	x																											1	4,795	0.22
1 a 6	x	x	x	x																								4	6,639	0.90
1 a 7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x														13	17,851	2.92
1 a 8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x												16	26,555	3.60
1 a 9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x									20	33,120	4.49
1 a 10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x										19	31,497	4.27
1 a 11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x														14	23,236	3.15
1 a 12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x														16	26,998	3.60
1 a 13	x	x	x																									3	4,942	0.67
1 a 14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x											18	29,801	4.04
1 a 15	x	x	x	x																								4	6,639	0.90
1 a 16	x	x	x																									3	4,942	0.67
2 a 2																												0	-	-
2 a 3																												0	-	-
2 a 4	x																											1	1,623	0.22
2 a 5																												0	-	-
2 a 6	x																											1	1,623	0.22
2 a 7																												0	-	-
2 a 8	x																											1	1,623	0.22
2 a 9	x	x	x	x	x	x	x	x	x																			9	14,900	2.02
2 a 10	x	x																										2	3,319	0.45
2 a 11																												0	-	-
2 a 12	x																											1	1,623	0.22
2 a 13																												0	-	-

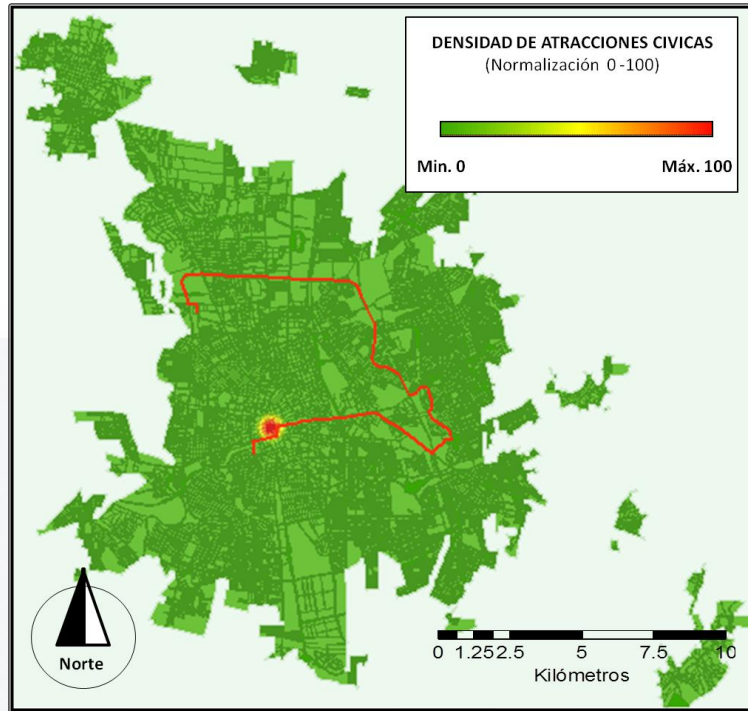




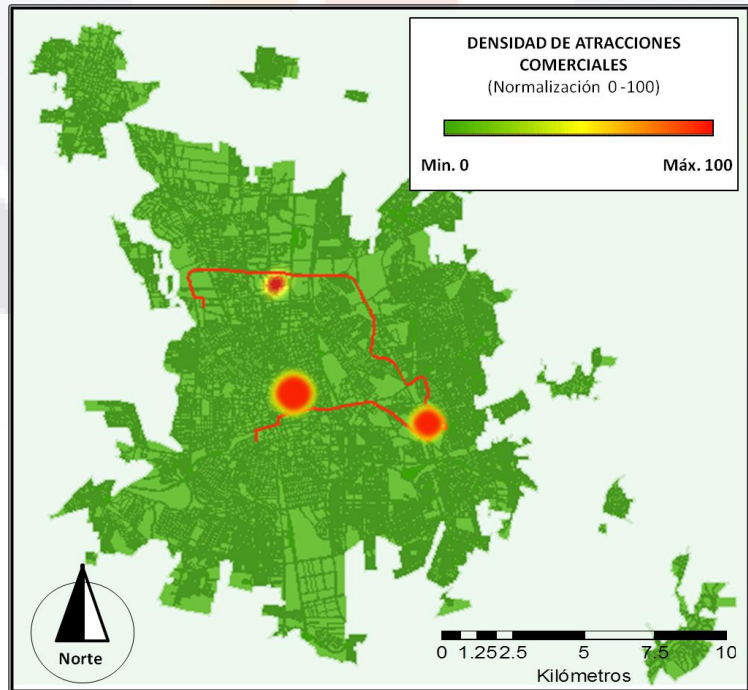


### ANEXO D: DENSIDAD DE KERNEL PARA LOS EQUIPAMIENTOS

Densidad de equipamiento cívico

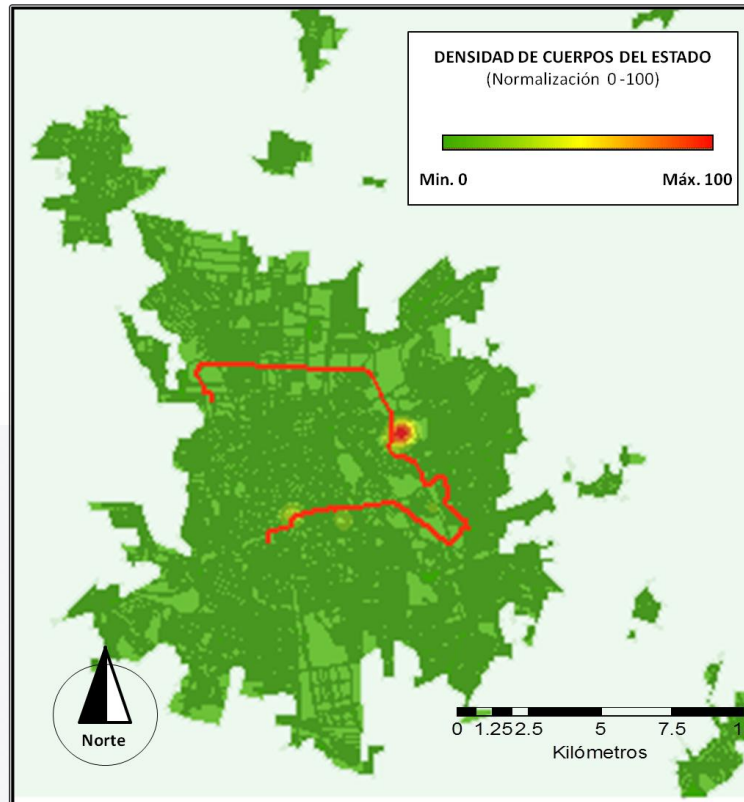


Densidad de equipamiento comercial

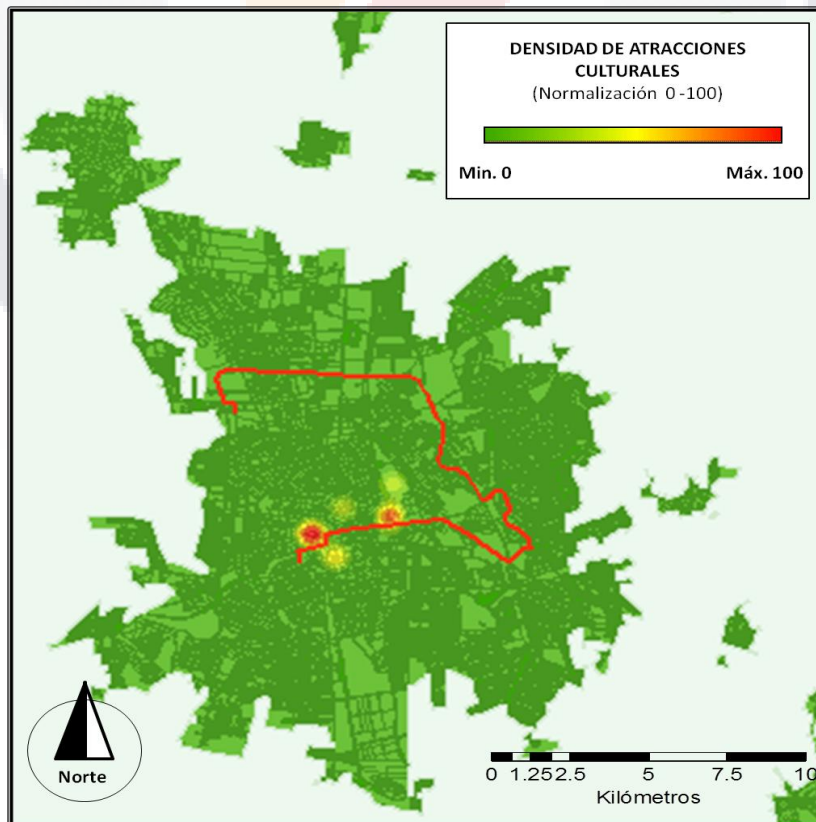




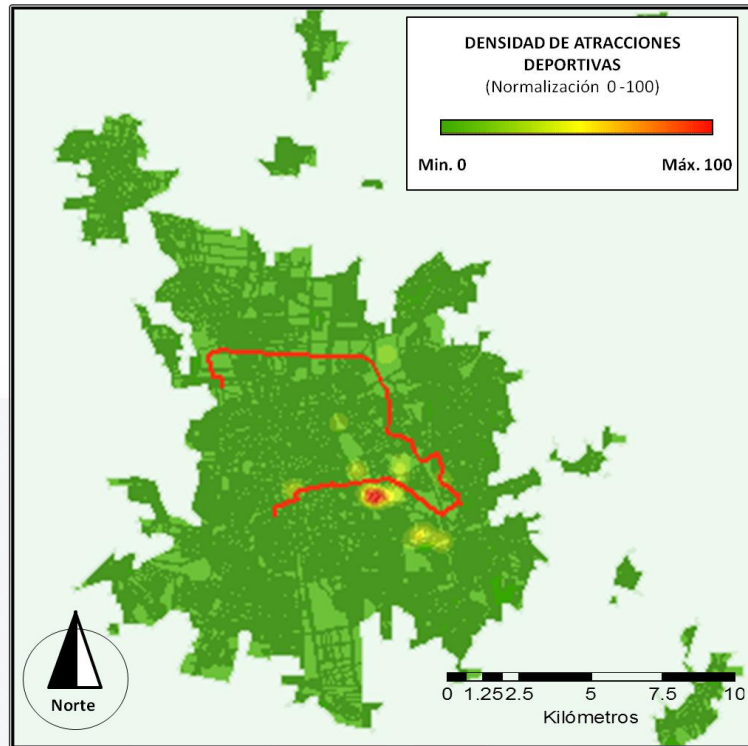
### Densidad de Cuerpos del Estado



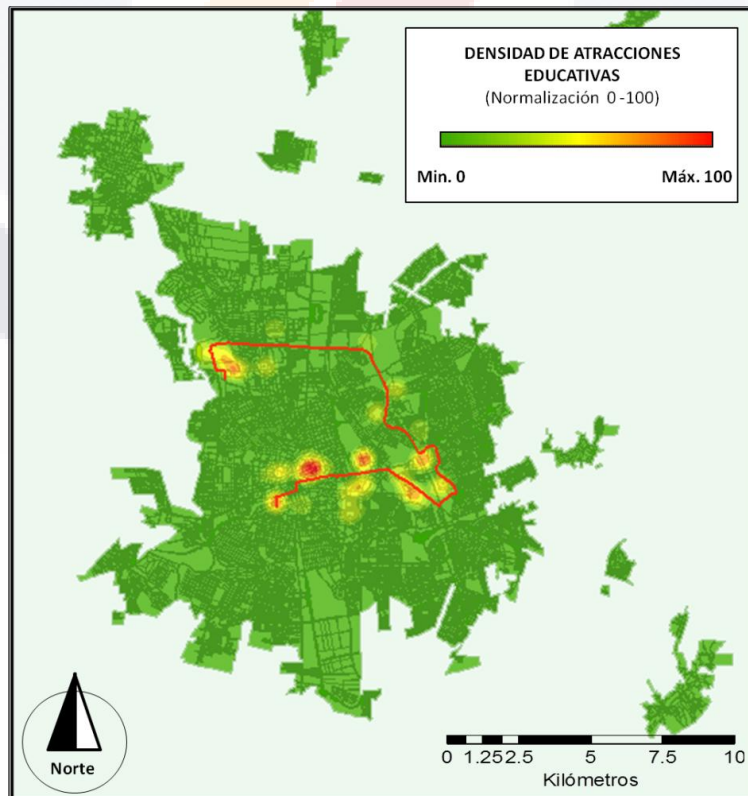
### Densidad de equipamiento cultural



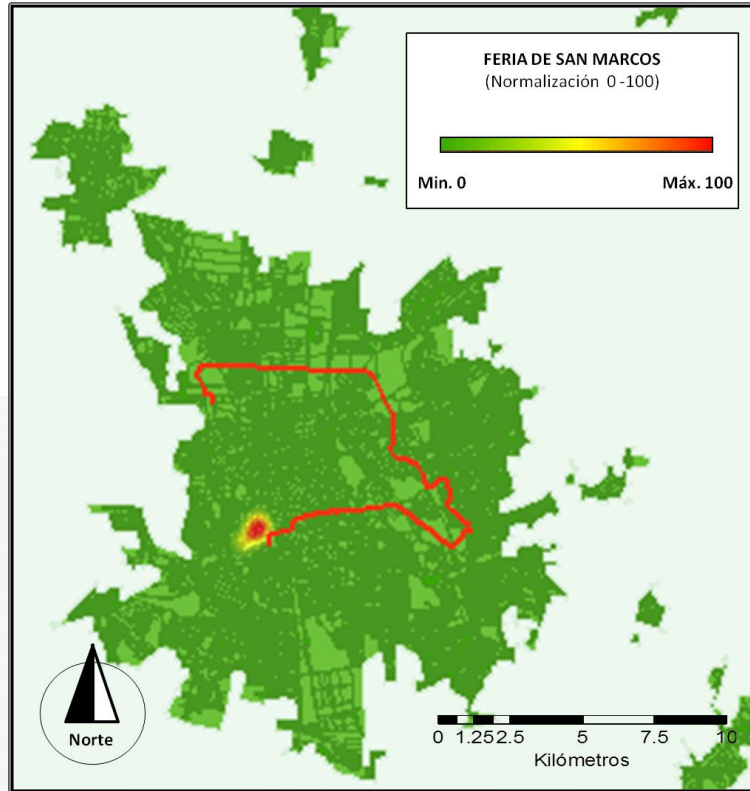
Densidad de equipamiento deportivo



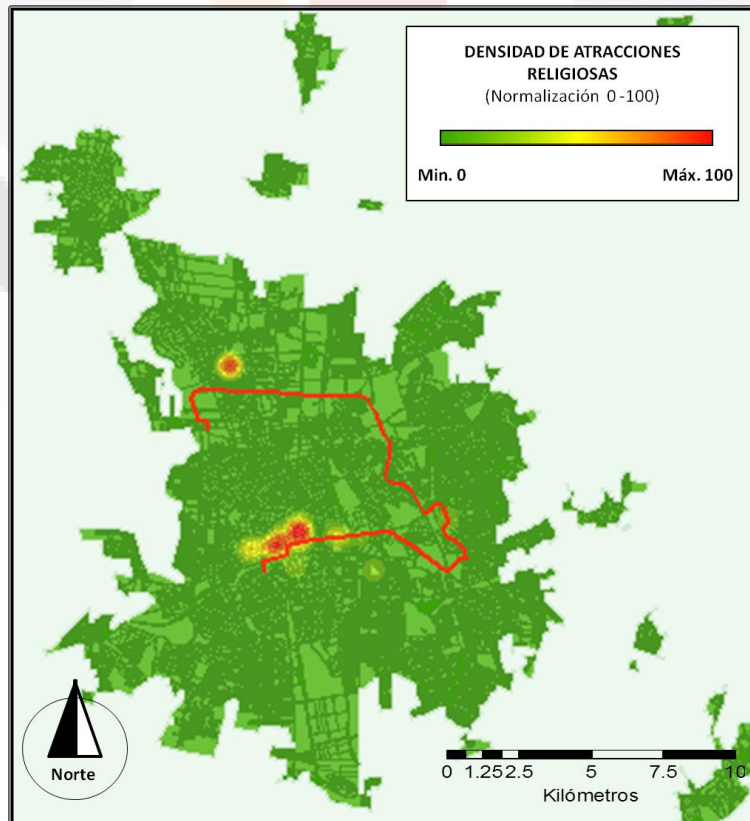
Densidad de equipamiento educativo



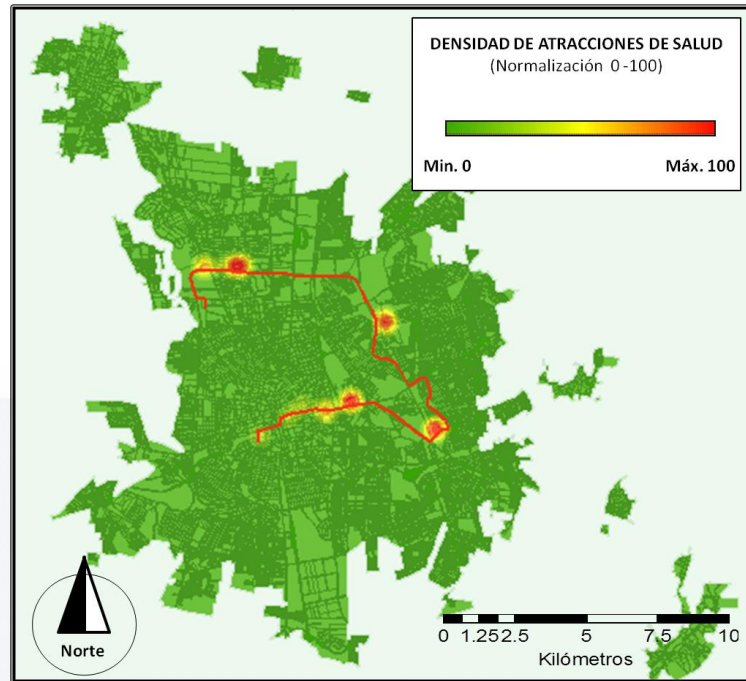
Feria de San Marcos



Densidad de equipamiento religioso

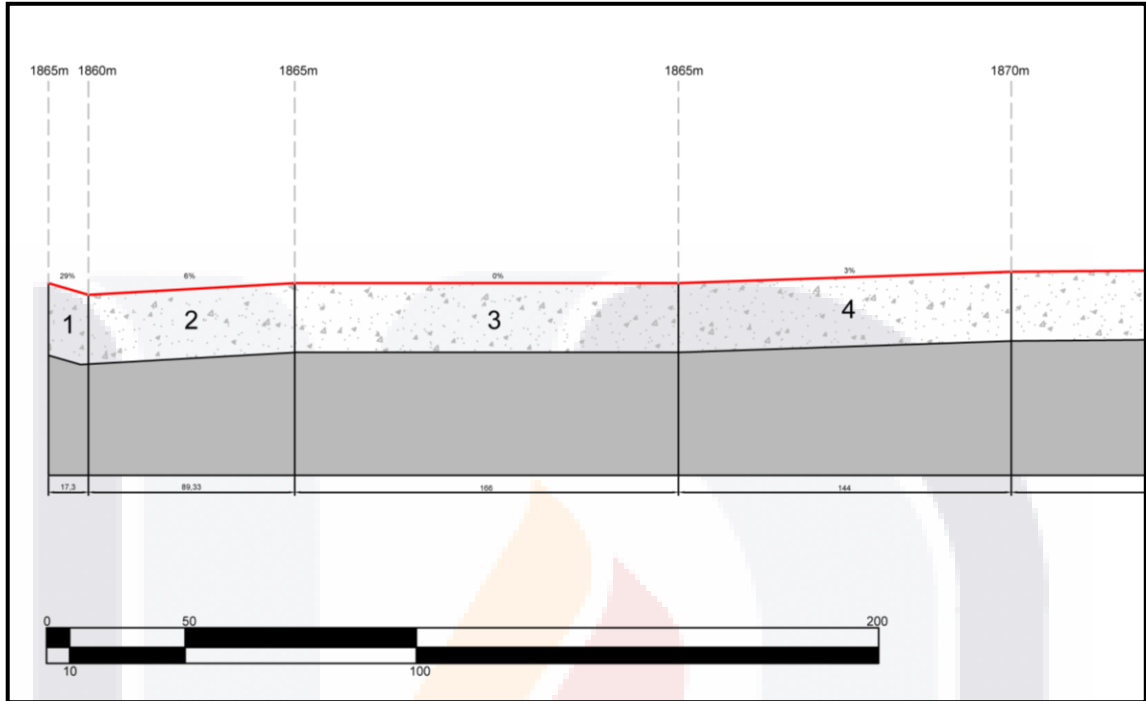


Densidad de equipamiento de salud

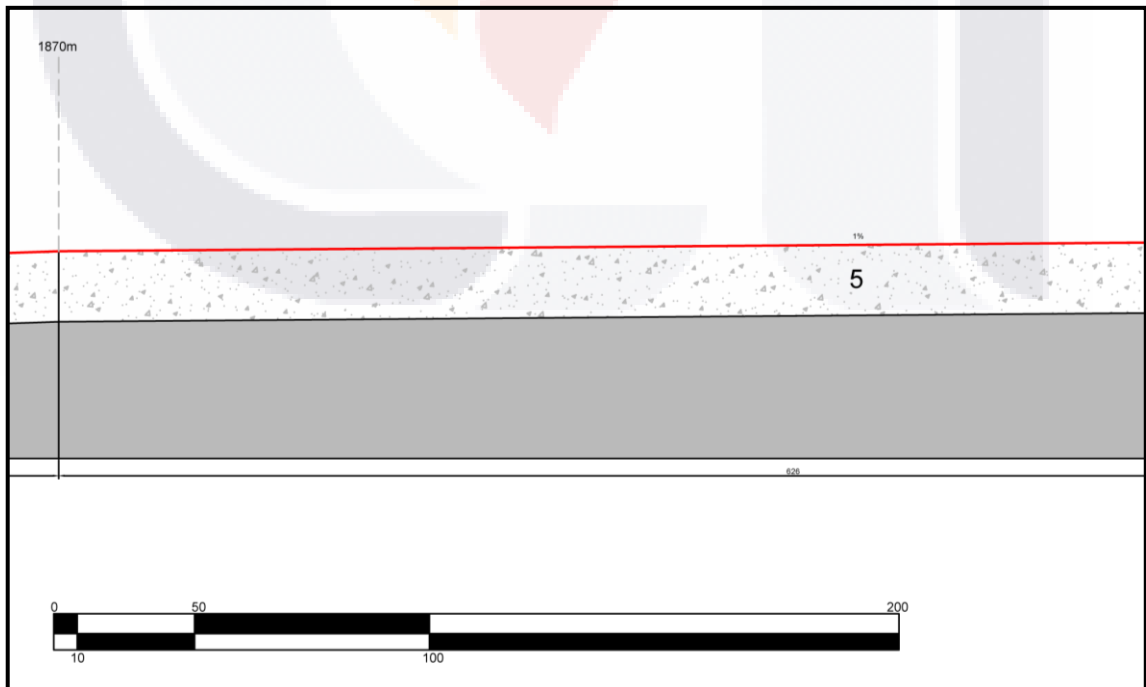


# ANEXO E: CORTE TRANSVERSAL DE LA ALTIMETRÍA PARA LA LÍNEA UNO

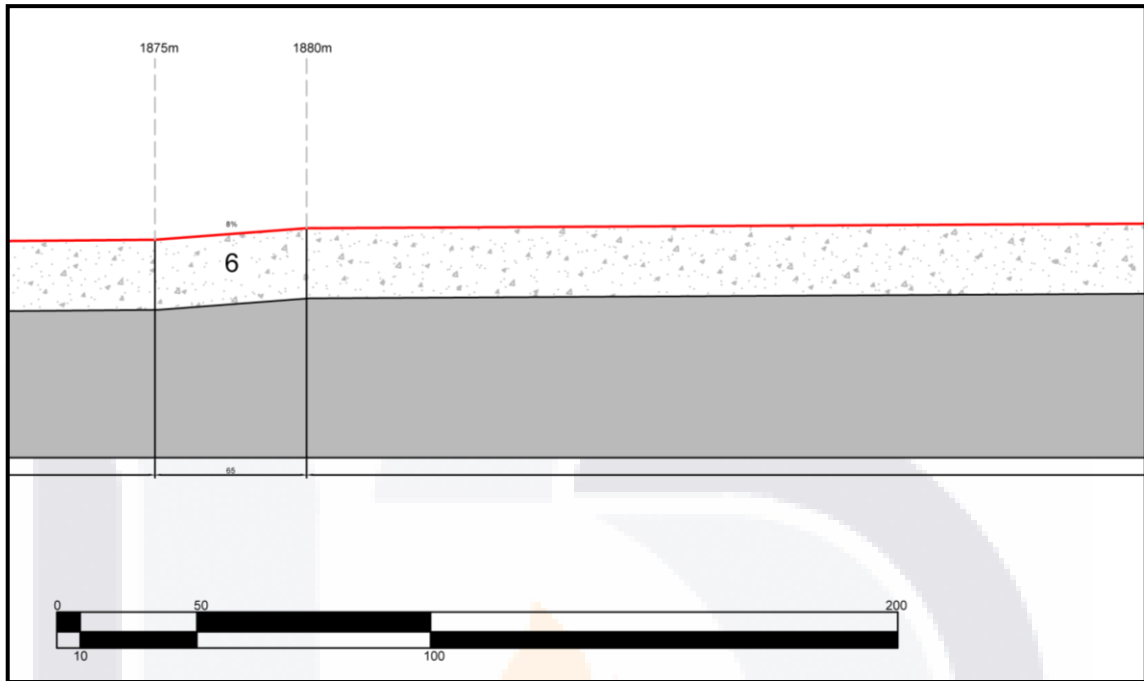
Sección 1



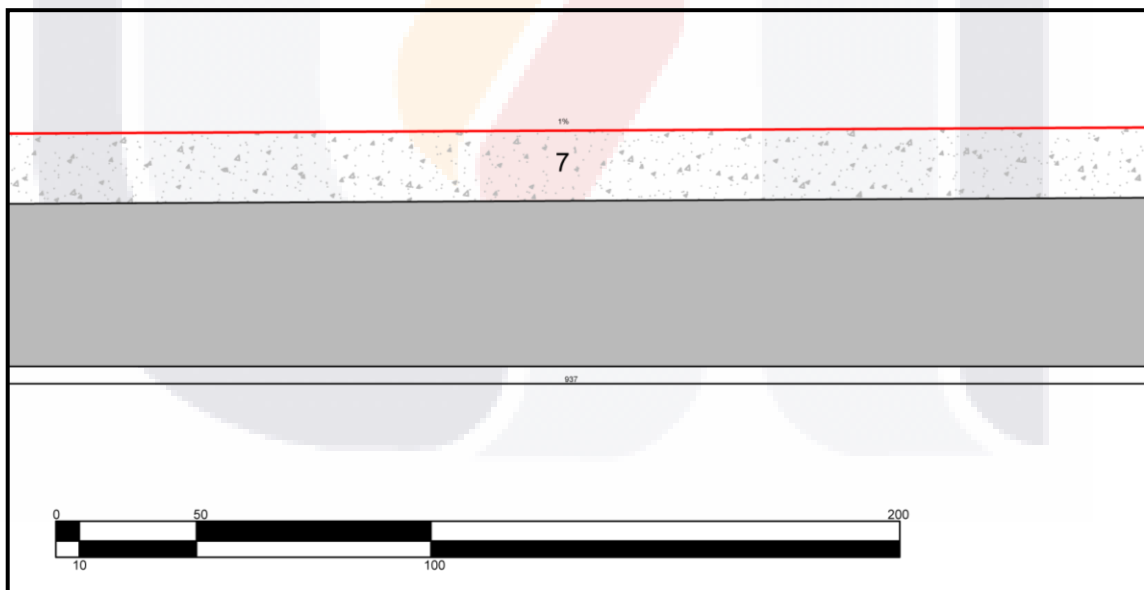
Sección 2



Sección 3

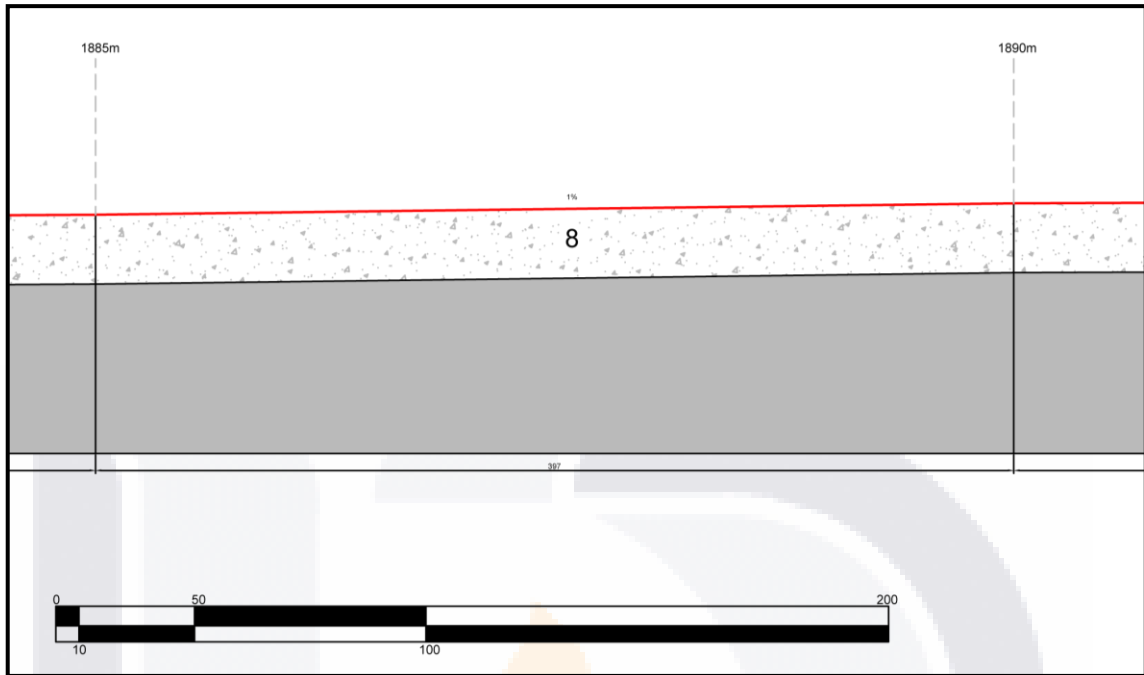


Sección 4

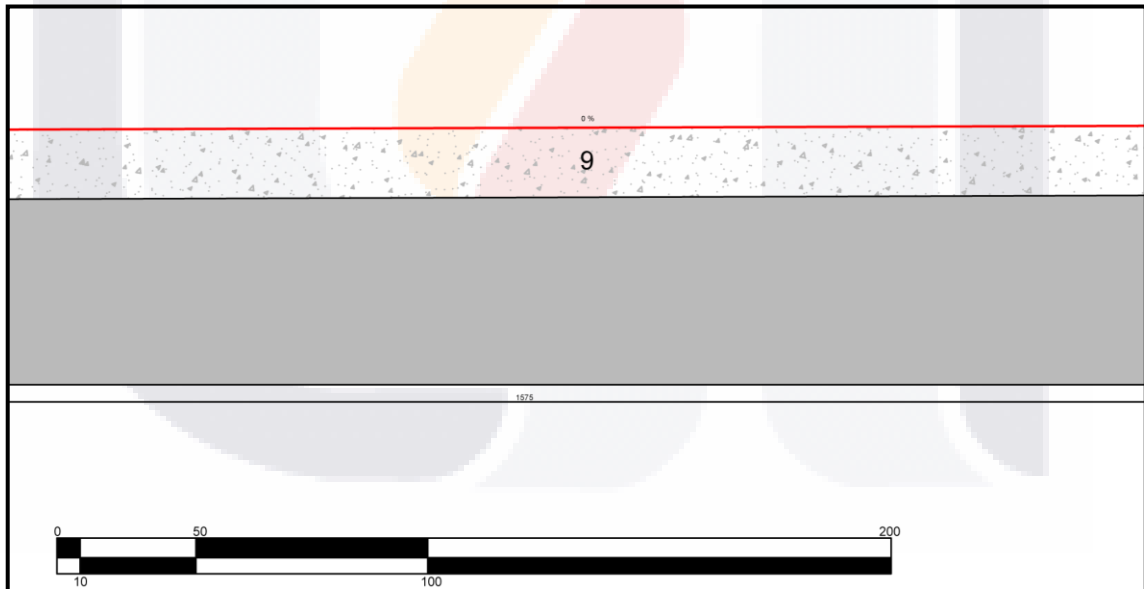




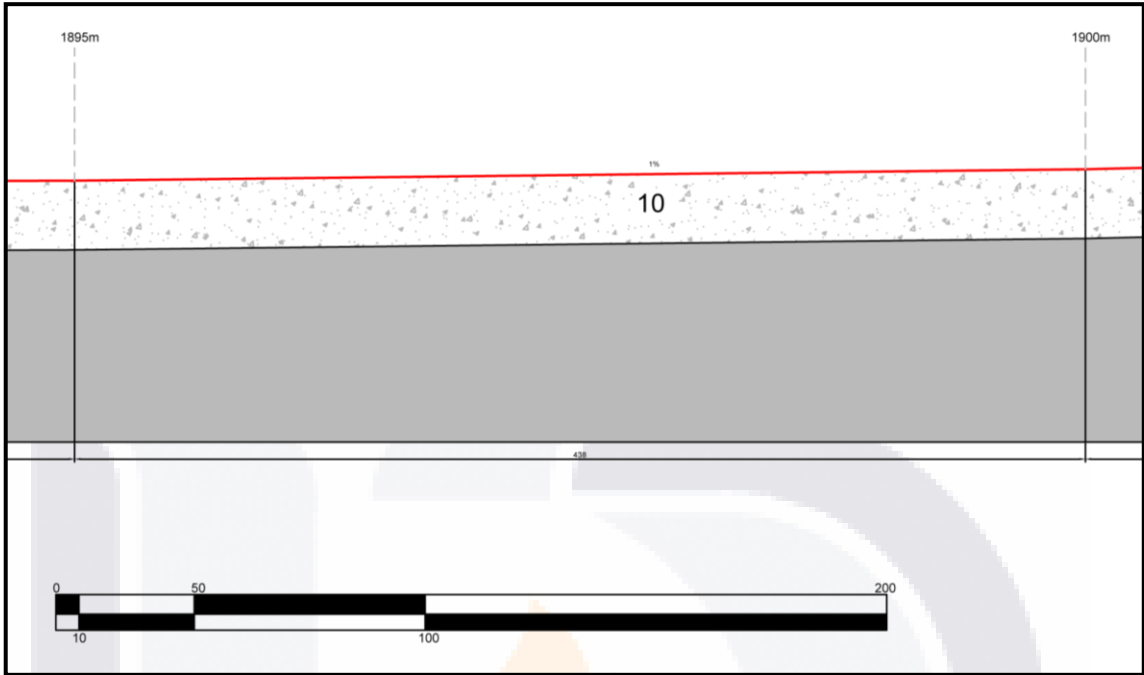
Sección 5



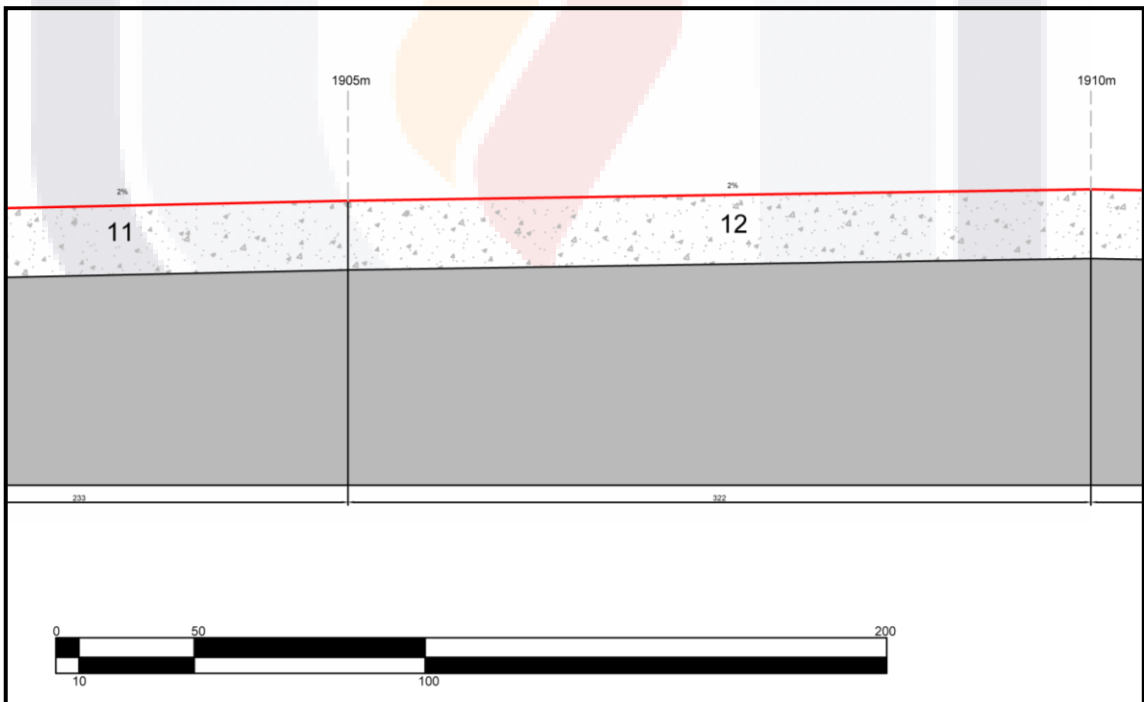
Sección 6



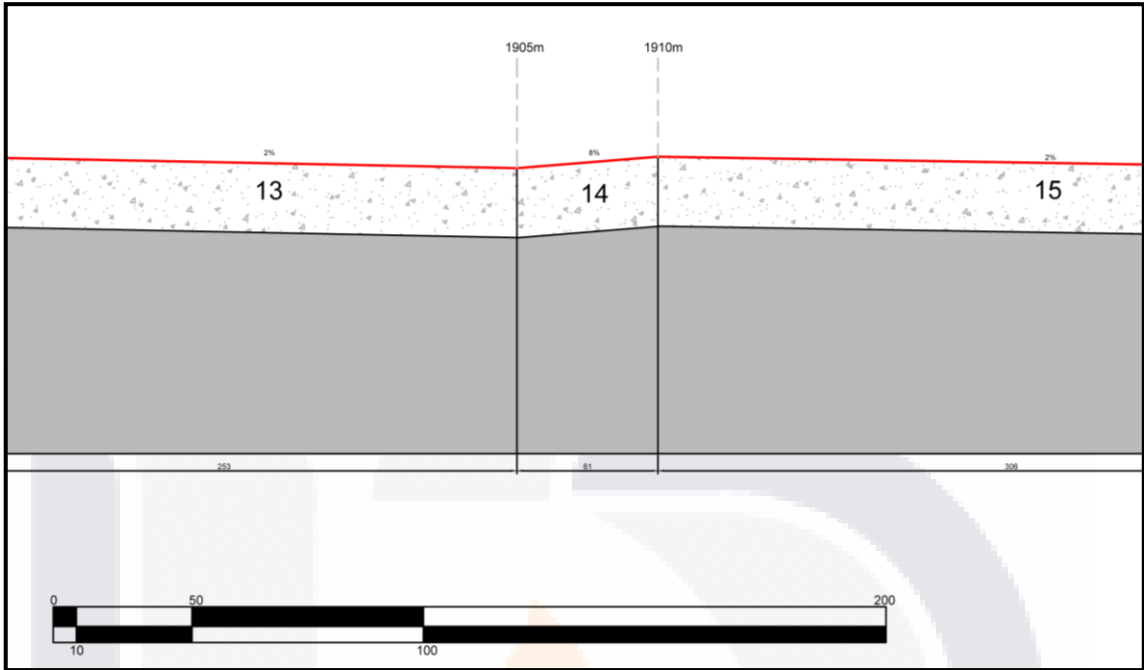
Sección 7



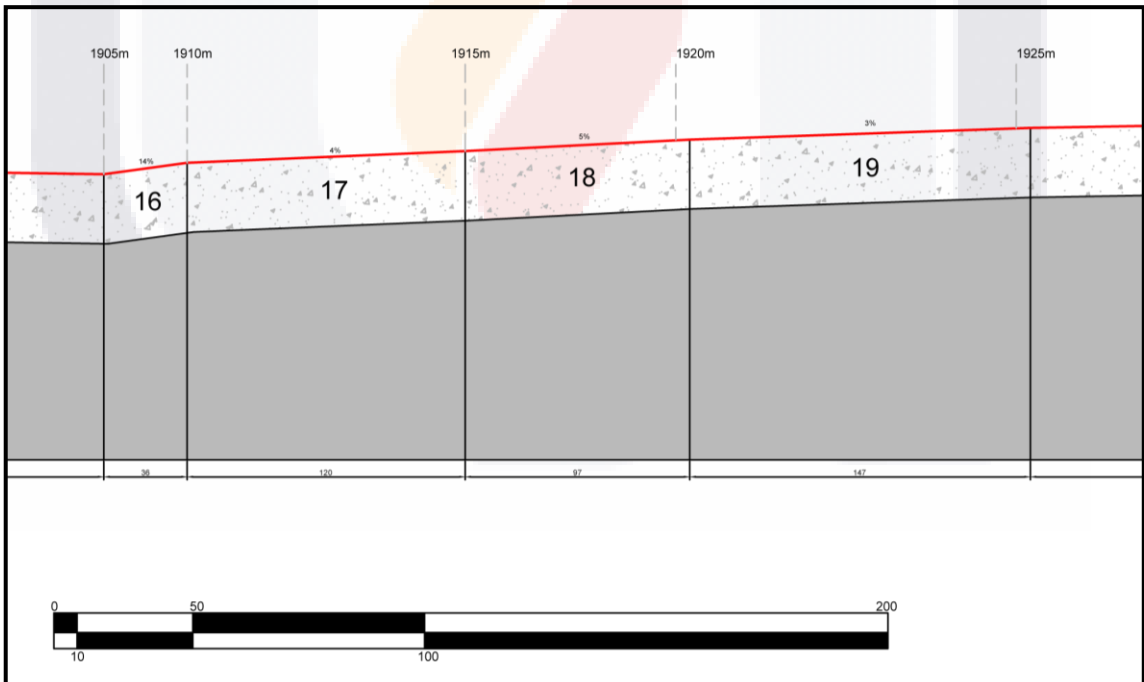
Sección 8



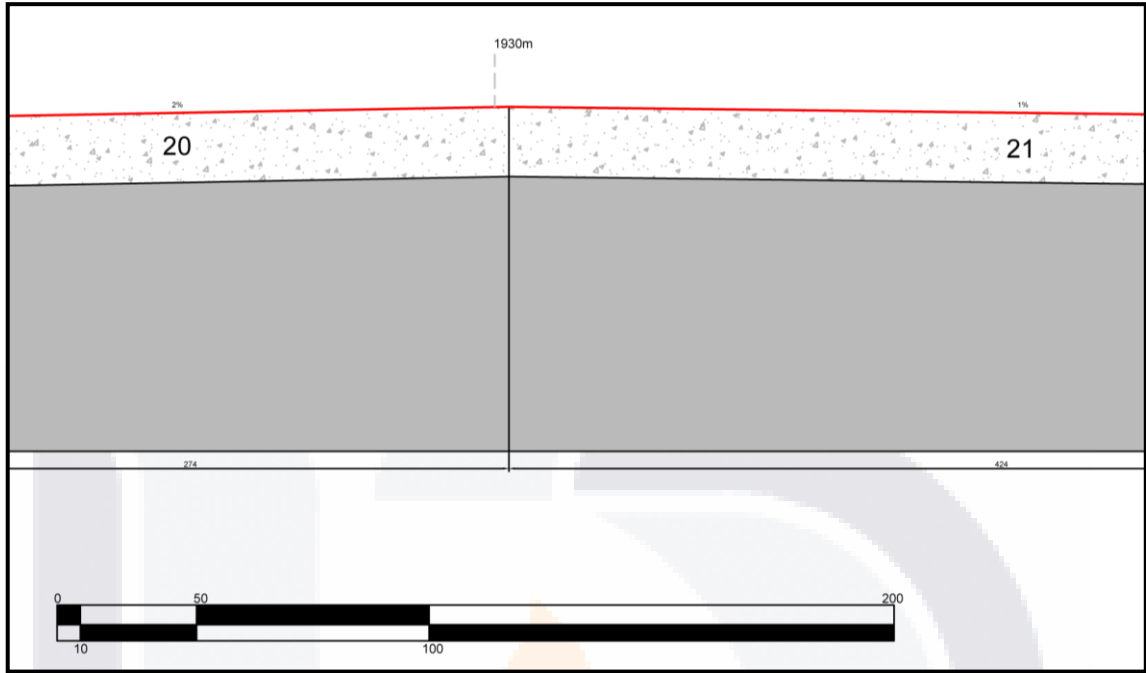
Sección 9



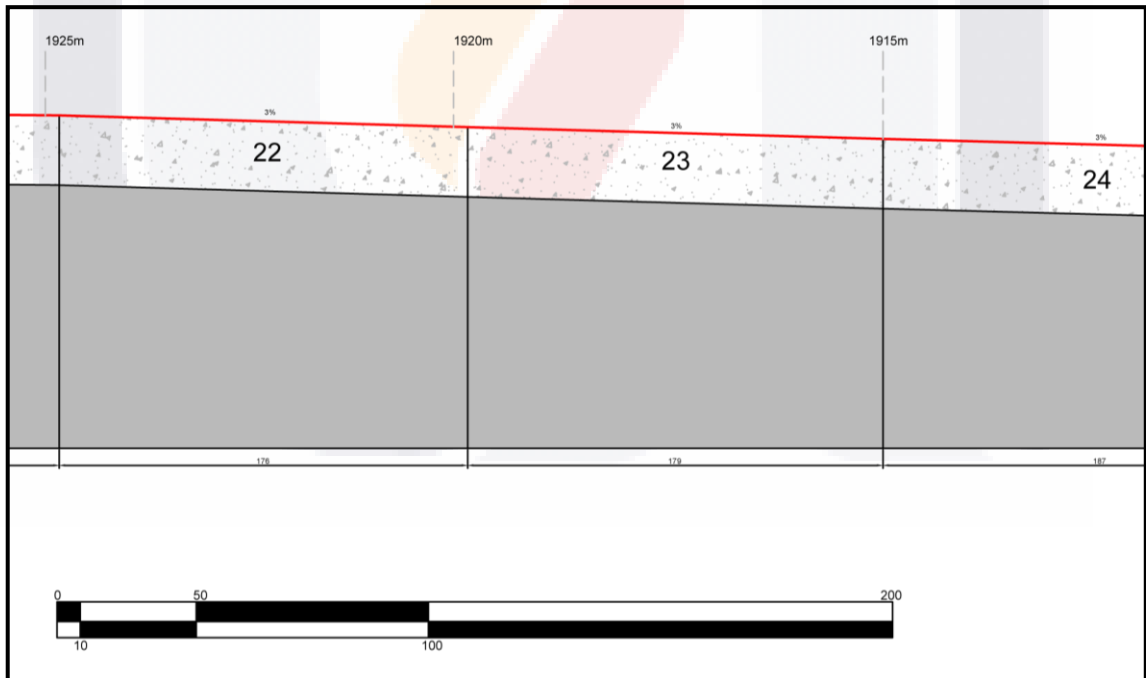
Sección 10



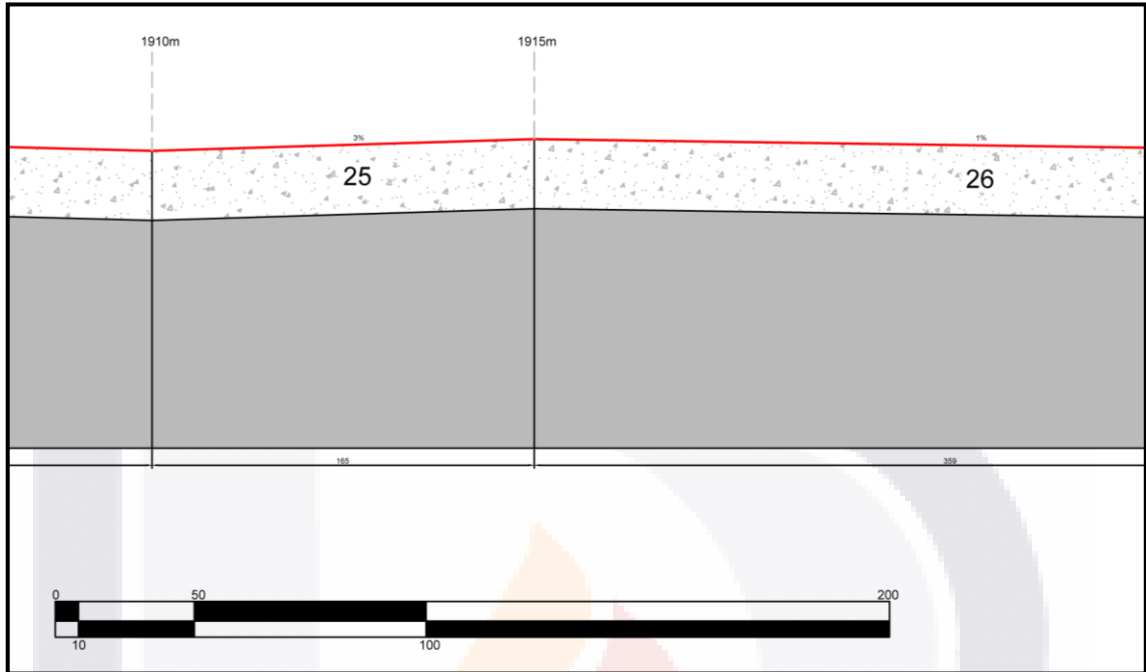
Sección 11



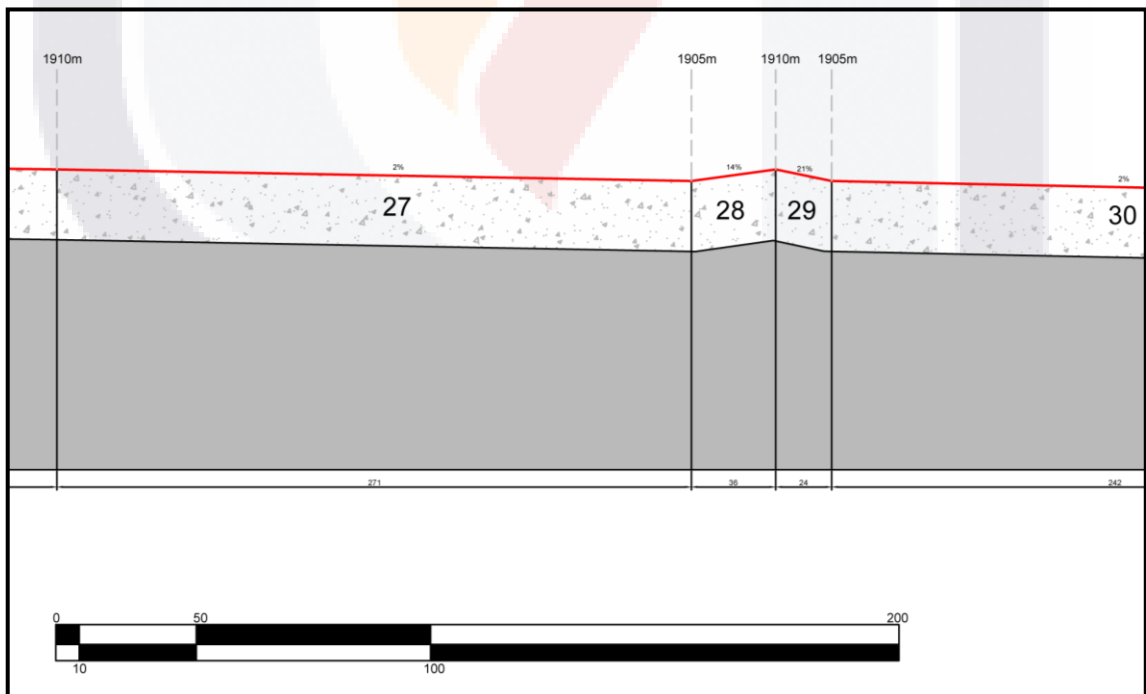
Sección 12



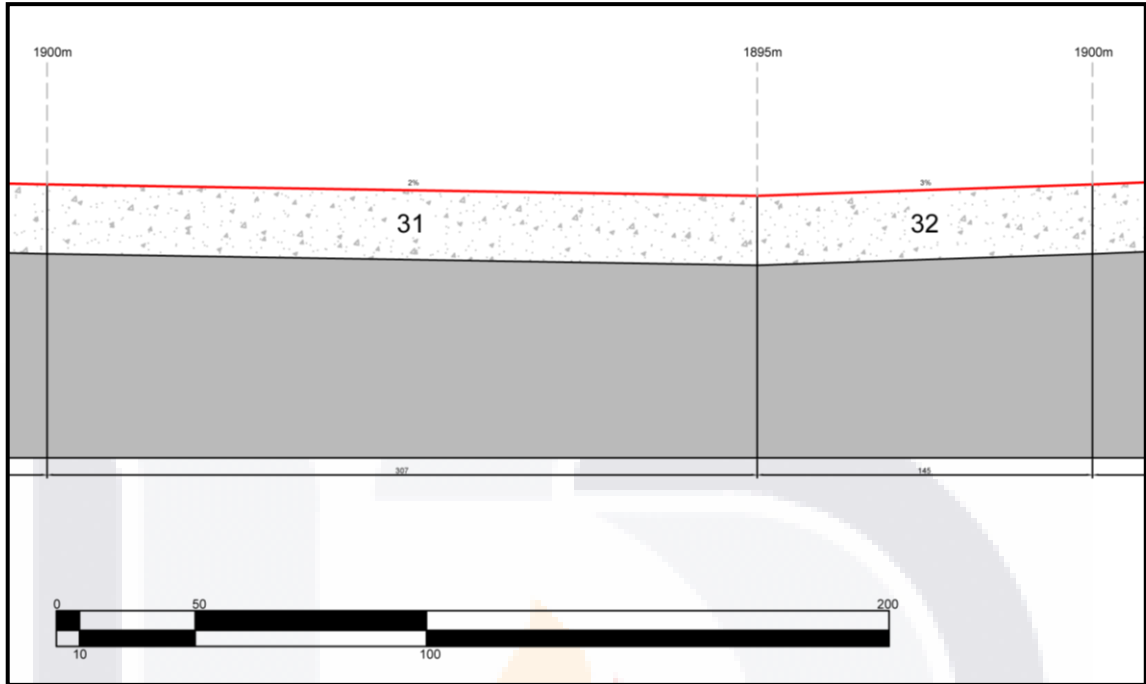
Sección 13



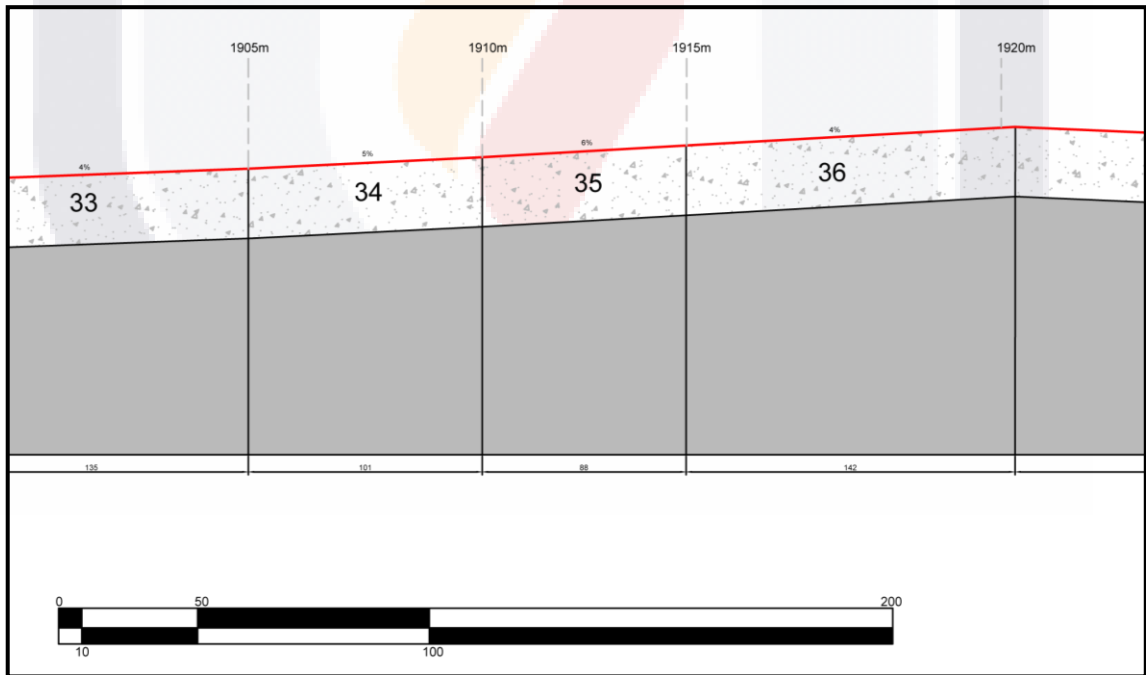
Sección 14



Sección 15

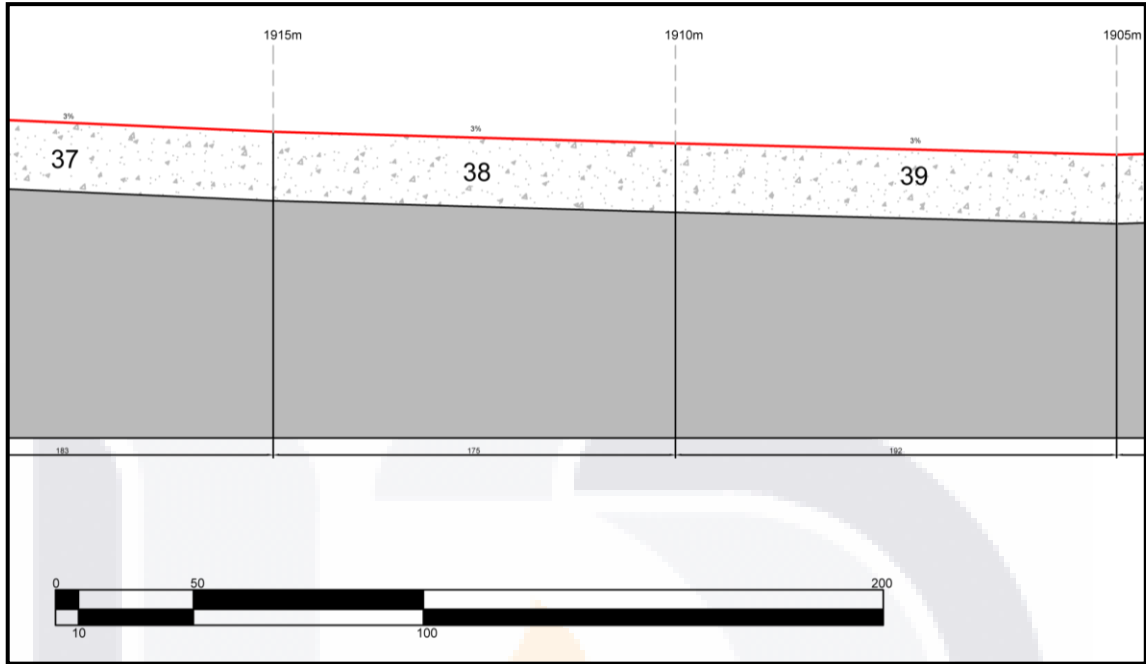


Sección 16

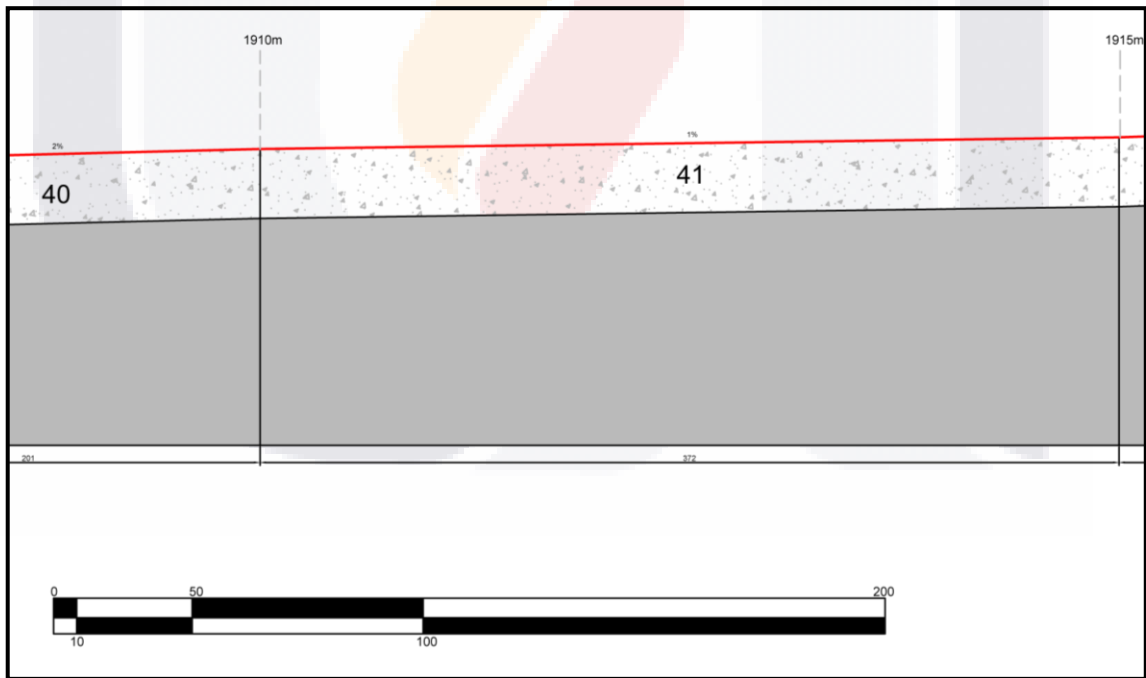




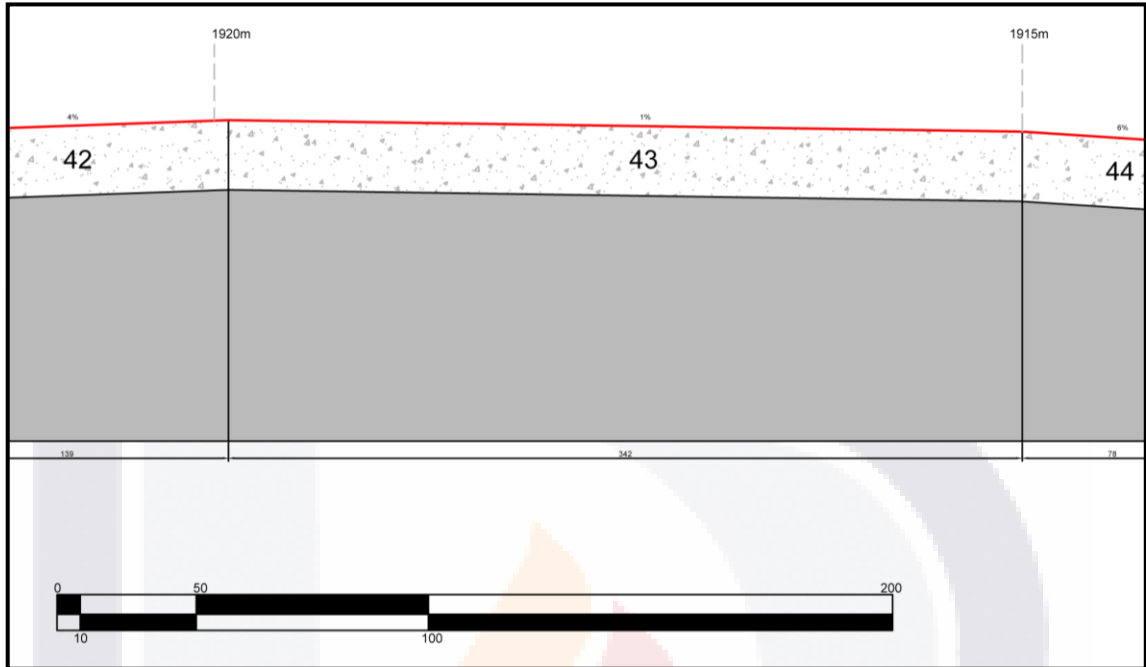
Sección 17



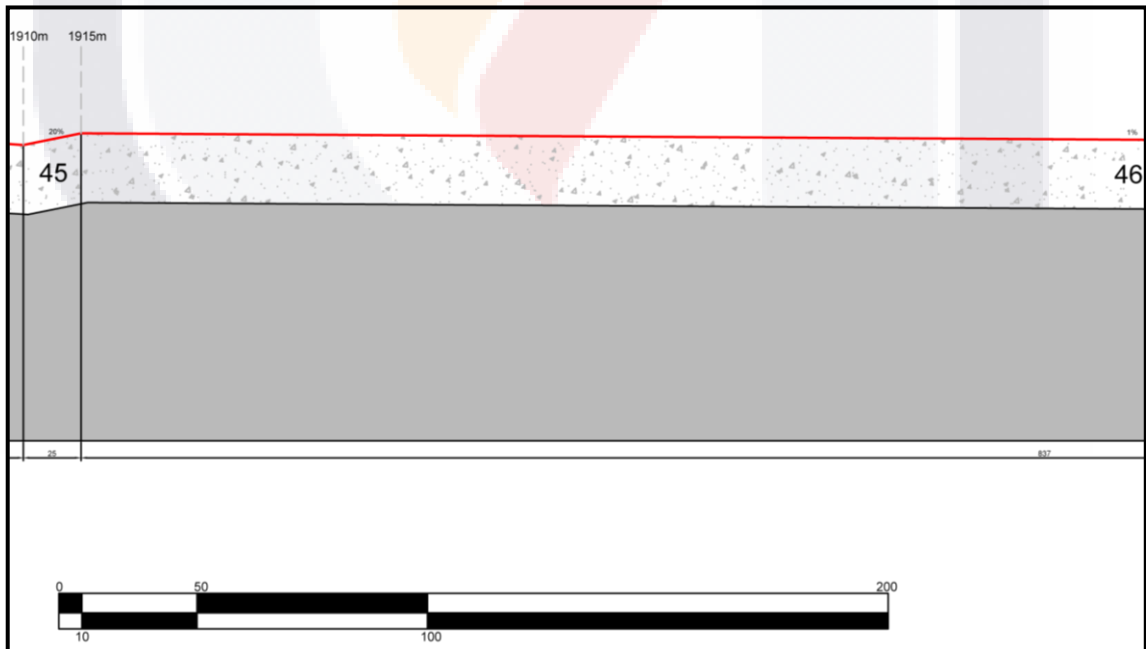
Sección 18



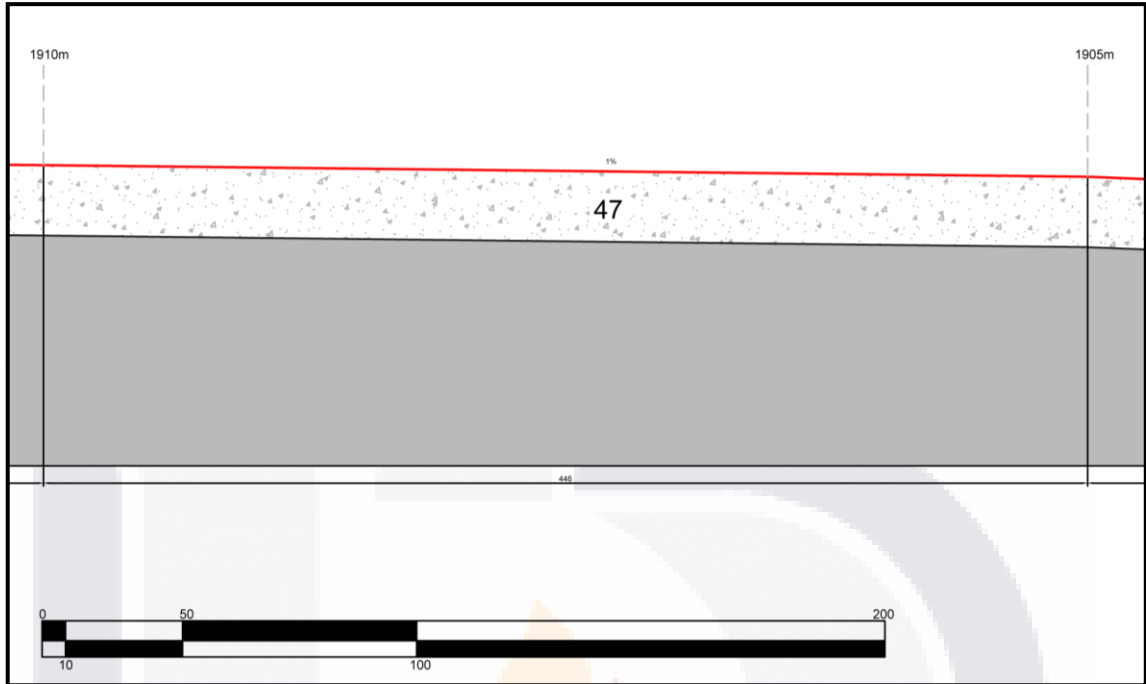
Sección 19



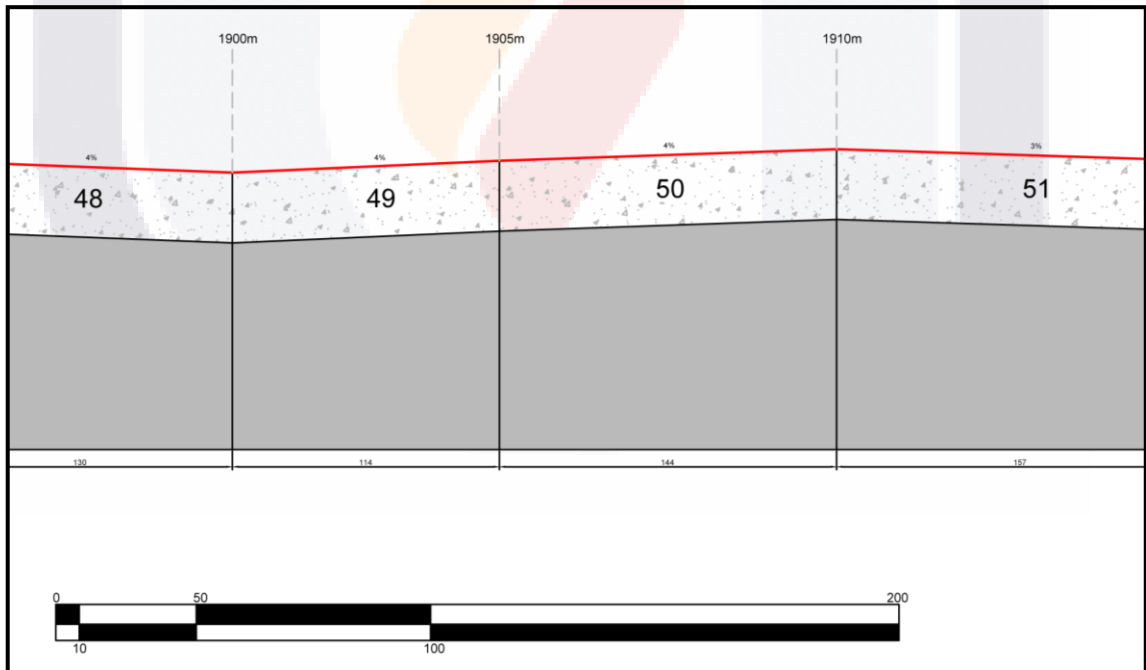
Sección 20



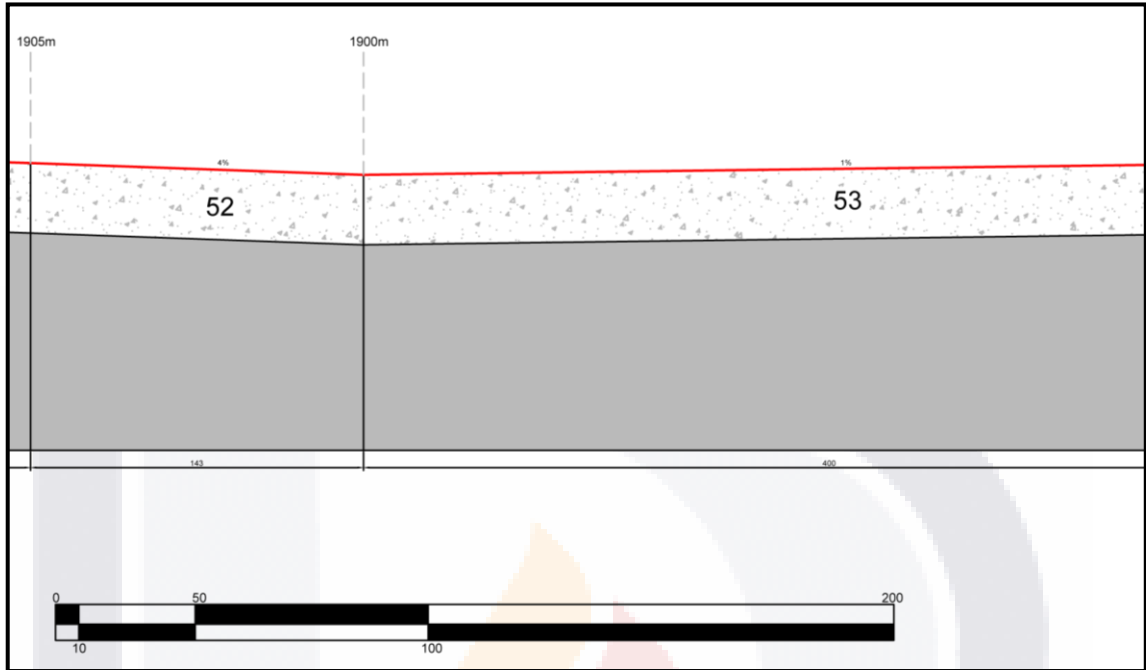
Sección 21



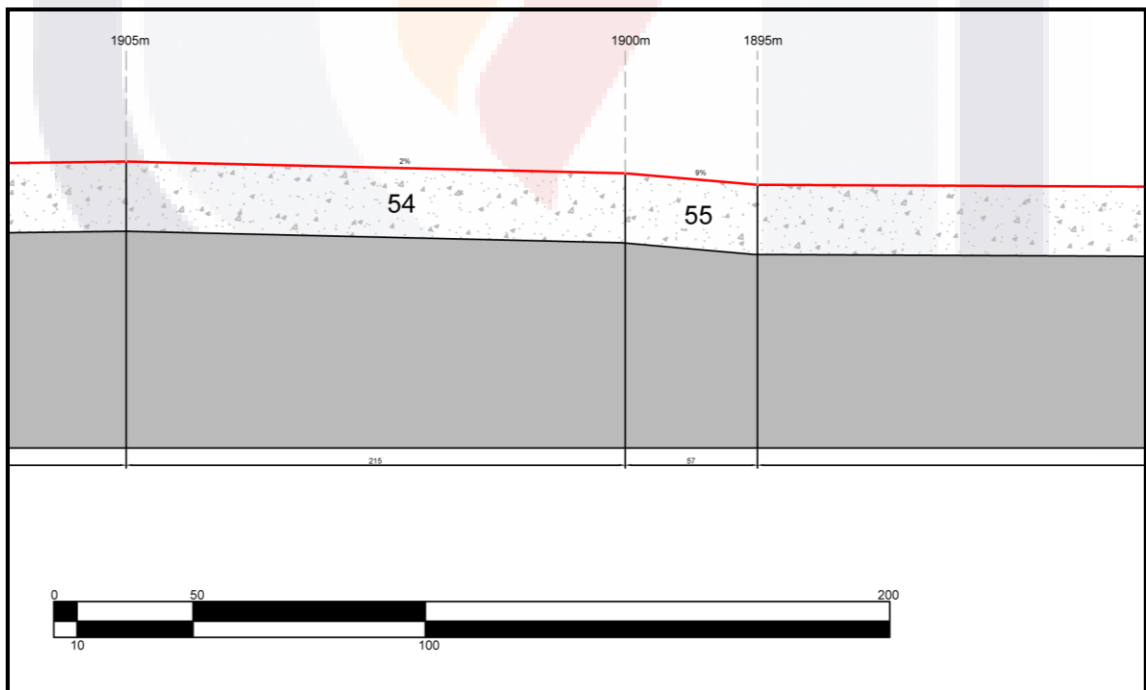
Sección 22



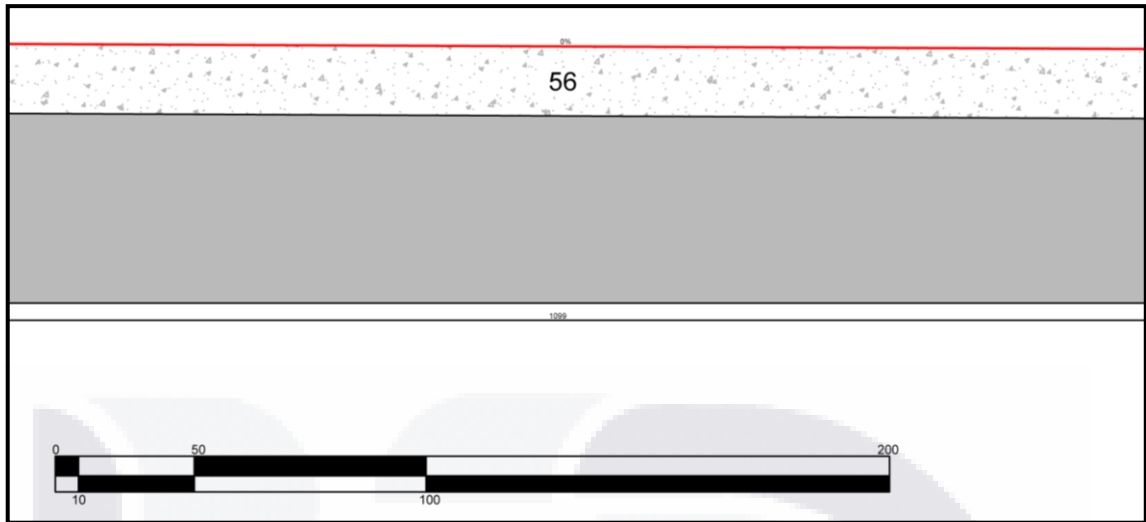
Sección 23



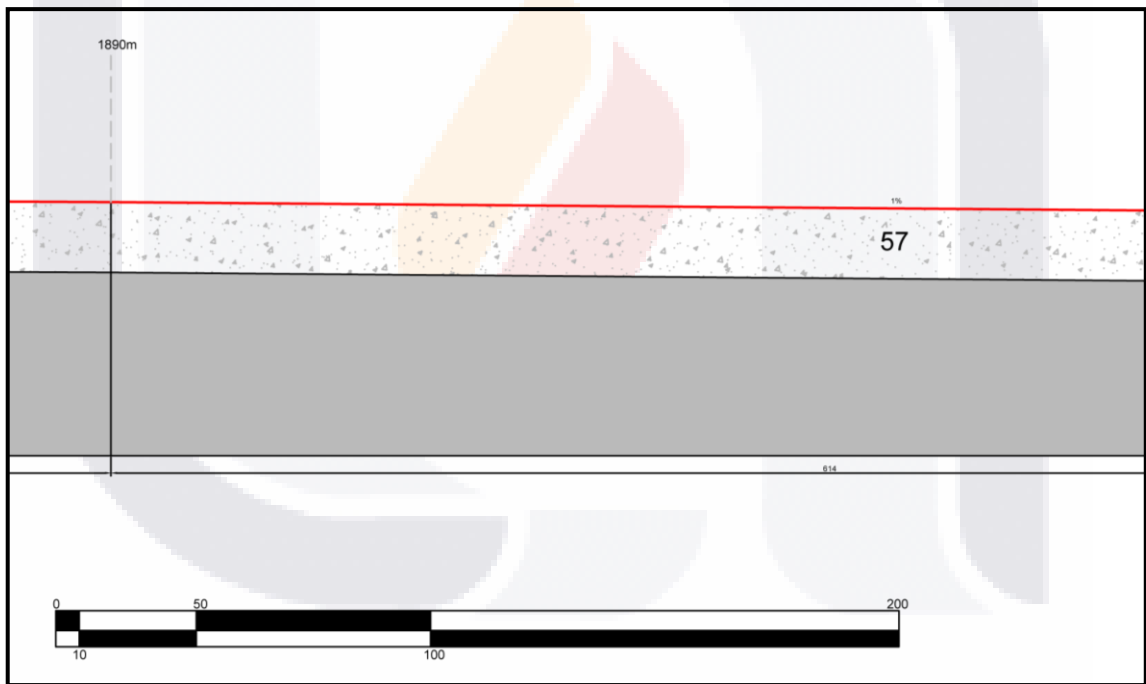
Sección 24



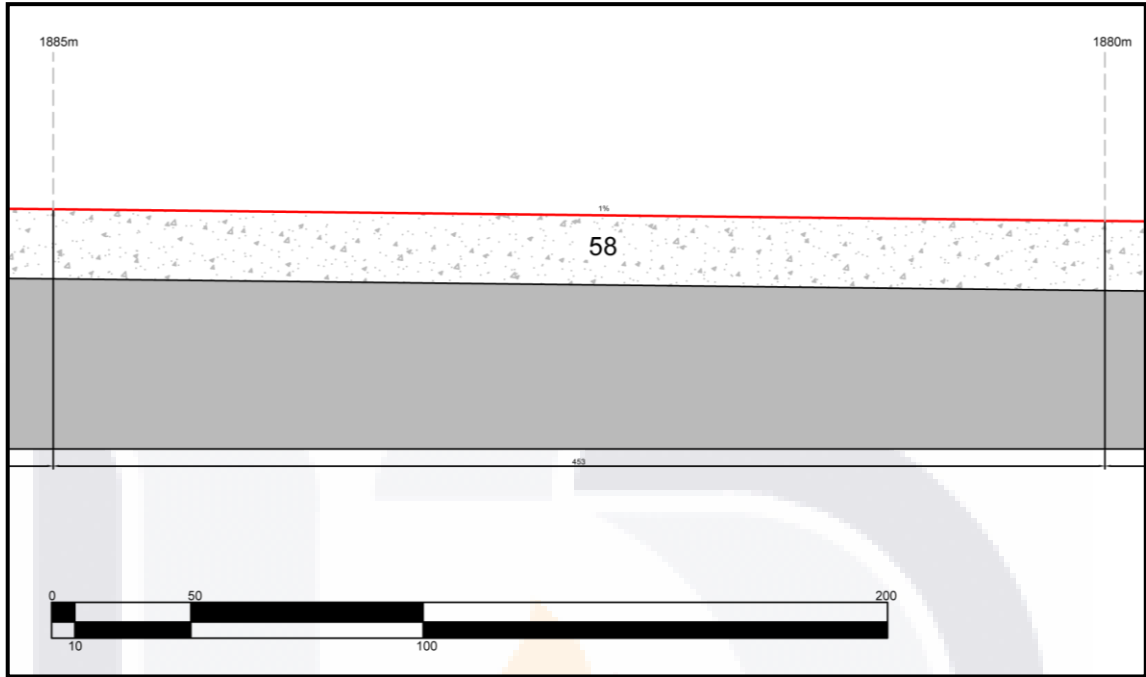
Sección 25



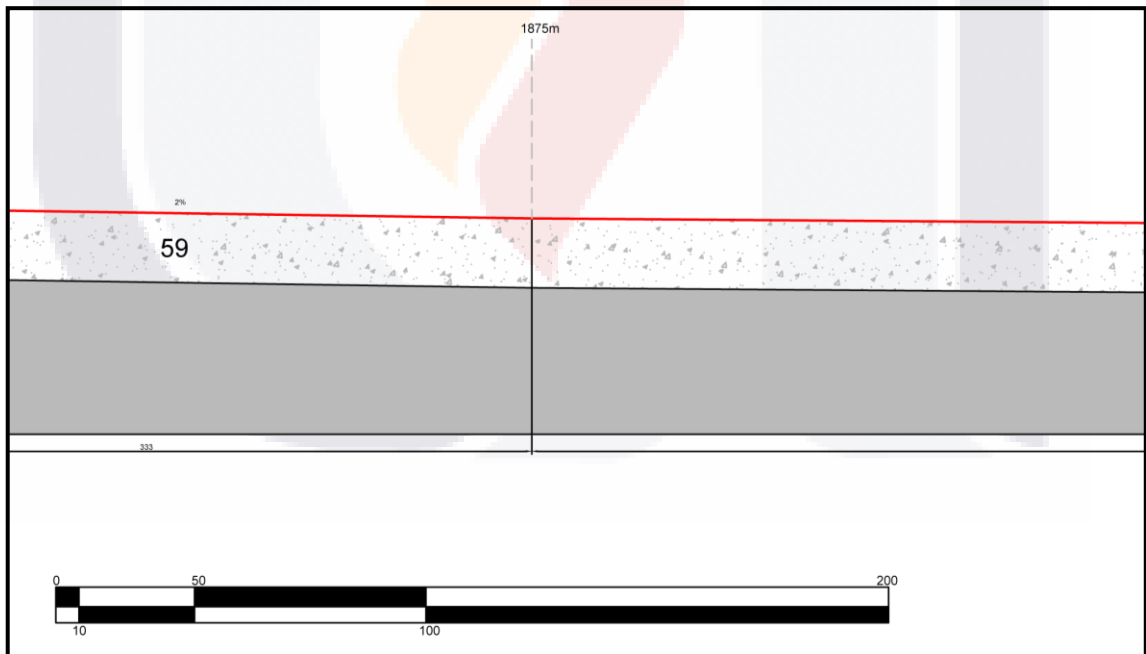
Sección 26



Sección 27

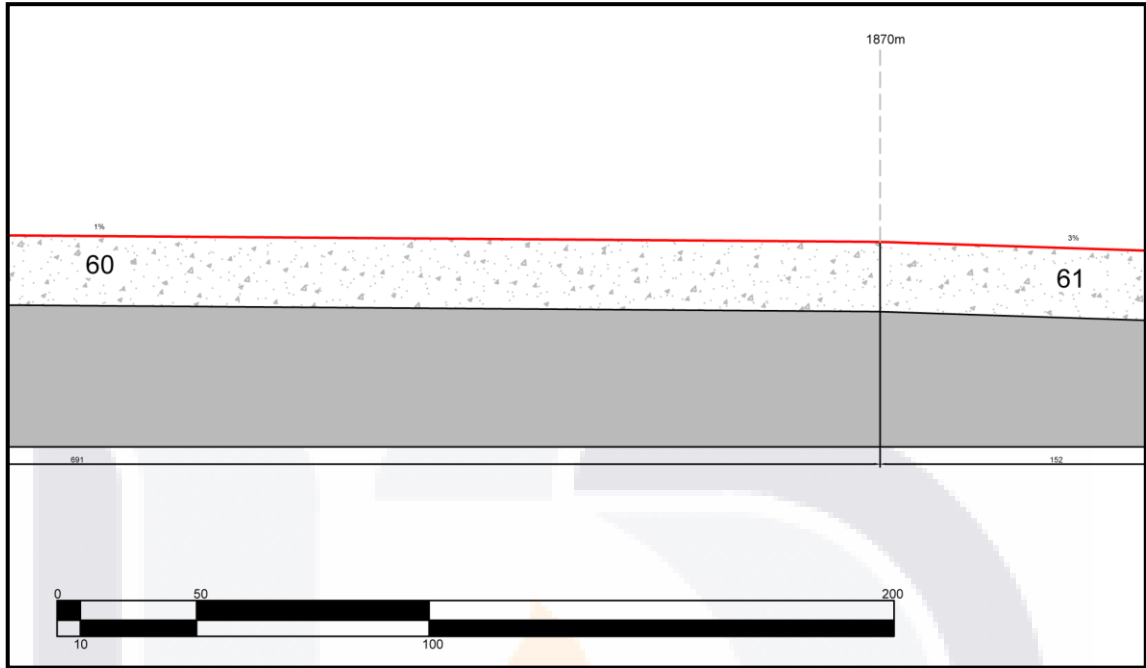


Sección 28

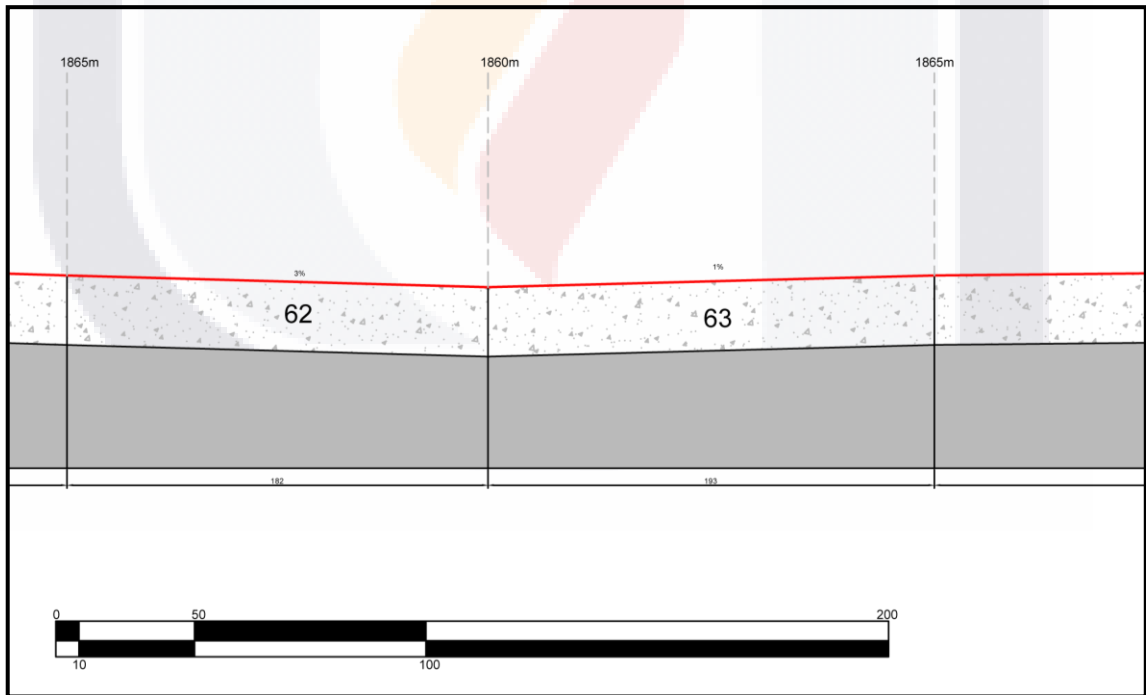




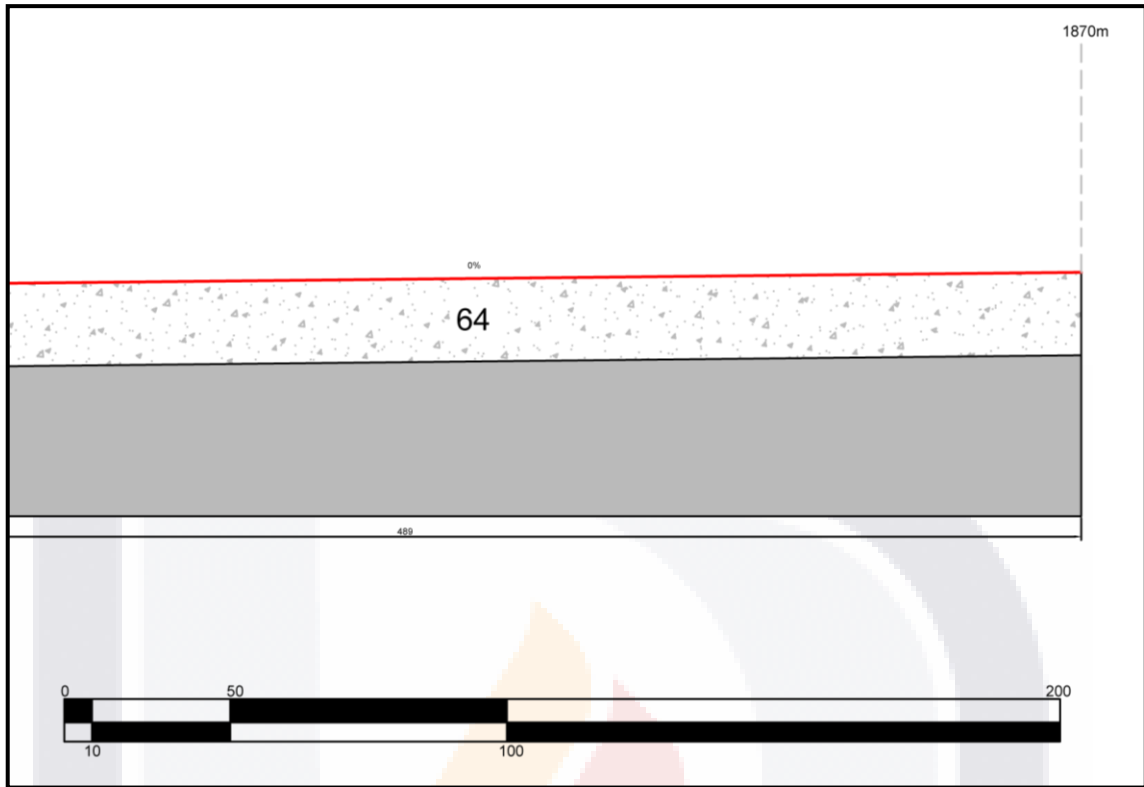
Sección 29



Sección 30



Sección 31



## ANEXO F: CÁLCULO DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES DE 1980 A 2015

1998	141108	5856	1948	148912	1.98	311.48	0.000165	44	666747.92
1997	131236	5258	1695	138189	1.98	311.48	0.000165	44	618736.09
1996	147878	4683	1424	153985	1.98	311.48	0.000165	44	689462.09
1995	121508	7613	1962	131083	1.98	311.48	0.000165	44	586919.24
1994	119050	3821	866	123737	1.98	311.48	0.000165	44	554027.80
1993	98267	2724	162	101153	1.98	311.48	0.000165	44	452908.78
1992	95926	2656	158	98740	1.98	311.48	0.000165	44	442104.66
1991	103916	1981		105897	1.98	311.48	0.000165	44	474149.86
1990	94596	1804		96400	1.98	311.48	0.000165	44	431627.40
1989	72786	1138		73924	1.98	311.48	0.000165	44	330991.95
1988	69446	1099		70545	1.98	311.48	0.000165	44	315862.60
1987	67806	1069		68875	1.98	311.48	0.000165	44	308385.24
1986	63528	1004		64532	1.98	311.48	0.000165	44	288939.62
1985	57012	966		57978	1.98	311.48	0.000165	44	259594.33
1984	54570	927		55497	1.98	311.48	0.000165	44	248485.74
1983	53483	888		54371	1.98	311.48	0.000165	44	243444.12
1982	53953	385		54338	1.98	311.48	0.000165	44	243296.36
1981	51273	390		51663	1.98	311.48	0.000165	44	231319.15
1980	51047	408		51455	1.98	311.48	0.000165	44	230387.84

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	11680.5	10321.2	3788.4	25790.1	1.98	311.48	0.000165	44	115474.21	
144899	159812	181254	195318	209085	234913	252345	275239	296748	311401	323225	338329	348675	356210	369002	379713	38935	Autos en Aguascalientes	Autos en Jesús María	Autos en San Francisco de los Romo	Autos en la ZMA	PASAJEROS POR VEHICULO	DIAS DE USO AL AÑO	CO2 (TON) por pasajero por kilometro	KM/DÍA	EMISIONES ANUALES TOTALES DE CO2 (TON)	
6314	7756	9244	10273	13018	14036	15255	17182	19009	20639	21629	22913	23953	24901	26358	28721	34404										
2103	2553	3200	3618	5263	5695	6193	6972	7700	8318	8646	9067	9373	9609	10073	10977	12628										
153316	170121	193698	209209	227366	254644	273793	299393	323457	340358	353500	370309	382001	390720	405433	419411	85967										
1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98										
311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48	311.48										
0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165	0.000165										
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44										
686466.67	761710.43	867275.57	936725.49	1018022.79	1140159.01	1225897.95	1340520.99	1448266.65	1523940.25	1582783.07	1658044.74	1710395.23	1749434.23	1815311.14	1877897.11	384914.03										