

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE INGENIERÍA

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO



**ESTUDIO DE VIABILIDAD EN PROYECTO
GEOMÉTRICO DE TREN DE CERCANIA KM. I-
150+000 AL KM. I-240+000**

POR:

ING. CARLOS ALBERTO ULLOA LEAÑO

**CASO DE ESTUDIO PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA**

CHIHUAHUA, CHIH., MÉXICO

OCTUBRE DE 2021



Estudio de Viabilidad en Proyecto Geométrico de Tren de Cercanía Km. I-150+000 al Km. 240+000. Caso de estudio presentado por Ing. Carlos Alberto Ulloa Leño como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, ha sido aprobada y aceptada por:

M.I. Javier González Cantú
Director de la Facultad de Ingeniería

Dr. Alejandro Villalobos Aragón
Secretario de Investigación y Posgrado

M.A. María de Lourdes Flores Portillo
Coordinador Académico

M.I. José Antonio Portillo Ocegüera
Director de Tesis

Junio de 2020

Comité:

Se enlistan todos los maestros que revisaron el caso de estudio

M.A. María de Lourdes Flores Portillo

M.I. Luis Enrique Morales Gutiérrez

Dr. José Carlos Montero de Anda

M.I. José Carlos Montero De Anda

© Derechos Reservados

Ing. Carlos Alberto Ulloa Leño
DIRECCIÓN PERSONAL (Valle
de Ameca 2531, Parque Real, Zapopan,
Jalisco)

Octubre 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

19 de noviembre de 2021.

ING. CARLOS ALBERTO ULLOA LEAÑO

Presente.-

En atención a su solicitud relativa al trabajo de tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería en Vías Terrestres, nos es grato transcribirle el tema aprobado por esta Dirección, propuesto y dirigido por el director **M.I. José Carlos Montero de Anda** para que lo desarrolle como tesis, con el título: **"ESTUDIO DE VIABILIDAD EN PROYECTO GEOMÉTRICO DE TREN DE CERCANIA KM. I-150+150+000 AL KM. 1-240+000"**.

Índice de Contenido

Dedicatoria
Agradecimientos
Resumen
Índice de Contenido
Índice de Figuras
Introducción

Capítulo I: Planteamiento – Problemática, descripción de la zona y situación técnica

1.1 Antecedentes

Capítulo II: Objetivos

- 2.1. Hipótesis
- 2.2. Estado de Cuestión – Composición del proyecto Geométrico, cálculo y parámetros.
- 2.3. Diseño Geométrico. – Cálculo de curvas horizontales
- 2.4. Diseño Geométrico. – Sobreelevación
- 2.5. Diseño Geométrico. – Comparativas de la situación Nacional y en México
- 2.6. Metodología

FACULTAD DE INGENIERÍA
Circuito No.1, Campus Universitario 2
Chihuahua, Chih., México. C.P. 31125
Tel. (614) 442-95-00
www.fing.uach.mx



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Capítulo III: Disertación de resultados

Capítulo IV: Conclusiones

Bibliografía

ATENTAMENTE
"Naturam subiecit aliis"

EL DIRECTOR

M.I. JAVIER GONZÁLEZ CANTÚ

FACULTAD DE
INGENIERÍA
U.A.CH.



DIRECCIÓN

EL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN
Y POSGRADO

DR. ALEJANDRO VILLALOBOS ARAGÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA
Circuito No.1, Campus Universitario 2
Chihuahua, Chih., México. C.P. 31125
Tel. (614) 442-95-00
www.fing.uach.mx

Dedicatoria

A mis hijos.

Inspiración de superación propia que con su comprensión y apoyo me permitieron alcanzar esta meta, en conjunto llegaremos más lejos. De tu mano les entregaremos a nuestros hijos un mundo mejor.

Agradecimientos

A mi Padre, madre y hermano.

Quienes, con su cariño, dirección, y apoyo me supieron mostrar un camino lleno de ética y superación personal el cual espero seguir honrando su nombre.

Resumen

Ante nosotros se presenta el día de hoy una problemática recurrente en todas las latitudes del mundo, la cual es la fluencia y tráfico entre las zonas rurales con las zonas urbanas siendo en mayoría de estadías permanentes en estas últimas.

¿Cómo liberar de tráfico a las urbes en cuestión de coches y así agilizar las condiciones internas de transporte, así como mejorar las condiciones de traslado de aquellos que visitan la ciudad sin perjuicio de la economía de las zonas rurales y aun en beneficio del desarrollo cultural de las mismas?

En este trabajo se parte de la experiencia internacional en cuanto a los beneficios que plantean los trenes de cercanía analizando de primera mano la vía actual para su empleo, mediante trenes modernos, en el proyecto geométrico de un tren de alta velocidad (tren de cercanía) en el estado de Jalisco partiendo de la Ciudad de La Barca, Jalisco hasta las cercanías del Patio “Guadalajara”.

Se desarrollaron operaciones cuidando los puntos de riesgo en el traslado de ferrocarriles tomando en cuenta múltiples factores como son los que convergen de entre sueños geométrico en todos los diseños de vías, como se sabe estos pueden ser el radio de giro, grado de curvatura, los puntos de intersección, así como la velocidad de traslado, tomando solamente las reservas de disminución en los puntos urbanos se pudo afirmar como aceptada la hipótesis de esta investigación.

Palabras clave: *Trafico, urbes, tren de cercanía, tren de alta velocidad, diseño geométrico de vías.*

Abstrac

Before us today there is a recurring problem in all latitudes of the world, which is the flow and traffic between rural areas with urban areas, with the majority of permanent stays in the latter.

How to free the cities in the matter of cars from traffic and thus speed up internal transport conditions, as well as improve the transport conditions of those who visit the city without prejudice to the economy of rural areas and even to the benefit of cultural development from the same?

This work starts from the international experience regarding the benefits of commuter trains, analyzing first-hand the current track for its use, by means of modern trains, in the geometric project of a high-speed train (commuter train). in the state of Jalisco, starting from the City of La Barca, Jalisco to the vicinity of Patio “Guadalajara”.

Operations were developed taking care of the risk points in the transfer of railways taking into account multiple factors such as those that converge between geometric dreams in all the designs of tracks, as it is known these can be the radius of turn, degree of curvature, the points of intersection, as well as the speed of travel, taking only the reserves of decrease in urban points, it was possible to affirm as accepted the hypothesis of this research.

Keywords: *Traffic, cities, Proximity trains, high speed trains, geometry design of rails.*



Índice de contenido

Resumen.....	7
Índice de Figuras.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
Capítulo 1: Planteamiento – Problemática, descripción de la zona y situación técnica.	11
1.1 ANTECEDENTES	14
1.1.1 Localización – Regiones	21
1.1.2 Demografía, economía y territorio.....	24
La Barca:	24
Jamay	25
Ocotlán.....	26
<i>Poncitlán</i>	27
Zapotlán del Rey.....	28
Juanacatlán.....	29
El Salto.....	30
Capítulo 2: Objetivo de la investigación	34
2.2: Hipótesis	35
Capítulo 3: Marco teórico – Composición del proyecto Geométrico, Cálculo, Diseño y Parámetros.	36
3.1: Diseño Geométrico. - Cálculo de curvas Horizontales.....	38
3.2: Diseño Geométrico. - Sobreelevación	41
3.3: Diseño Geométrico. - Comparativas de la situación Nacional y en México	42
Capítulo 4: Metodología	44
Capítulo 5: Disertación de resultados.	47
Capítulo 6: Conclusiones.....	48
Referencias	49
Curriculum Vitae	50
ANEXOS: CÁLCULOS.....	51

Índice de Tablas

1.....	32
2.....	42
3.....	43
4.....	45

Índice de Figuras

1 Fig. 1 Caminos de Fierro.....	14
2 Fig. 2 Línea 1 de Ferrocarril, Veracruz – México.....	15
3 Fig. 3.1 Línea Inter Oceánica.....	16
4 Fig. 4 Comparativa de transporte. Año 1910.	16
5 Fig. 5 Tren turístico Chihuahua, Tren turístico Tequila exprés, Jalisco, Tren de Pasajeros Suburbano, DF.	17
6 Fig. 6 Guadalajara de Noche.....	18
7 Fig. 7 Regiones de Jalisco interconectadas con el tren de cercanía	19
8 Fig. 8 Ruta del tren rápido con Guadalajara (A) y Tren de cercanía propuesto.....	20
9 Fig. 9 Región Ciénega, Jalisco.....	22
10 Fig. 10 Interconexión entre Región Centro y Ciénega, Jalisco.....	22
11 Fig. 11 Región Centro, Jalisco.....	23
12 Fig. 12 Izquierda Vertisol Pélico, derecha luvisol férrico.....	25
13 Fig. 13 Izquierda Vertisol pélico y derecha feozem háplico.....	26
14 Fig. 14 Izquierda Vertisol pélico y derecha feozem háplico.....	27
15 Fig. 15 Izquierda Vertisol pélico y derecha feozem háplico.....	28
16 Fig. 16 Izquierda Vertisol pélico y derecha feozem háplico.....	29
17 Fig. 17 De Izquierda a derecha, Regosol eútrico, vertisol pélico, feozem háplico.....	30
18 Fig. 18 Planosol.....	31
19 Fig. 19 Izquierda Feozem, derecha Planosol.....	32
20 Fig. 20 Trazo y fórmulas de una curva horizontal simple típica.....	40
21 Fig. 21 Gráfico de equilibrio en sobreelevación entre fuerzas.....	39
22 Fig. 22 Localización Curva "C1".....	50
23 Fig. 23 Localización Curva "C2".....	51
24 Fig. 24 Localización Curva "C3".....	52
25 Fig. 25 Localización Curva "C4".....	53
26 Fig. 26 Localización Curva "C5".....	54
27 Fig. 27 Localización Curva "C6".....	55
28 Fig. 28 Localización Curva "C7".....	56
22 Fig. 22 Localización Curva "C8".....	57
22 Fig. 22 Localización Curva "C9".....	58
22 Fig. 22 Localización Curva "C10".....	59
22 Fig. 22 Localización Curva "C11".....	60
22 Fig. 22 Localización Curva "C12".....	61
22 Fig. 22 Localización Curva "C13".....	62
22 Fig. 22 Localización Curva "C14".....	63
22 Fig. 22 Localización Curva "C15".....	64
22 Fig. 22 Localización Curva "C16".....	65
22 Fig. 22 Localización Curva "C17".....	66
22 Fig. 22 Localización Curva "C18".....	67
22 Fig. 22 Localización Curva "C19".....	68
22 Fig. 22 Localización Curva "C20".....	69
22 Fig. 22 Localización Curva "C21".....	50
22 Fig. 22 Localización Curva "C22".....	50
22 Fig. 22 Localización Curva "C23".....	50
22 Fig. 22 Localización Curva "C24".....	50
22 Fig. 22 Localización Curva "C25".....	50
22 Fig. 22 Localización Curva "C26".....	50

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las ciudades se ha dado en forma exponencial tanto por el incremento poblacional natural que se da en nuestra comunidad debido a la demografía libre que entre nosotros se atañe, sin embargo se ha visto esta crecida en forma exacerbada por la población flotante que llega a la ciudad para realizar sus trabajos, y todavía esto se encuentra potenciado por aquellos que definitivamente llegan a radicar a la zona urbana.

Esto entre muchos efectos ha logrado la desculturización del país así como la alineación familiar, la descapitalización regional y la concentración gubernamental y tecnológica.

Una medida importante para reducir estos efectos es la implementación de los trenes de cercanía, con la finalidad de que los pueblos no mueran siendo llamados fantasmas, pues la gente no necesitará mudarse de su entorno natural a la gran ciudad en busca de mejores opciones.

Lo anterior se lograría pues al tener trenes de cercanía a su disposición lograrían en traslados mínimos, similares a los dados en ciudad, el trasladarse desde su lugar de residencia, es decir sus pueblos o regiones, hasta su lugar laboral logrando así que la derrama económica se dé en la región y no exclusivamente en la zona urbana, esto conllevaría a permitir el desarrollo tecnológico en cada región sin dejar morir la cultura de nuestro país, teniendo como principal factor la permanencia en el nido familiar.

Por ello se ha logrado en ya algunos países este modelo que permita lo antes descrito.

Analizaremos en conjunto las zonas para su aplicación eligiendo el este del Estado tratando de aprovechar las vías existentes y analizándolas conforme sus características geométricas para encontrar si son o no aplicables a los trenes de alta velocidad los que permitirían un traslado eficiente.

Capítulo 1: Planteamiento – Problemática, descripción de la zona y situación técnica.

Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) población 4'434,878 con 2.4% de población flotante, Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) población 20'116,842 con 2.5% de población flotante según el reporte de población informado (INEGI, 2010), Guadalajara como la segunda ciudad más populosa del país se encuentra con la advertencia de casos de ciudades que ya han sofocado toda capacidad de crecimiento sustentable, calidad de vida sana y propiedades de salud, esto sin menospreciar el alto nivel de expansión de la

mancha urbana que ya presenta esta localidad.

Como ha sido ya culturalmente desarrollado el crecimiento de las ciudades mexicanas emulan a sus similares de la Unión Americana (USA), con prioridades a los autotransportes sobre el transporte público, mismo que vino a cambiar en algunas ciudades importantes hasta la década de los ochentas en la que los medios masivos de transporte tomaron la importancia justa sobre sus bondades, es decir menor esmog, menor tiempo de traslado, menor tráfico.

Es importante mencionar que es hasta esa década que se tomó conciencia en USA que es necesario prever el transporte colectivo en la ciudad e impedir el colapso de esta al reducir al máximo la mancha urbana para mantener los suelos aprovechables cada día más escasos. Resulta entonces obvio que esta medida es propia solamente de contención al excesivo tráfico y no resuelve el problema del crecimiento de las ciudades.

Si bien las grandes metrópolis son el nicho económico de la región donde convergen los comerciantes grandes y pequeños esto de ninguna manera nos impide buscar una mayor población flotante para las ciudades en las que el desarrollo económico se pueda realizar para disfrutar de los beneficios y la derrama en las regiones de origen.

Japón, Europa, Canadá son ahora regiones tremendamente desarrolladas que han sido visionarias de problemáticas como esta, pues tanto Japón como Europa son importadores de insumos dado su escaso territorio, y precisan de comunicaciones de alto desarrollo, movilidad privilegiando siempre la calidad de vida.

Como resultado de esta problemática se desarrolló el llamado Proximity Train (Tren de proximidad – Tren de Cercanía) que permite el traslado rápido a costo accesible de una localidad a otra favoreciendo principalmente al trabajador externo, estudiantes, inversionistas a desarrollar sus actividades en las ciudades o centros urbanos para posteriormente regresar a su lugar de residencia en orden de favorecer el crecimiento y desarrollo de cada región y no de la mancha urbana tóxica y desagradable (Design of a high speed track, Ir. Davi J. Vermeij, 2000).

Finalmente, la mayor de las importancias se focaliza en la disgregación de las familias

la cual se ve más constante cuando los jóvenes abandonan su hogar en busca de desarrollo en la ciudad, lo cual además de impráctico, elimina las buenas costumbres, la cultura, y los lazos que permiten el desarrollo del individuo.

En México se ha logrado retomar el desarrollo de los ferrocarriles de pasajeros tras muchos años que se dirigió este transporte al servicio turístico, pero principalmente al transporte de cargas, por lo que se ha iniciado los trabajos de trenes rápidos desde la Ciudad De México al estado de México con el tren suburbano e incluso hasta la Ciudad de Querétaro alcanzando velocidades de hasta 300 km/h., mismo que se prevé llegue hasta la Ciudad de Guadalajara.

Se han generados varios modelos de convivencia urbano – ferroviaria para permitir el sano desenvolvimiento de los trenes con las actividades propias de la ciudad, hay manuales existentes en países como Canadá y Japón, en los que ya desarrollan este sistema pretendiéndolo como su medio masivo de transporte principal.

En este trabajo aplicamos métodos de diseño geométrico de vías para tren de alta velocidad, denominándolo tren de cercanía en la ruta La Barca – Guadalajara.

1.1 ANTECEDENTES

En una época en la que el único sendero conocido eran las carreteras, los camineros de la época llegaron a descubrir las entonces recién construidas vías férreas como caminos de hierro al ser vistas por ellos como simples terracerías con rieles como se relata en la redacción de hechos presentados en los volúmenes de la Historia de los caminos de México (Ovalle Favela, Cal, & Leach, 2011) .



1 Fig. 1 Caminos de Fierro.

En una época en la que el mayor signo de progreso de una nación eran los ferrocarriles las evidencias de México como un país subdesarrollado eran muchas, siendo este el primer eje de desarrollo para las grandes economías mundiales, por lo que se fijó como objetivo, el desarrollo de las vías férreas de México.

Con el fin de construir una economía nacional, en mercados tan aislados como las provincias mismas, se buscó crear enlaces como los que tenían las economías mundiales como las que eran la estadounidense, y la inglesa.

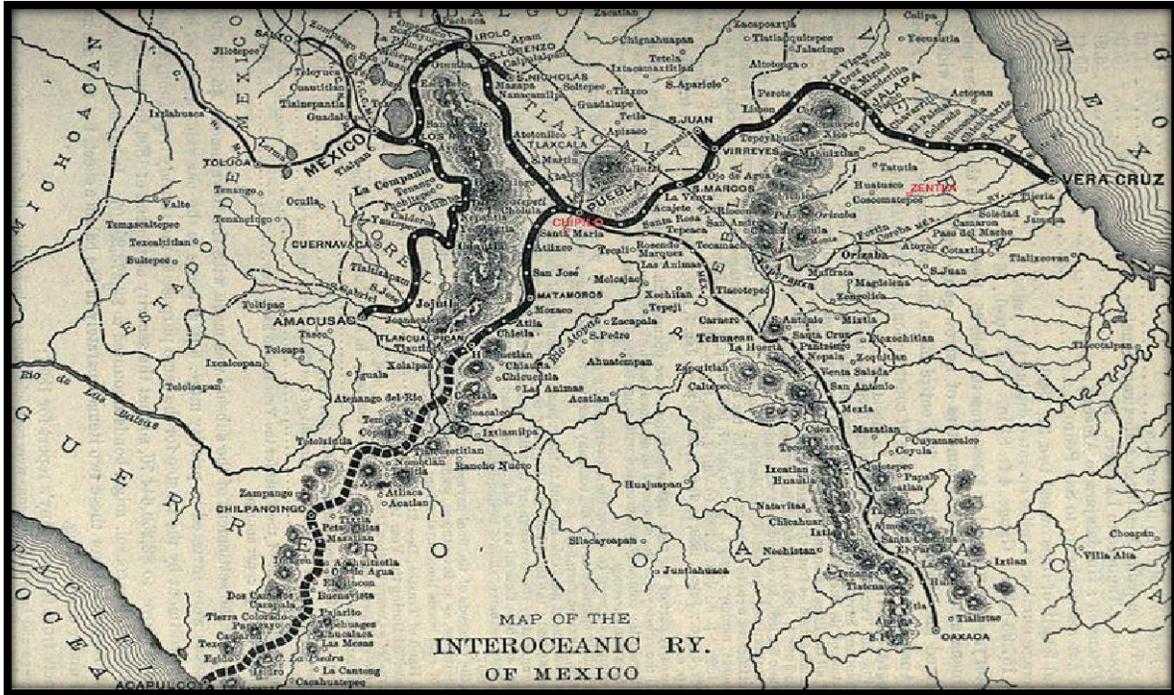
Fue hasta la época del porfiriato que esta idea concebida incluso en gestiones anteriores pudo verse concretada en sus inicios, pues con la decisión de este se logró instituir las primeras vías de los ferrocarriles.

Como una nación separada y debilitada económicamente por las guerras internas, México no poseía el capital propio para iniciar con la construcción de las vías, por lo que al otorgar concesiones se logró la construcción de las primeras 2 líneas, Veracruz a la ciudad Capital,

y completar la comunicación Interoceánica. Siendo este el primer paso hacia la unificación de espacios, concibiendo redes de intercambio dando un aliciente hacia el crecimiento sostenido de la economía del país.



2 Fig. 2 Línea 1 de Ferrocarril, Veracruz – México



3 Fig. 3.1 Línea Inter Oceánica

Fue sino hasta la intervención estadounidense en nuestro país que se suspendieron los trabajos en la construcción de vías ferroviarias. (Historia Vías Terrestres, AMIVTAC, 2015). Finalmente, el 16 de septiembre de 1850 se inauguró el primer tramo ferroviario con 11.5 kilómetros de longitud denominada Veracruz – El Molino.



4 Fig. 4 Comparativa de transporte. Año 1910.

El éxito de Porfirio Díaz fue permitir el acceso de la inversión extranjera por medio de la subvención por kilómetro ferroviario construido, exenciones de impuestos y

concesiones mineras a lo largo de la vía construida.

Como dato índice entre 1877 y 1910 se construyeron 19 mil kilómetros de vías férreas contra solo mil kilómetros de carreteras construidas en ese intervalo de tiempo. Esto para completar las actuales 27, 717 kilómetros de ferrovías actuales en el país. (Historia Vías Terrestres, AMIVTAC, 2015).

En 1995 el gobierno mexicano privatizó el Sistema Ferroviario Mexicano y como parte de este proceso se suspendieron los servicios de pasajeros regulares en el año de 1997. Tras suspender los servicios de pasajeros solo quedaron activos los servicios turísticos de la ruta Chihuahua al Pacífico, y la ruta Guadalajara - Tequila.

Hoy en día se cuenta con un nuevo servicio suburbano con la línea de la Zona metropolitana del Valle de México, en el tramo Buenavista-Cuautitlán registró un movimiento de 40.2 millones de personas, incrementándose en un 44.6% dicho movimiento, respecto a los 27.8 millones de personas transportadas en 2009. Con la operación de este servicio se fomenta el desarrollo de diversos proyectos suburbanos en el país.



5 Fig. 5 Tren turístico Chihuahua, Tren turístico Tequila exprés, Jalisco, Tren de Pasajeros Suburbano, DF.

Como fue comentado al inicio de esta partición, la movilidad, es aún hoy en día el eje del desarrollo del país y sus regiones al conectar y estimular el comercio, el mercado, y la producción de sus municipios. Tras muchos años de investigación, y con el uso excesivo del vehículo personal se ha llegado a un deterioro de la infraestructura y de los recursos naturales tales como los hidrocarburos viéndonos nuevamente ante la necesidad de encontrar un nuevo sistema de transporte de personal y de carga, que permita tener sustentabilidad y seguridad.

Tras esto, las bondades ofrecidas por los ferrocarriles son consideradas hoy nuevamente como el transporte del futuro, considerando que solo las naciones desarrolladas poseen una infraestructura ferroviaria suficiente para el comercio interno del país. El ferrocarril permite el manejo de grandes demandas de transporte, pocas exigencias de energía, escasa necesidad de terreno, poca contaminación del aire, pocos accidentes con muertos y heridos.

Localmente la ciudad de Guadalajara en el estado de Jalisco que con más de 450 años desde su fundación alcanza a sobrepasar la cantidad de 1'500,000 habitantes, con el costo de rebasar los límites de su municipio (699 kilómetros cuadrados), ocasionando la formación de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), que en su conjunto alcanzan cerca de 4'500,000 habitantes, con los muy mal distribuidos 2,764.10 kilómetros cuadrados.

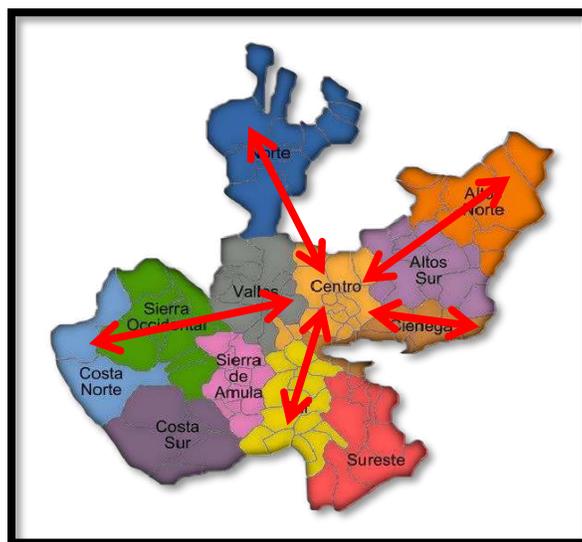


6 Fig. 6 Guadalajara de Noche

Esto perjudica la productividad del campo y demás actividades ajenas a la mancha urbana que hoy en día impera en la otrora villa maicera y demás municipalidades aledañas a la capital del estado de Jalisco. (*Historia Vías Terrestres, AMIVTAC, 2015*).

A nivel mundial se ha utilizado como medida precautoria al crecimiento de la mancha urbana la contención de las ciudades por medio de trenes de cercanía, suburbanos o interurbanos como se les maneja en distintas regiones. El ejemplo más conocido de esto es la red Tokaido de Japón que transita a grandes velocidades por el país entero nipón, en promedio a 200 kilómetros por hora. Por lo que kilómetro a kilómetro es el territorio aprovechado tanto en lo recreacional como en lo productivo.

Otros ejemplos son Europa que interconecto varias de sus líneas para lograr trasladarse de un país a otro con libertad y prontitud, siendo hasta el momento la línea francesa la más moderna hasta el momento por lo que el principio de ciudades de paso está asegurado, para no incrementar desmesuradamente el crecimiento de las urbes, no así su actividad económica logra aumentar con el tránsito rápido a diversos puntos locales y foráneos dentro de la región.



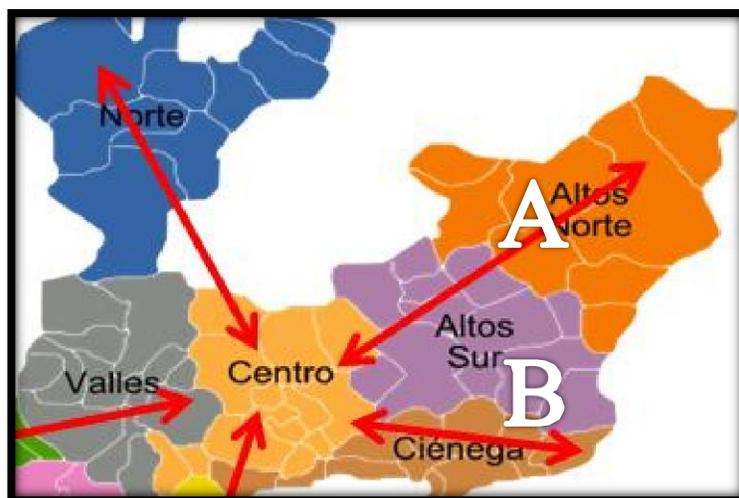
7 Fig. 7 Regiones de Jalisco interconectadas con el tren de cercanía

Es entonces necesario implementar los trenes de cercanía en el estado de Jalisco para frenar la expansión de la mancha gris urbana y contener los perjuicios que generan en la calidad de vida de los que en ella viven, toda vez que su implementación recae

en una disminución de tránsito, local y foráneo, una mayor protección a la vida, un incremento de la actividad económica en el estado, y una población flotante mayor a la residente en la ciudad por lo que la demanda de espacios es menor y la derrama económica se verá incrementada ya que la ciudadanía podrá desplazarse de su lugar de residencia a su lugar de trabajo, en tiempos mínimos eliminando con esto su necesidad de cambiar su lugar de residencia a las grandes urbes, haciendo que la derrama económica generada por esto se de en sus lugares de origen y no concentradas en un solo lugar de la región.

Se está desarrollando el tren de interconexión entre Querétaro y México, el cual plantea el desarrollo de vías nuevas mismas que comenzaron trabajos en el segundo semestre del año 2017. Este nuevo transporte forma parte de un plan regional que tendrá como objetivo la ciudad de Guadalajara, en nuestro estado de Jalisco.

Se prevé que este mismo comparta vías con el tren suburbano a una velocidad de 90 km/h y parta posteriormente desde Cuautitlán hasta su terminal al extremo opuesto de Querétaro alcance velocidades de hasta 300 hm/h, por lo cual será similar al proyecto propuesto como se muestra en la siguiente figura.



8 Fig. 8 Ruta del tren rápido con Guadalajara (A) y Tren de cercanía propuesto.

Donde la línea A muestra como la línea ferroviaria llegaría desde Querétaro hacia la región centro de Jalisco hasta llegar a la ciudad de Guadalajara, lo cual dirige este proyecto de tesis a la conexión de la región Centro con la Ciénega, importante por su conexión con el resto del país y por sus zonas de alta producción tanto de manufactura como de materias primas, hasta las proximidades con el estado de Michoacán.

1.1.1 Localización – Regiones

Se busca el desarrollo de 2 de las 12 regiones en las que se encuentra dividido el estado de Jalisco con el fin de fomentar valores como la familia, la descentralización de la economía y la calidad de vida de los jaliscienses.

En este proyecto se busca la interconexión entre 2 importantes regiones del estado de Jalisco, es decir, Ciénega y la región Centro en la que se planea converjan todas las líneas de Tren de cercanía, así como lo hará también el tren de alta velocidad de la Ciudad de México a Guadalajara.

Jalisco dividido por 12 regiones: Norte, Valles, Centro, Altos Norte, Altos Sur, Ciénega, Sierra Occidental, Sierra de Amula, Sur, Sureste, Costa Norte, Costa Sur.

Localizada al este de la capital del país colindante con el estado de Michoacán posee una extensión territorial de 4,892 km² que equivale al 6% del total del estado que posee 1'959,247.98 km² según los reportes del Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática (INEGI, 2010).

Con la actividad industrial dirigida al norte de la región se ve una pertenencia cultural de los municipios al norte de este territorio con la región de los Altos, mientras que los municipios del sur se ven principalmente favorecidos por el turismo al ser favorecidos por la Riviera de Chapala generando esta su actividad principal con sede de la región en Ocotlán.

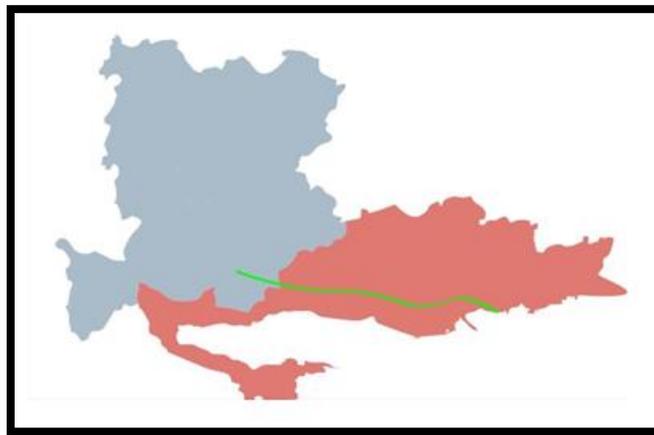
Los municipios que conforman la región Ciénega son:

1. Atotonilco el Alto
2. Ayotlán
3. Chapala
4. Degollado
5. Jamay
6. Jocotepec
7. La Barca
8. Ocotlán
9. Poncitlán
10. Tizapán el Alto
11. Tototlán
12. Tuxcueca
13. Zapotlán del Rey



9 Fig. 9 Región Ciénega, Jalisco.

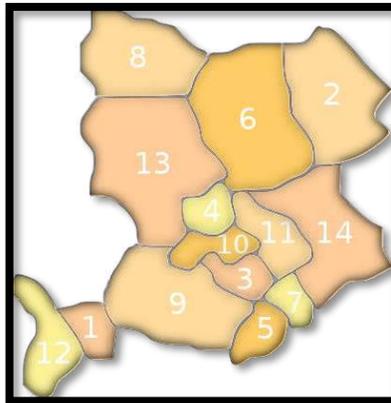
En lo que respecta a la Región Centro el desarrollo plantea temas muy diferentes pues se busca mitigar el crecimiento demográfico y el reducir la mancha urbana al permitir el crecimiento de la economía de las regiones de todo el estado de Jalisco.



10 Fig. 10 Interconexión entre Región Centro y Ciénega, Jalisco.

La Región Centro presenta características distintas al ser la capital del estado, sus actividades se remontan a la industria y turismo, pero aun con agricultura, ganadería, pesca, minería, artesanías en una zona ampliamente industrializada, conformada por 14 municipios los cuales son:

1. Acatlán de Juárez
2. Cuquío
3. El Salto
4. Guadalajara
5. Ixtlahuacán de los Membrillos
6. Ixtlahuacán del Río
7. Juanacatlán
8. San Cristóbal de la Barranca
9. Tlajomulco de Zúñiga
10. Tlaquepaque
11. Tonalá
12. Villa Corona
13. Zapopan



11 Fig. 11 Región Centro,
Jalisco.

Es de conocimiento que la región centro cuenta ya con 2 líneas de Tren Eléctrico Urbano y una 3ra en construcción de la cual se busca la conexión entre la nueva vía de tren ligero que llegara hasta la Central Camionera Nueva con la línea de tren de Cercanía para completar un sistema global de transporte interurbano. (INEGI, 2015).

1.1.2 Demografía, economía y territorio

La estratigrafía compuesta de los municipios que integran la región Ciénega, en lo particular de los que la vía principal recorrerá son:

La Barca:

El suelo dominante corresponde al tipo Vertisol pélico; y como suelo asociado se encuentra el tipo Luvisol férrico. (Gobierno de Jalisco, 2014).

Es decir, principalmente se encuentra formado por arcillas generalmente negras de alta capacidad expansiva también conocidas como montmorillonitas, por lo que en tiempos de lluvias son áreas lodosas mientras que en tiempos de secas son áreas duras cual piedra y con fisuras por doquier.

Su suelo en forma general se compone de un soporte de lecho rocoso, sobre el cual se asienta la arcilla.

Como suelo secundario (Luvisol Férrico), se denomina al lavado de partículas en suelos arcillosos que desprende hacia las capas inferiores del mismo que presenta oxidación y por lo regular presenta colores similares.



12 Fig. 12 Izquierda Vertisol Pélico, derecha luvisol férrico.

Jamay

La composición de los suelos es de tipos predominantemente vertisol pélico y feozem háplico. (Gobierno de Jalisco, 2014).

Es decir, principalmente se encuentra formado por arcillas generalmente negras de alta capacidad expansiva también conocidas como montmorillonitas, por lo que en tiempos de lluvias son áreas lodosas mientras que en tiempos de secas son áreas duras cual piedra y con fisuras por doquier.

Su suelo en forma general se compone de un soporte de lecho rocoso, sobre el cual se asienta la arcilla.

Como el suelo secundario tenemos el feozem háplico, es el cuarto suelo más abundante en el país, se pueden presentar en cualquier relieve o clima excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Se caracteriza por una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes.

Cuando son profundos por lo general se encuentran en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos.



13 Fig. 13 Izquierda Vertisol pélico y derecha feozem háplico.

Ocotlán

Los suelos dominantes pertenecen al tipo vertisol pélico; y como suelo asociado se encuentra el feozem háplico. (Gobierno de Jalisco, 2014).

Es decir, principalmente se encuentra formado por arcillas generalmente negras de alta capacidad expansiva también conocidas como montmorillonitas, por lo que en tiempos de lluvias son áreas lodosas mientras que en tiempos de secas son áreas duras cual piedra y con fisuras por doquier.

Su suelo en forma general se componer de un soporte de lecho rocoso, sobre el cual se asienta la arcilla.

Como el suelo secundario tenemos el feozem háplico, es el cuarto suelo más abundante en el país, se pueden presentar en cualquier relieve o clima excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Se caracteriza por una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes.

Cuando son profundos por lo general se encuentran en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos.



14 Fig. 14 Izquierda Vertisol pélico y derecha feozem háplico.

Poncitlán

Los suelos dominantes pertenecen al tipo vertisol pélico; y como suelo asociado se encuentra el feozem lúvico. (Gobierno de Jalisco, 2014).

Es decir, principalmente se encuentra formado por arcillas generalmente negras de alta capacidad expansiva también conocidas como montmorillonitas, por lo que en tiempos de lluvias son áreas lodosas mientras que en tiempos de secas son áreas duras cual piedra y con fisuras por doquier.

Su suelo en forma general se componer de un soporte de lecho rocoso, sobre el cual se asienta la arcilla.

Como el suelo secundario tenemos el feozem lúvico, es el cuarto suelo más abundante en el país, se pueden presentar en cualquier relieve o clima excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Se caracteriza por una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes.

Cuando son profundos por lo general se encuentran en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos.



15 Fig. 15 Izquierda Vertisol pélico y derecha feozem háplico.

Zapotlán del Rey

Los suelos dominantes pertenecen al tipo vertisol pélico; y como suelo asociado se encuentra el feozem háplico. (Gobierno de Jalisco, 2014).

Es decir, principalmente se encuentra formado por arcillas generalmente negras de alta capacidad expansiva también conocidas como montmorillonitas, por lo que en tiempos de lluvias son áreas lodosas mientras que en tiempos de secas son áreas duras cual piedra y con fisuras por doquier.

Su suelo en forma general se componer de un soporte de lecho rocoso, sobre el cual se asienta la arcilla.

Como el suelo secundario tenemos el feozem háplico, es el cuarto suelo más abundante en el país, se pueden presentar en cualquier relieve o clima excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Se caracteriza por una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes.

Cuando son profundos por lo general se encuentran en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos.



16 Fig. 16 Izquierda Vertisol pélico y derecha feozem háplico.

La estratigrafía compuesta de los municipios que integran la región Centro, en lo particular de los que la vía principal recorrerá son:

Juanacatlán

Los suelos dominantes pertenecen al tipo Vertisol pélico y Regosol eútrico; y como suelo asociado se encuentra el tipo Feozem háplico. (Gobierno de Jalisco, 2014).

Es decir, principalmente se encuentra formado por arcillas generalmente negras de alta capacidad expansiva también conocidas como montmorillonitas, por lo que en tiempos de lluvias son áreas lodosas mientras que en tiempos de secas son áreas duras cual piedra y con fisuras por doquier.

Su suelo en forma general se componer de un soporte de lecho rocoso, sobre el cual se asienta la arcilla.

Así mismo como suelo principal se encuentra el Regosol eútrico está formado por sedimentos arenosos, toba, limo arenoso y arena fina, lo que se denomina suelo compuesto. Como el suelo secundario tenemos el feozem háplico, es el cuarto suelo más abundante en el país, se pueden presentar en cualquier relieve o clima excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Se caracteriza por una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes.

Cuando son profundos por lo general se encuentran en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos.



17 Fig. 17 De Izquierda a derecha, Regosol eútrico, vertisol pélico, feozem háplico.

El Salto

La composición del suelo dominante corresponde al de tipo Planosol eútrico y pélico; y como suelo asociado se encuentra el tipo Feozem lúvico. (Gobierno de Jalisco, 2014).

El suelo principal o dominante denominado como Planosol principalmente consta de suelos pobres, ya sea utilizados para el cultivo de arroz por procesos de inundación o si es en zonas secas con forrajeras o pastizales extensivos sin embargo por sus procesos especializados en muchos lugares no son usados con fines agrícolas.

Los planisoles previenen de suelos planos o llanos, que permiten el anegado temporal de aguas por lo cual permiten una degradación del suelo al subsuelo.

La destrucción o licuación de la arcilla produce un horizonte blanquecino grueso que abruptamente irrumpe en un material más fino.

Como el suelo secundario tenemos el feozem háplico, es el cuarto suelo más abundante en el país, se pueden presentar en cualquier relieve o clima excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Se caracteriza por una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes.

Cuando son profundos por lo general se encuentran en terrenos planos y se utilizan

para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos.



18 Fig. 18 Planosol

San Pedro Tlaquepaque

Los suelos predominantes pertenecer al tipo Feozem háplico y Planosol eútrico; y como suelo asociado se encuentra el Planosol pélico.

El primero de los suelos predominantes es el feozem háplico, es el cuarto suelo más abundante en el país, se pueden presentar en cualquier relieve o clima excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Se caracteriza por una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes.

Cuando son profundos por lo general se encuentran en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con altos rendimientos.

El segundo suelo principal o dominante y que deriva como secundario Planosol principalmente consta de suelos pobres, ya sea utilizado para el cultivo de arroz por procesos de inundación o si es en zonas secas con forrajeras o pastizales extensivos sin embargo por sus procesos especializados en muchos lugares no son usados con fines agrícolas.

Los planisoles previenen de suelos planos o llanos, que permiten el anegado temporal de aguas por lo cual permiten una degradación del suelo al subsuelo.

La destrucción o licuación de la arcilla produce un horizonte blanquecino grueso que abruptamente irrumpe en un material más fino.



19 Fig. 19 Izquierda Feozem, derecha Planosol

Los datos presentados se agruparán, realizando un análisis del uso del suelo para generar el menor impacto posible a la región en cuanto afectaciones, pero si generar impactos positivos en el desarrollo del estudio.

A continuación, se presenta un concentrado en la Tabla 1.1 con los datos demográficos de los municipios a los que directa e indirectamente afectará la puesta en marcha de este proyecto una vez construido el tren de cercanía lo que nos permitirá observar la magnitud del beneficio que encontrará la región al aplicar dicha metodología.

Tabla 1 Compilación demográfica en vía de estudio, Datos INEGI 2010

Región	Municipios	Población con actividad económica	% del total del municipio	Población total del municipio	Territorio km2
Ciénega	La Barca	23,902	37.19	64,270	379.48
	Jamay	8,516	37.22	22,880	174.49
	Ocotlán	37,231	40.14	92,753	247.70
	Poncitlán	16,866	34.84	48,410	672.61
	Zapotlán del Rey	6,284	35.73	17,587	320.90
Centro	Juanacatlán	9,133	69.09	13,219	80.08
	El Salto	54,212	39.22	138,225	41.50
	Tlaquepaque	260,038	42.76	608,134	270.88
Volante	ZMG	1,500,000	1.00	1,500,000	NA

De lo cual partimos para sugerir que existen más de 2 millones de beneficiados con la participación de esta vía, dando como resultado la reducción de tráfico local fluctuante, así como permanente tanto por que la población podrá no permanecer necesariamente en la ciudad o por economía y cultura verse facilitados con transporte rápido a sus localidades.

Capítulo 2: Objetivo de la investigación

En el presente proyecto se emplean cálculos para describir el proyecto geométrico de una línea de tren de cercanía entre puntos de desarrollo del estado de Jalisco que permitan establecer un precedente bibliográfico para la implementación de otros puntos, otros proyectos y a su vez se logre la conexión entre el estado.

Se aplican las experiencias nacionales y locales en el empleo de vías de ferrocarril, así como las tendencias a nivel mundial, mismas que ya fueron probadas por países con franco desarrollo, los estudios internacionales, así como sus modelos en el diseño de trenes de proximidad en el planeo de ferrovías.

2.1 : Objetivo General

Romper con el estigma que supone los trenes como una fuente de accidentes, al emplear metodologías que permitan la coexistencia de este con los ciudadanos, esto es planteando los sistemas conocidos como iniciativas de proximidad y de convivencia, que existen tanto en el gobierno de México “plan de convivencia urbano – ferroviaria” como en otros países.

Analizar la factibilidad de la implementación del Tren de Cercanía en el km. I-150 al km I-240 mismos que corresponden a la Línea Ferroviaria denominada “I” en cuanto a su proyecto geométrico.

2.2: Hipótesis

Suponer la factibilidad de diseño de una ferrovía con capacidad para albergar el llamado tren de cercanía, que no es otra cosa más que un tren suburbano de alta velocidad.

Reconociendo su empleo en varios países, y su éxito en rutas tan importantes a nivel mundial, con casos tan sonados como Francia, España, Japón, es viable suponer que nos permitiría crear un modelo de transporte que sea sensible a la necesidad de la ciudad de no crecer en forma tan desproporcionada sin perder su capacidad económica.

Hi: Es factible la de la implementación del Tren de Cercanía en el km. I-150 al km I-240 mismos que corresponden a la Línea Ferroviaria denominada “I” en cuanto a su proyecto geométrico.

Capítulo 3: Marco teórico – Composición del proyecto Geométrico, Cálculo, Diseño y Parámetros.

Para entender el desarrollo del caso de estudio tenemos que comprender conceptos básicos como lo son el diseño de una Curva Horizontal, Sobreelevaciones y el desarrollo de los puntos de inflexión que se dan a lo largo del eje de la vía que ya se encuentra construida previamente y cuyo uso en el día de hoy es principalmente de carga, aunque años atrás se usaba también para transporte humano.

Esto cambio cuando se firmó el convenio de privatización de las Vías Férreas para el cual la empresa Ferromex tiene la concesión del área norte y occidente del país, siendo el concesionario mayor de nuestra nación, cambiando por cuestiones de beneficio económico a la exclusividad de transporte de carga para los llamados “Caminos de Fierro”, a reserva de 2 conocidos casos como son “El Chepe” en Chihuahua y en Jalisco el llamado “Tequila Express” mismos que por su relevancia turística han permanecido como ventanas al pasado tanto por su referencia a los paisajes como a los procesos industriales a los que se someten.

El planteamiento del problema que tenemos a solucionar es el realizar una comparativa de las instalaciones actuales en concesión de Ferromex sobre los puntos a cuidar para un tren de alta velocidad para considerar su viabilidad en la realización de un proyecto que cumpla con los parámetros de seguridad para su implementación.

El proyecto para el cual se tiene pensado realizar el diseño se encuentra ubicado en la parte central del Estado de Jalisco, casi en su colindancia con el Estado de Michoacán, iniciando el recorrido desde la municipalidad de La Barca, formando un recorrido casi costero por la Laguna de Chapala hasta llegar, en forma muy cercana, a los Patios de Guadalajara.

Dado que no podemos realizar un estudio físico de la vía ya que para tal efecto necesitaríamos cantidades enormes de dinero, el cual para este proyecto no contamos,

podemos trabajar sobre las bases de información ya establecidas en varios parámetros a nuestra disposición, tanto digitales como de medios públicos nacionales como son la misma concesión o en su caso medios digitales que se encuentran en internet, aunque estos últimos no presentan una realidad o exactitud aceptable para estudios del nivel de tesis al cual deseamos acceder.

Por lo antes expuesto haremos uso de las cartas de vía que la federación realizó al momento de entregar la concesión de la vía a la empresa beneficiada, en dicha carta se presentan kilómetro a kilómetro información tan diversa y exacta como lo son la división, distrito al que pertenece, características de la vía como el tipo de riel, durmientes, derecho de vía, pendientes, velocidad de proyecto y permitida, los kilometrajes de cada una de las siguientes opciones; curvas horizontales, punto de comienzo de la curva, punto de término de la curva, grado de curvatura, sobreelevación, señales de las curvas, cruces vehiculares, cruces de vía, entre otras.

Es por esto por lo que podemos considerar, con muy bajo margen de error, que contamos con un levantamiento de la estructura con un nivel de confianza aceptable para realizar el estudio que deseamos interpretar ante la aceptación de este trabajo.

Sin embargo necesitamos conocer para esto tanto el procedimiento de desarrollo de los cálculos básicos para conocer los datos obtenidos, como poder realizar una comparativa clara y con criterio sobre los parámetros nacionales, e internacionales principalmente europeos para su aceptación o rechazo en la implementación del proyecto en mención, sobre lo cual comenzaremos a plantear la teoría de curvas y el desarrollo de los datos que podemos obtener los cuales para beneficio de este estudio serán principalmente, PC de la curva en cuestión, PT de la curva en cuestión, GRADO DE CURVATURA, LONGITUD DE LA CURVA, y SOBREELEVACION.

3.1: Diseño Geométrico. - Cálculo de curvas Horizontales

En el estudio de caminos necesitamos tomar en cuenta el desarrollo de la vía misma y los puntos que visitara para poder desarrollar mediante el estudio de las pendientes la ruta más factible para trazar el eje de la vía en forma preliminar y hacer revisiones conforme a la rentabilidad del proyecto.

Un eje preliminar consta de las tangentes unidas en los PI, que son los puntos de inflexión, desde el punto de origen hasta el destino en doble sentido, así como los kilometrajes de la vía preliminar mismos que serán considerados para su modificación una vez realizados los cálculos pertinentes para las curvas horizontales.

Si formáramos un algoritmo para la solución de curvas horizontales el primer paso sin duda sería el nombrar el primer punto, de izquierda a derecha, donde se presente el PI el cual comúnmente es el sentido de cadenamiento preliminar que se toma para el cálculo de curvas nombrándolo como C1, o Curva 1 teniendo a bien cambiar en forma consecutiva a C2 o Curva 2 si fuera el siguiente no siendo limitativo de otras nomenclaturas que puedan usarse en otras circunstancias.

Posterior a la nomenclatura el paso numero 2 podría considerarse como obtener el ángulo de inflexión " Δ " el cual se obtiene ya sea extendiendo la tangente y formando un ángulo hacia el siguiente punto visado del PI o la siguiente curva a analizar, tomando en cuenta que la misma puede realizarse tanto en papel como en campo con equipos electrónicos, y anotándolo como " Δ_{cn} " siendo "n" el subíndice que corresponda para el caso de la curva en cuestión.

El paso 3 es registrar el sentido del cadenamiento, así como el cadenamiento del "PI" y considerar el grado de curvatura " G_{cn} " al que se someterá el cálculo en pasos posteriores.

El paso 4 es iniciar con los cálculos obteniendo el Radio de curvatura " R_{cn} " siendo "n" el subíndice que corresponda para el caso de la curva en cuestión.

El paso 5 es continuando con los cálculos el definir el cálculo de la longitud de la curva mediante la ecuación pertinente obteniendo el "Lcn" siendo "n" el subíndice que corresponda para el caso de la curva en cuestión.

Haciendo uso del cálculo previo del radio de curvatura en el paso 6 procedemos a obtener la Sub tangente "STcn" que no es otra cosa más que el espacio en metros dado entre el "PI" y el "PC" siendo este último el punto de comienzo de la curva sobre el cual comenzaría a desarrollarse la curvatura con longitud también ya calculada en "Lcn".

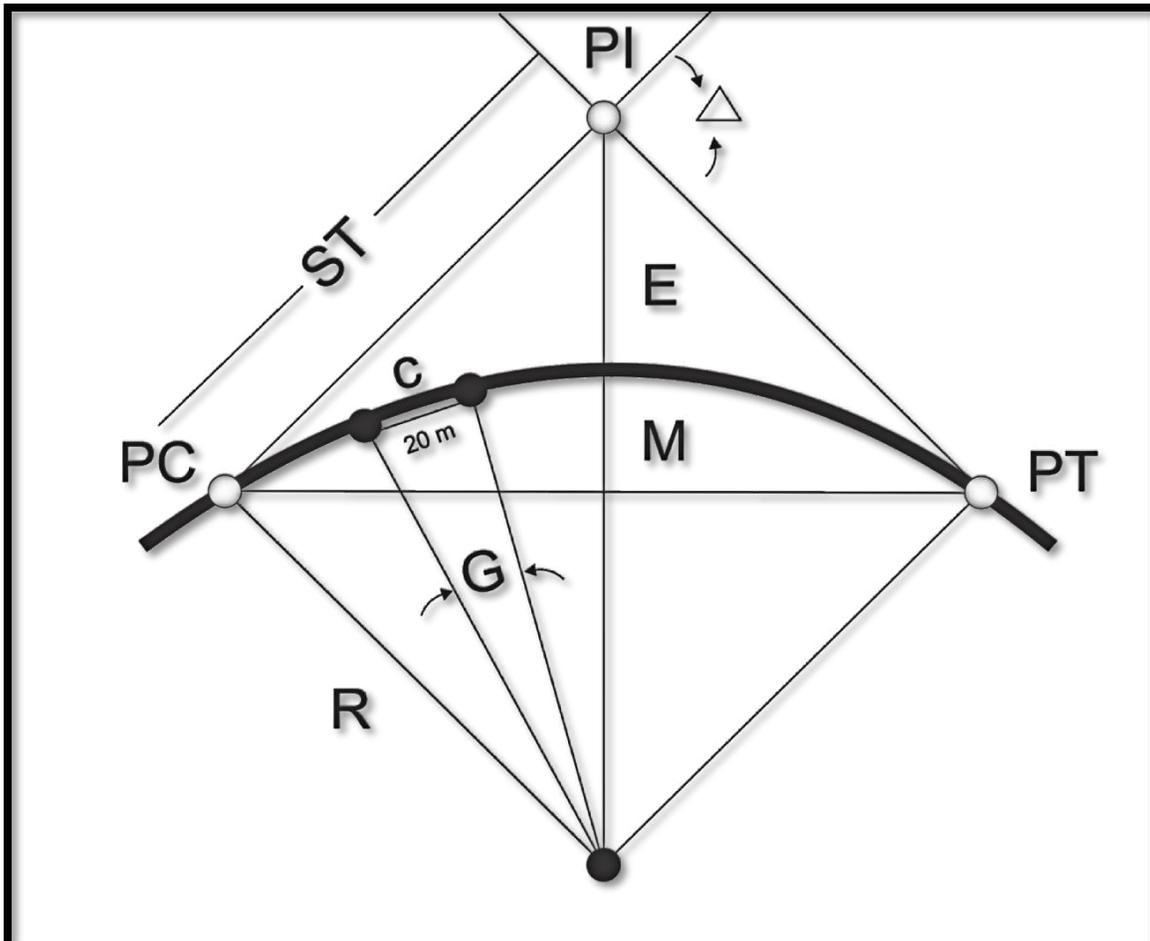
Dado que ya tenemos el punto "PI" y su cadenamamiento en el paso 7 obtenemos los cadenamamientos de "PC" restándole el "ST" y posteriormente para obtener el "PTcn" que es el punto de terminación de la curva se le suma al "PC" el valor de "LC" dado que al ser una curva varía el procedimiento dejando fuera el valor de "ST".

Algunas consideraciones básicas para la implementación de dichos cálculos es que el grado de curvatura propuesto para los cálculos siempre debe tender a ser lo más pequeño posible siendo dentro de lo que se nos permita por lo menos una curva suave, dado que en ocasiones nos podemos encontrar con obstáculos ya sea objetos inamovibles u otras consideraciones sociales que nos impidan realizar la curva con curvas suaves en ocasiones se tendrá que elevar el Grado de curvatura cuidando de no exceder el máximo permitido por las normas o en este caso por los parámetros establecidos por SCT, IMT o alguna institución internacional que nos permita juzgar en beneficio de nuestro proyecto.

Así mismo se debe considerar en campo que las distancias en el trazo coincidan puesto que estas variaciones pueden generar errores en la obra que hagan diferir con el proyecto presentando afectaciones adicionales en su ejecución de diversas índoles.

Sin embargo, en este caso ya contamos con el desarrollo y construcción de un proyecto establecido por varias décadas por lo que es necesario acotar el estudio a las curvas ya existentes, sin embargo, para esto fue necesario el haber considerado un proyecto general con los elementos previamente indicados limitándonos solo a considerar los parámetros actuales con los internacionales en cuanto a su aceptación o rechazo.

NOMENCLATURAS DE UNA CURVA HORIZONTAL



- PI.- Punto de Inflexión
- PC.- Punto de Comienzo de la curva
- PT.- Punto de Terminación de la curva
- c.- Cuerda
- ST.- Subtangente
- Rc.- Radio de la curva
- Gc.- Grado de curvatura

$$Rc = 1145.92 / G$$

$$Lc = 20 \Delta / 2$$

$$ST = Rc * \tan(\Delta / 2)$$

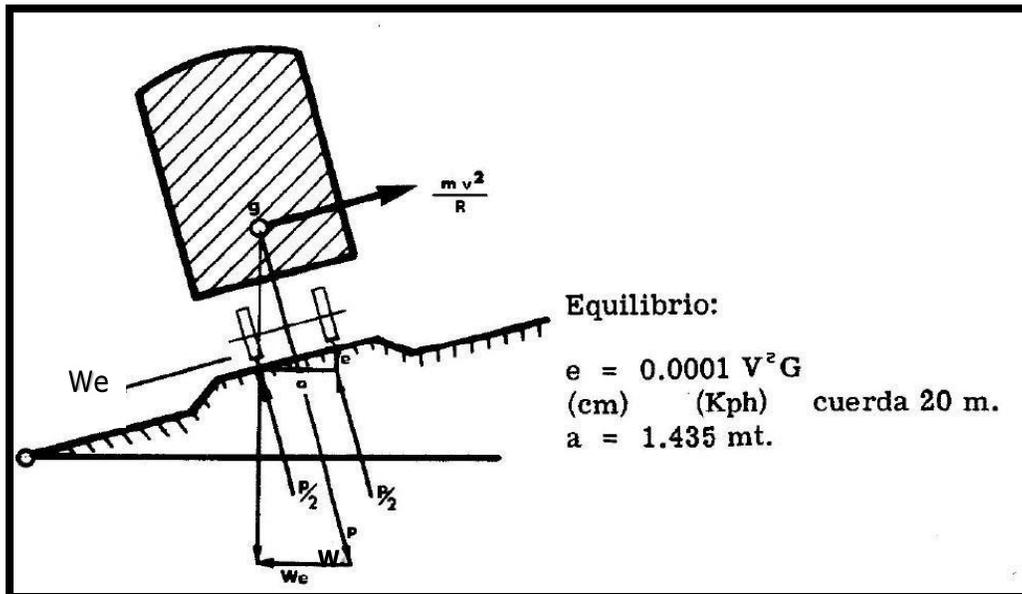
20 Fig. 20 Trazo y fórmulas de una curva horizontal simple típica.

3.2: Diseño Geométrico. - Sobreelevación

Un punto de vital importancia en el diseño geométrico y en especial en el cálculo de trenes de alta velocidad es la incorporación de la sobreelevación en correlación con la velocidad de tránsito ya que esta causa, según se ha demostrado en diversos estudios una influencia drástica en la estabilidad y en la seguridad de este.

La estabilidad provoca fuerte influencia en la magnitud de la fricción entre la máquina-llantas con la vía lo cual lleva a el desgaste y el considerar un alto desgaste nos lleva a contemplar los 2 efectos que presenta en la comodidad tanto por el ruido excesivo como por la gran vibración que se desarrollara por el hecho del rose mismo y esto sin considerar que la vía dejara de ser funcional en menos tiempo por este hecho.

La seguridad siendo el principal efecto para buscar en cualquier método de transporte se ve principalmente afectado al entrar en una curva ya que comienzan a participar fuerzas centrípetas y centrífugas que podrían, estas últimas, sacarnos de la vía y poner en riesgo la vida de los usuarios, así como la integridad misma de la máquina.



21 Fig. 21 Gráfico de equilibrio en sobreelevación entre fuerzas.

3.3: Diseño Geométrico. - Comparativas de la situación Nacional y en México

En México y en gran parte de América nos encontramos aun en vías de desarrollo en el tema de trenes de alta velocidad, ya que en fechas recientes se ha comenzado a implementar este medio de transporte en lugares como Canadá siendo tomado apenas con poca innovación tratando de acoplarnos al diseño de este método ya plenamente usado en diferentes países.

En nuestro país se ha comenzado a usar ya en ejemplos como el Tren México - Querétaro el cual usa en gran medida vías ya construidas, modernizando algunas y construyendo algunas otras.

Por ello creo necesario incluir una comparativa internacional para aplicaciones de las vías Férreas en Europa como en México.

Para el Tren de alta velocidad, así como para los trenes regulares y de carga el ancho de la vía permanece en ambos ámbitos de desarrollo como 1.435 m o 1435 mm siendo la anchura actual que presenta la vía construida por lo que el punto principal de factibilidad se encuentra satisfecho al, como mínimo, estar constituidas de la misma forma.

Sin embargo, al presentar datos ya muy estudiados en el mundo y tan representativos como los parámetros de las Curvas Horizontales y de las Curvas Verticales como son los radios de curvatura en ambos parámetros, las pendientes longitudinales y transversales, así como los peraltes o sobreelevaciones.

Encontramos los siguientes Radios Mínimos de Curvatura:

	200 km/hr	250 km/hr	280 km/hr	300 km/hr	330 km/hr	350 km/hr
Radios Mínimos (m)	1888	2950	3700	4248	5140	5782

Tabla 2 Radios de curvatura mínimos con trenes categoría A, Datos

Mientras que en México presenta distintas variantes en los parámetros como una reducción a 400 metros en el radio mínimo de curvatura considerado a 300 km/hr.

Otros puntos comparativos que tomaremos en cuenta son un peralte o sobre elevación de 100 a 150 mm conforme a la velocidad óptima y tomando en cuenta según la categoría de tren y de la vía.

Cabe destacar que existen 3 tipos de categorías de trenes en uso los cuales son los siguientes:

Tren tipo A: Vehículos convencionales con máquinas antiguas y tren motriz rígido.

Tren tipo B: Vehículos con máquinas mejoradas, en condiciones de aprobación.

Tren tipo C: Vehículos con máquinas mejoradas, y tren motriz autonivelante.

Por lo que diseñar en vehículos de Tren tipo C es decir con vehículos mejorados y con capacidad de auto nivelación en las curvas equilibrándose ante las fuerzas que experimenta el equipo permitiría aumentar entre 20 a 30 por ciento la velocidad que pueda alcanzar el vehículo con seguridad.

Capítulo 4: Metodología

A continuación, se desglosan los métodos que se emplearon para resolver las complicaciones de diseño que se presentaron al buscar la viabilidad de empleo de trenes de cercanía en las instalaciones del tren concesionadas a Ferromex en el estado de Jalisco ubicado entre La Barca y los límites de la ZMG. Los cuales consisten en realizar comparativas entre las instalaciones actuales expuestas en los parámetros planteados en los levantamientos oficiales que se encuentran en las Cartas de Vía que manejan legalmente las dependencias para su mantenimiento y cuidado.

Las cartas de vía, como se mencionó previamente, son documentos que presentaron variados números y datos tales como el Kilómetro y su desarrollo, localización de centros de población, alcantarillas, obras de cruce, pasos a desnivel, laderos, paraderos, intersecciones, y algunas de los datos geométricos de la vía que se pueden observar son: **PC, PT, GRADO DE CURVATURA, SOBRE-ELEVACION, CONSECUTIVO DE LA CURVA** entre otros.

Principalmente se realizó con estos datos los cálculos que se necesitan, planteando el uso de las fórmulas base enlistadas para resolver, siguiendo los métodos europeos.

Para conocer si las curvas de la vía propuesta cumplen con los cálculos mínimos para trenes de alta velocidad se consideraron los siguientes planteamientos algebraicos buscando conocer el Radio de la curva por lo cual necesitamos contar con el Grado de curvatura y dado que:

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

Tabla. 3 parámetros

$R_c=1145.92/G_c$ donde: “ R_c ” es Radio de curvatura y “ G_c ” es el grado de curvatura. Podemos obtener un parámetro claro sobre el estado actual habiendolo comparando con el siguiente que son los mínimos aceptables. (Fuente: Trial Geometry for high speed tracks).

Dado que se encontró casos en que los radios de curvatura apenas tengan 500 metros de longitud es necesario conocer la velocidad permitida en dicho tramo para que el tren siga circulando, todavía, en condiciones de seguridad tanto para el usuario como para la integridad de la vía y de la máquina.

Esto se realizó con el planteamiento de la siguiente formulación:

$$V=(R_{min}*250/11.8)^{0.5} \quad \text{Ec. 01}$$

Donde “ V ” es la velocidad del vehículo, “ R ” es el radio de curvatura mínimo y el resto valores absolutos.

El cual significa que la velocidad es directamente proporcional al radio de giro que se le permita al vehículo para vencer las fuerzas de inercia que se ejercen en sus axiales que presentan presión tratando de evitar que permanezcan en la vía y empujándolos fuera de la vía.

Cabe denotar que hay atenuantes ante los criterios de aceptación de una curva dado que en zonas urbanas por la misma seguridad de la vía y de las personas se tiende a reducir la velocidad permitida dado que es, en muchos casos, imposible cambiar el proyecto geométrico por razones de economía, así como diversas de índole social.

Por esto se puede considerar en forma no limitativa como solución el que se puede presentar una estación en los puntos bajos de velocidad que presente el cálculo dado que en su mayoría se presentan ya cercanos a los centros de población, teniendo esto principalmente beneficios en cuanto a la posibilidad de reducir la velocidad de aproximación o llegada y la de salida, eso toda vez que se tiene que recordar que un diseño de vía siempre es en ambos sentidos y en forma adjunta al trabajo presentamos en forma de Anexo los cálculos realizados

para el análisis del trabajo.

Nota Importante: Todos los datos obtenidos para los cálculos fueron recogidos de las Cartas de vía utilizados por SCT para revisión, oficiales y vigentes.

Capítulo 5: Disertación de resultados.

A lo largo de 26 curvas se realizó el análisis del estado actual para recibir un tren de alta velocidad con modificadores que permitan la utilización de estos en las vías y su posibilidad de llevarse a cabo con realidad fundamental científica.

Curva No.	Hoja Carta Vía	Punto Inflexión	Velocidad (km/hr)	Gc (°)	Rc (m)	Estado
1	32	155+329	108.83	2.05	558.99	Aceptada
2	32	158+679	155.81	1	1145.92	Aceptada
3	33	163+389	169.00	0.85	1348.14	Aceptada
4	34	165+289	111.58	1.95	587.65	Aceptada
5	34	165+973	89.96	3	381.97	Aceptada
6	34	167+274	110.18	2	572.96	Aceptada
7	35	170+116	89.22	3.05	37571	Aceptada
8	35	171+290	95.72	2.65	432.42	Aceptada
9	35	171+724	87.79	3.15	363.78	Aceptada
10	36	175+326	169.00	0.85	1348.14	Aceptada
11	36	176+524	155.81	1	1145.92	Aceptada
12	37	181+164	76.95	4.1	279.49	Aceptada
13	37-38	183+489	232.27	0.45	2546.49	Aceptada
14	39	193+795	155.81	1	1145.92	Aceptada
15	40	196+880	107.52	2.1	545.68	Aceptada
16	40	197+450	155.81	1	1145.92	Aceptada
17	42	205+635	193.26	0.65	1762.95	Aceptada
18	42	208+219	193.26	0.65	1762.95	Aceptada
19	43	213+803	102.74	2.3	498.23	Aceptada
20	43	214+183	129.4	1.45	790.29	Aceptada
21	43+44	214+942	193.26	0.65	1762.95	Aceptada
22	44	216+060	103.88	2.25	509.3	Aceptada
23	44	219+059	152.06	1.05	1091.35	Aceptada
24	46	225+978	155.81	1	1145.92	Aceptada
25	47+48	234+797	155.81	1	1145.92	Aceptada
26	48	235+522	87.79	3.15	363.78	Aceptada
27	48	237+997	179.92	0.75	1527.89	Aceptada

Es tras los resultados anteriores y el análisis de los datos que podemos aplicar el sistema, teniendo en cuenta solamente las zonas urbanas que obligan a la reducción de velocidad para su inclusión en la urbe.

Capítulo 6: Conclusiones.

Teniendo como inicio el desarrollo de las velocidades máximas en las curvas podemos determinar velocidades promedio y con ello plantear que podemos tener tiempos muy cortos de desplazamiento de inicio a fin dentro de la ruta.

Por ello podemos determinar que siendo cerca 90 km de longitud total de la curva y teniendo una velocidad promedio de 150 km por hora se puede tener un recorrido de 35 minutos considerando un transporte de 10 estaciones más otro que se considere exprés que visite la mitad (5) y con ello reducir aún más los tiempos de traslado.

Considerando que el presente estudio se hizo considerando máquinas tipo “A” las cuales presentan el rendimiento más pobre y menos seguro, podemos afirmar que usando equipos de vanguardia y mínimos de clase “C” con compensadores de nivelación, así como de máquina y aerodinámica mejorada se aumentara con toda seguridad los límites de velocidad permisibles.

Es al tomar en consideración todos los elementos vistos en este estudio que es posible entender que los llamados “trenes de cercanía” son la absoluta solución para el aminorar el crecimiento desmedido de la mancha urbana en la capital del estado de Jalisco, así como el permitir que la cultura del estado y del interior del país permanezca intacta al ser una población radicada en su lugar de origen, aunque con una gran movilidad.

Por lo que podemos considerar que las infraestructuras ferroviarias del tipo III son justificadas para las vías actuales en las que existen al mismo tiempo transportes de carga y de alta velocidad.

La hipótesis fue comprobada.

Referencias

[Francisco M. Togno, R.S.I. 1979. Ferrocarriles. Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México.]

[Téllez Gutiérrez, Rodolfo; Torras Ortiz, Sandra. Tren de alta velocidad México– Guadalajara, Algunas consideraciones técnicas para el proyecto de trenes de alta velocidad. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Querétaro, México, Febrero del 2004.]

[Crespo Villalaz, Limusa 2014. Vías de Comunicación. Distrito Federal, México]

[Martin Lindahl, 2001. Track geometry for high-speed railways. Royal Institute of Technology –Railway Technology, Stockholm, Switzerland]

[Trenes de alta velocidad en el mundo y su posible utilización en México, MC. Rodolfo Téllez Gutiérrez, Coordinador de infraestructura, Instituto Mexicano del Transporte]

[INEGI: Censo de Población y Vivienda 2010, en <http://www.inegi.org.mx>] [Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Cartas de vía, 1985]

Curriculum Vitae

Cebralsa, S.A. de C.V., 2008-2010, Residente de obra. EPSIC, Estudios, Proyectos y Servicios Integrados para la Construcción, S.A. de C.V., 2007-2017, Jefe de proyectos y Laboratorio.

SCT Jalisco, 2009-2012, Especialista de Campo.

SCT Jalisco, 2013 – 2014, Responsable de Trámites y Proyectos en Transporte Ferroviario.

AMIVTAC Jalisco, 2009-2015, Gerente General.

AMIVTAC Jalisco-Universidad Autónoma de Chihuahua como Coordinador de la Maestría en Vías Terrestres con 4 Generaciones.

Cebralsa, S.A. de C.V., 2008-2010, Apoyo como control de Calidad.

Universidad Guadalajara Lamar, Docente Periodo 2018-A a 2019-B.

Universidad Cuauhtémoc Guadalajara, Docente periodo 2020-A

Centro de Enseñanza Técnico Industrial (CETI), Docente periodo 2020-A

Domicilio Permanente: <Valle de Ameca 2531, Parque Real>
<Zapopan, Jalisco, 45138>

Este caso de estudio fue mecanografiado por <Carlos Alberto Ulloa Leño>.

ANEXOS: CÁLCULOS

DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		32
CURVA EN CARTA DE VÍA:		60	CURVA CONSECUTIVA:		1	 
PI:	155+329	PT:	155+739	NOMBRE:	C1	
GRADO DE CURVATURA "Gc		2.00	grados	3.00	minutos	

LOCALIZACIÓN

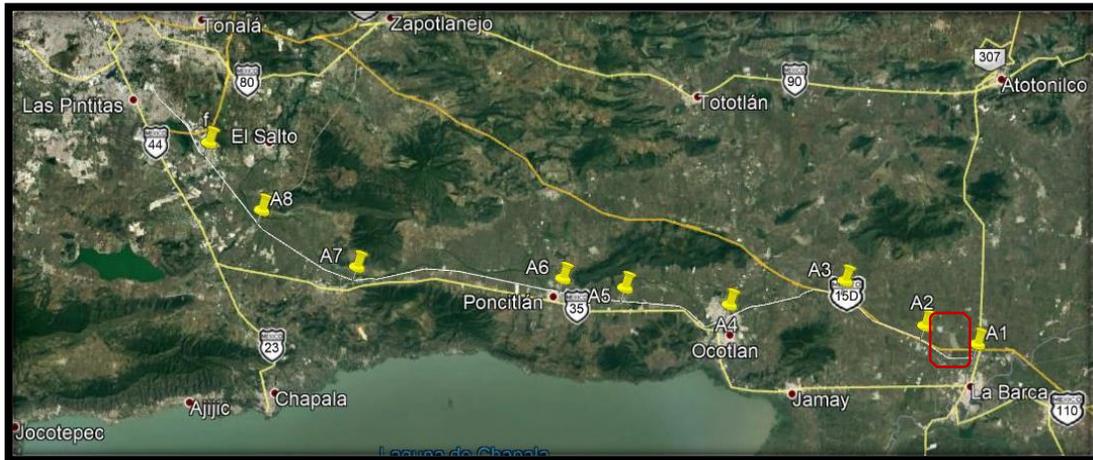


Fig. 22 Localización Curva C1

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

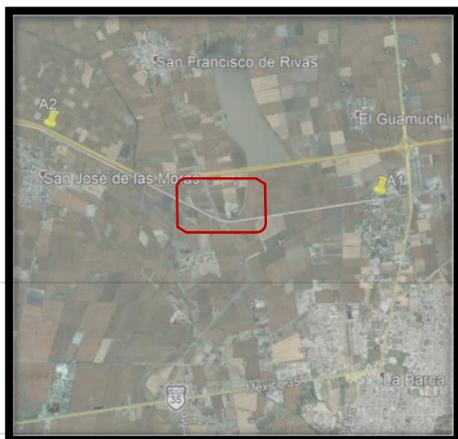
PARÁMETROS

Radio de Curvatura=
Gc= grados

558.99 m
igual a= 2.05

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA



Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 108.83 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA

Fig.23 Curva "C1", Google earth



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		32	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		61		CURVA CONSECUTIVA:		2	
PI:	158+679	PT:	159+029	NOMBRE:	C2		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		1.00		grados		0.00 minutos	



LOCALIZACIÓN

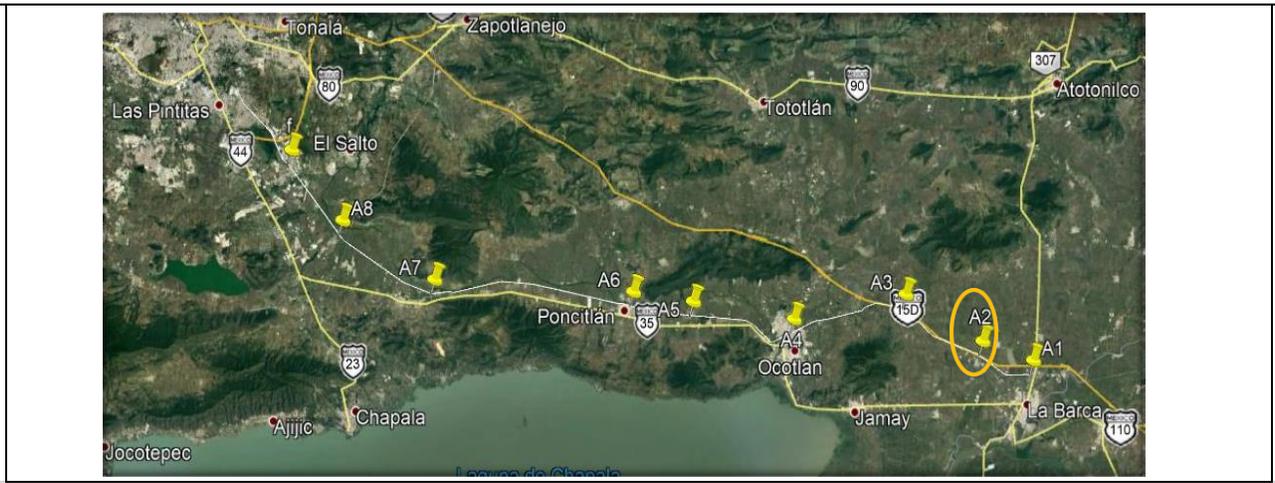


Fig. 24 Localización Curva "C2"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

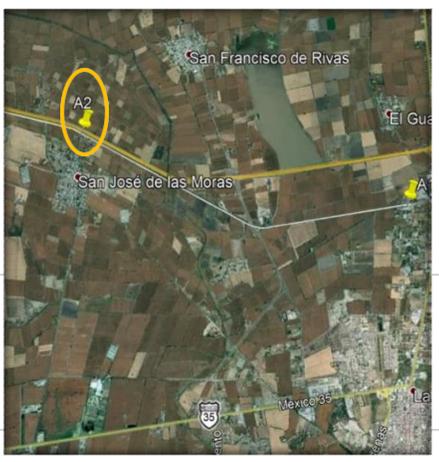
PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1145.92 m
 Gc= grados igual a= 1

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks



Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 155.81 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:
 Zona Urbana:

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

Fig.25 Curva "C2", Google earth

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		33	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		62		CURVA CONSECUTIVA:		3	
PI:	163+389	PT:	163+869	NOMBRE:	C3		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		0.00		grados		51.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

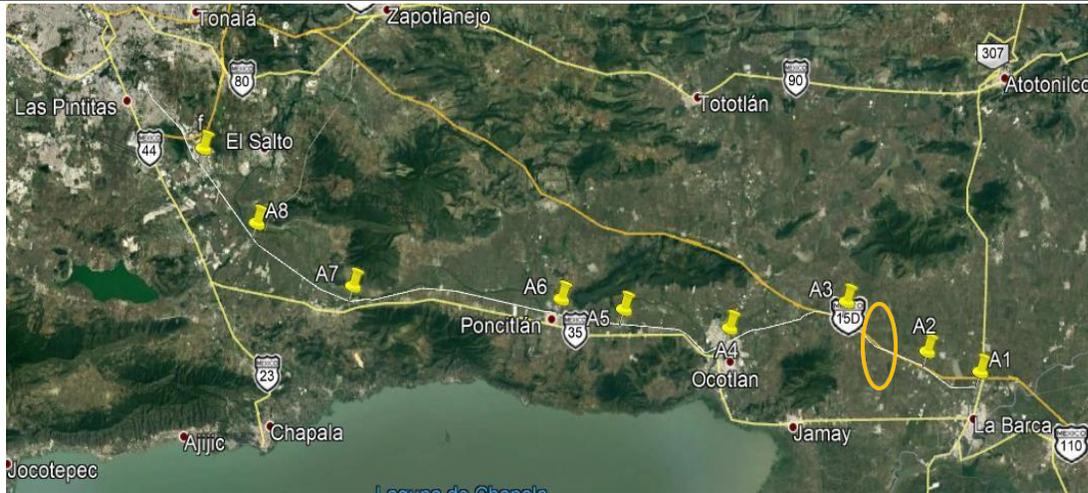


Fig. 26 Localización Curva "C3"

Radio de Curvatura= $1145.92/G_c$
Radio de Curvatura= 1348.14 m
Gc= grados igual a= 0.85

PARÁMETROS

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

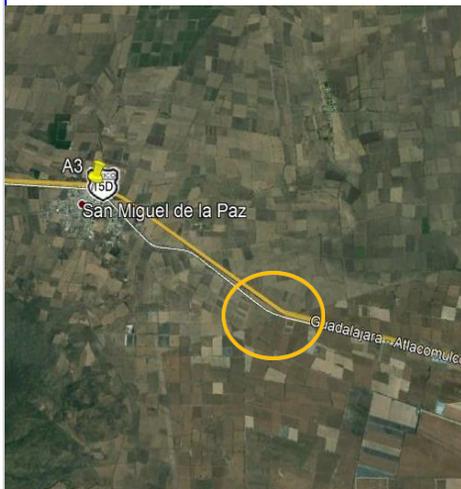
$$V = (R_{min} * 250 / 11.8)^{0.5}$$

$$V = 169.00 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

ZONA GEOREFERENCIADA



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA

ES:

Fig.27 Curva "C3", Google earth



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		34	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		63		CURVA CONSECUTIVA:		4	
PI:	165+289	PT:	165+629	NOMBRE:	C4		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		1.00		grados		57.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

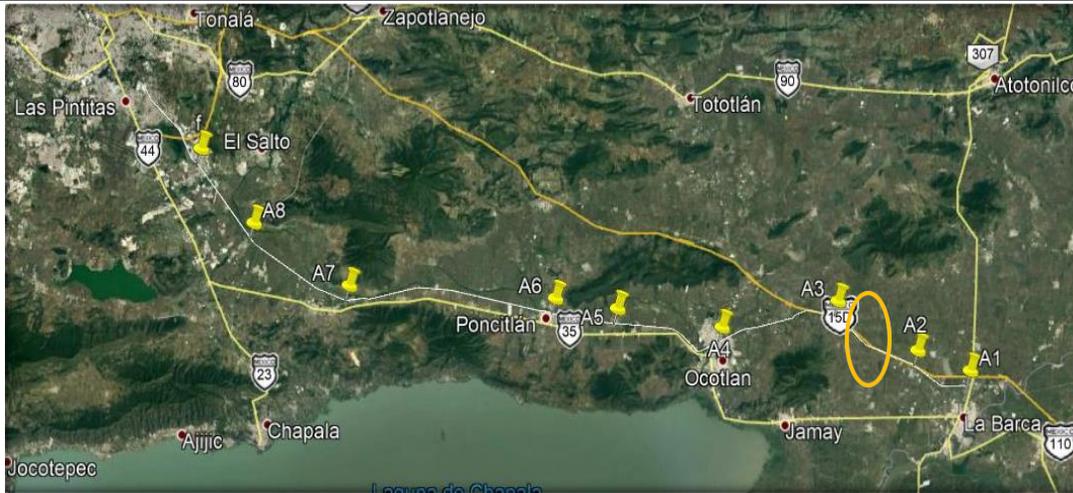


Fig. 28 Localización Curva "C4"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 587.65 m
Gc= grados igual a= 1.95

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

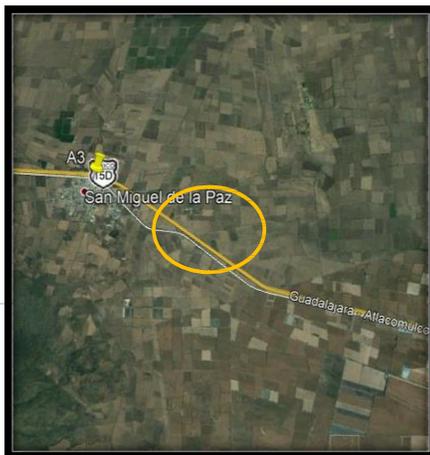
Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 111.58 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

Fig.29 Curva "C4", Google earth

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		34	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		64		CURVA CONSECUTIVA:		5	
PI:	165+973	PT:	166+293	NOMBRE:	C5		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		3.00		grados		0.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

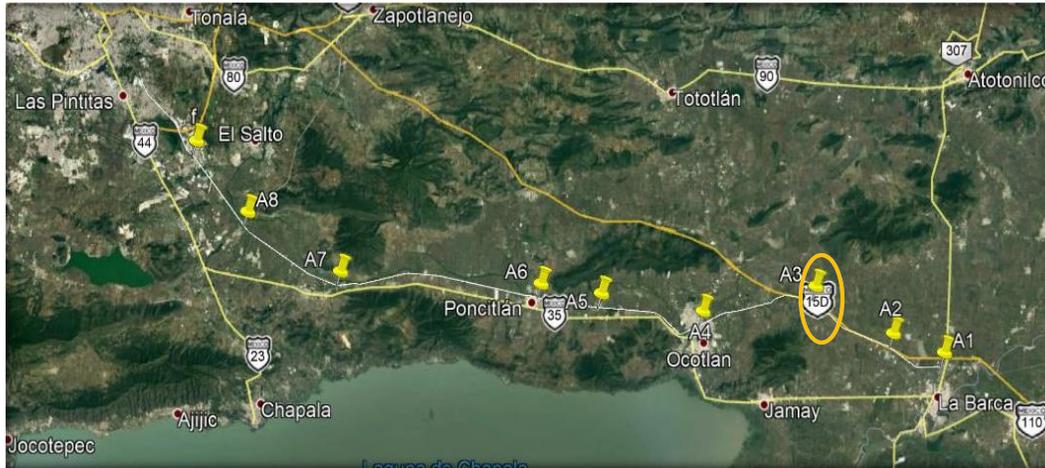


Fig. 30 Localización Curva "C5"

Radio de Curvatura= $1145.92/Gc$

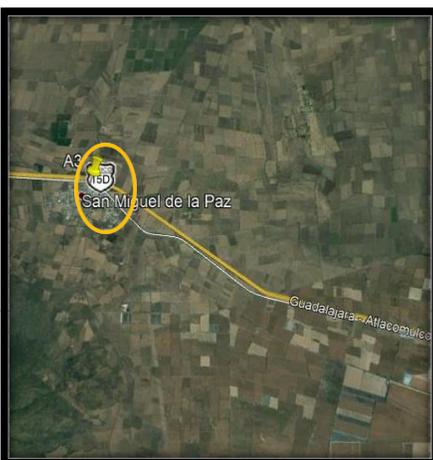
PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 381.97 m
Gc= grados igual a= 3

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks



Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 89.96 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

Fig.31 Curva "C5", Google earth

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		34	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		65		CURVA CONSECUTIVA:		6	
PI:	167+274	PT:	167+754	NOMBRE:	C6		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		2.00		grados		0.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

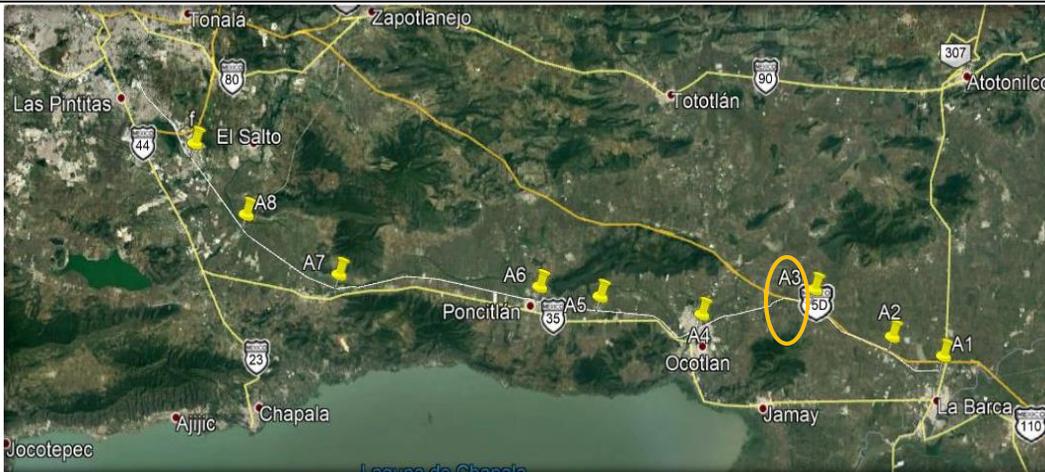


Fig. 32 Localización Curva "C6"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

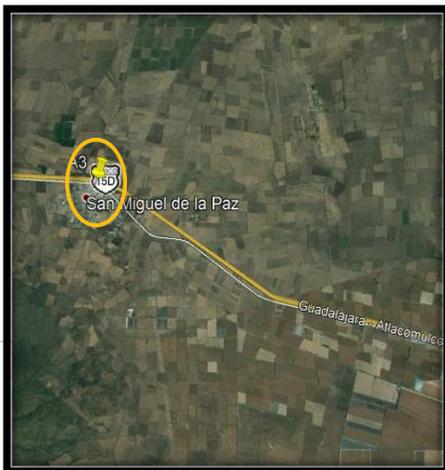
PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 572.96 m
Gc= grados igual a= 2

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks



Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(R_{min} * 250 / 11.8)^{0.5}$$

$$V= 110.18 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



Fig.33 Curva "C6", Google earth

DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		35	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		66		CURVA CONSECUTIVA:		7	
PI:	170+116	PT:	170+376	NOMBRE:	C7		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		3.00		grados		3.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

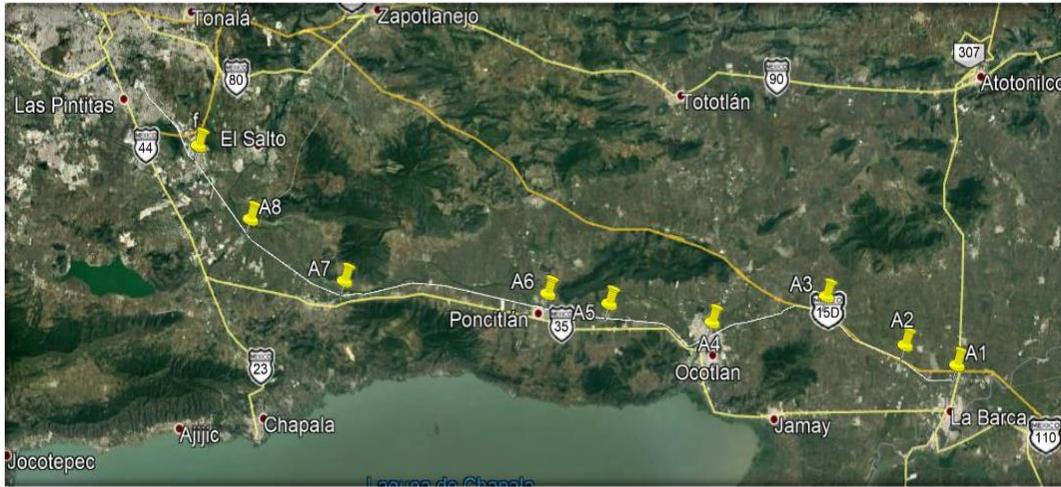


Fig. 34 Localización Curva "C7"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 375.71 m
Gc= grados igual a= 3.05

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

ZONA GEOREFERENCIADA

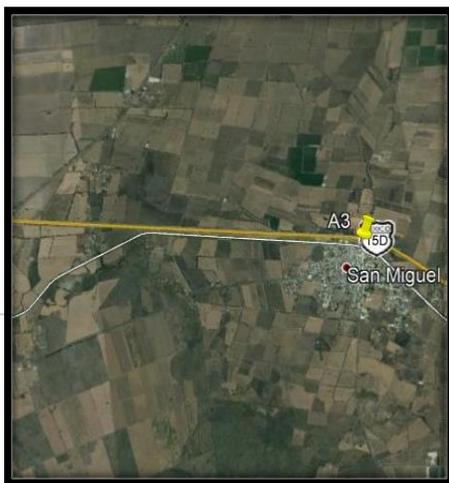
Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 89.22 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



Fig.35 Curva "C7", Google earth

DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		35	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		67		CURVA CONSECUTIVA:		8	
PI:	171+290	PT:	171+540	NOMBRE:	C8		
GRADO DE CURVATURA "Gc		2.00		grados		39.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

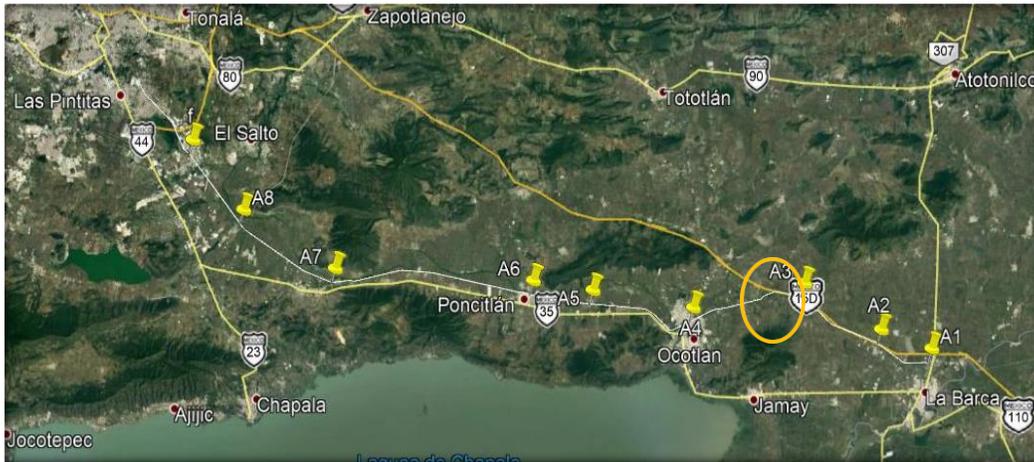


Fig. 36 Localización Curva "C8"

Radio de Curvatura= $1145.92/G_c$

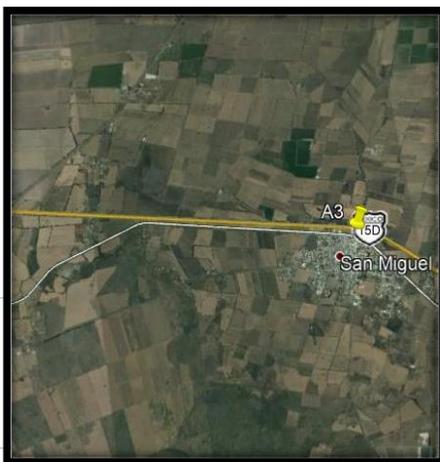
PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 432.42 m
Gc= grados igual a= 2.65

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks



Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V = (R_{min} * 250 / 11.8)^{0.5}$$

$$V = 95.72 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



Fig.37 Curva "C8", Google earth

DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		35	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		68		CURVA CONSECUTIVA:		9	
PI:	171+724	PT:	171+964	NOMBRE:	C9		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		3.00		grados		9.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

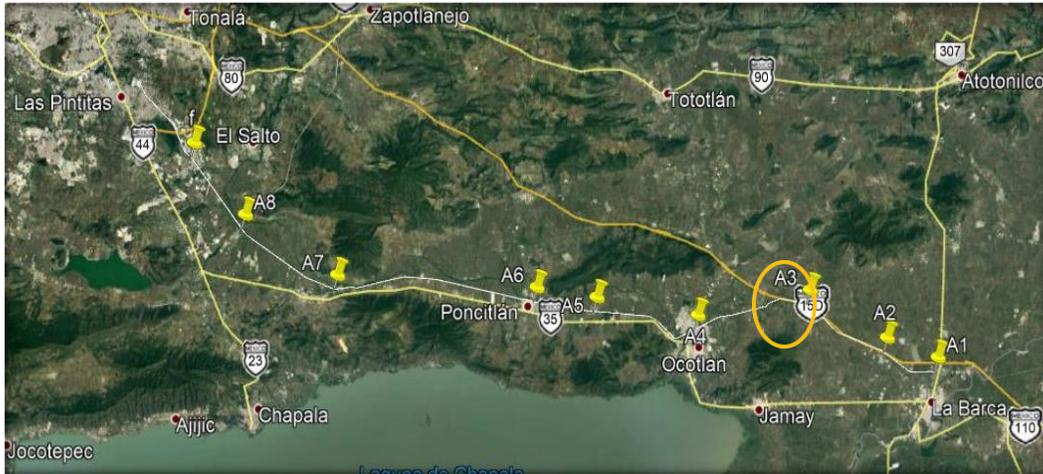


Fig. 38 Localización Curva "C9"

Radio de Curvatura= $1145.92/G_c$

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 363.78 m
Gc= grados igual a= 3.15

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

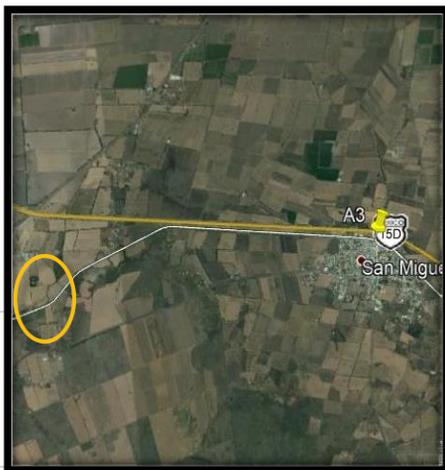
Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V = (R_{min} * 250 / 11.8)^{0.5}$$

$$V = 87.79 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



Fig.39 Curva "C9", Google earth

DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA			HOJA EN CARTA DE VÍA:		36	
CURVA EN CARTA DE VÍA:	69	CURVA CONSECUTIVA:	10		 	
PI:	175+326	PT:	175+455	NOMBRE:		C10
GRADO DE CURVATURA "Gc"	0.00	grados	51.00	minutos		

LOCALIZACIÓN

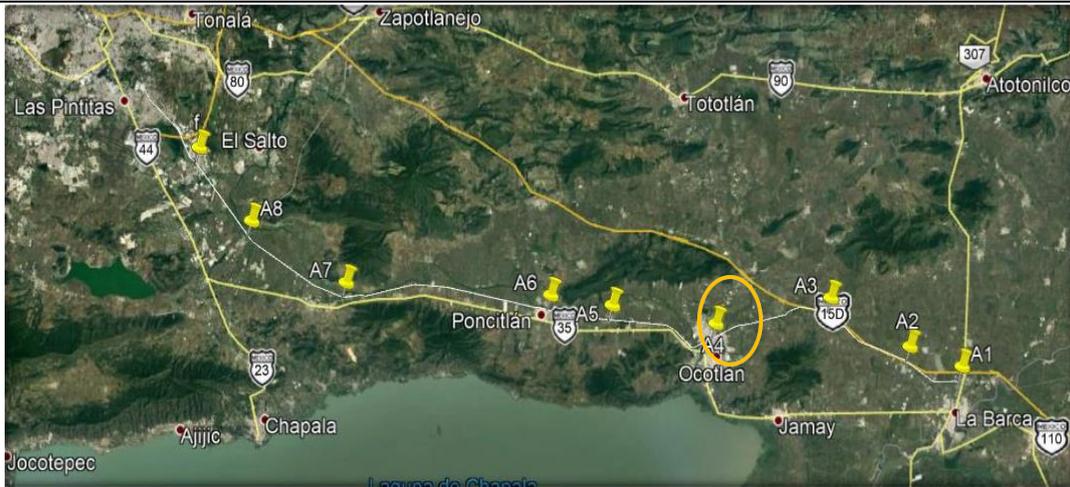


Fig. 40 Localización Curva "C10"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1348.14 m
 Gc= grados igual a= 0.85

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 169.00 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

ZONA GEOREFERENCIADA



Fig.41 Curva "C10", Google earth

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		36	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		70		CURVA CONSECUTIVA:		11	
PI:	176+524	PT:	176+915	NOMBRE:	C11		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		1.00		grados		0.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

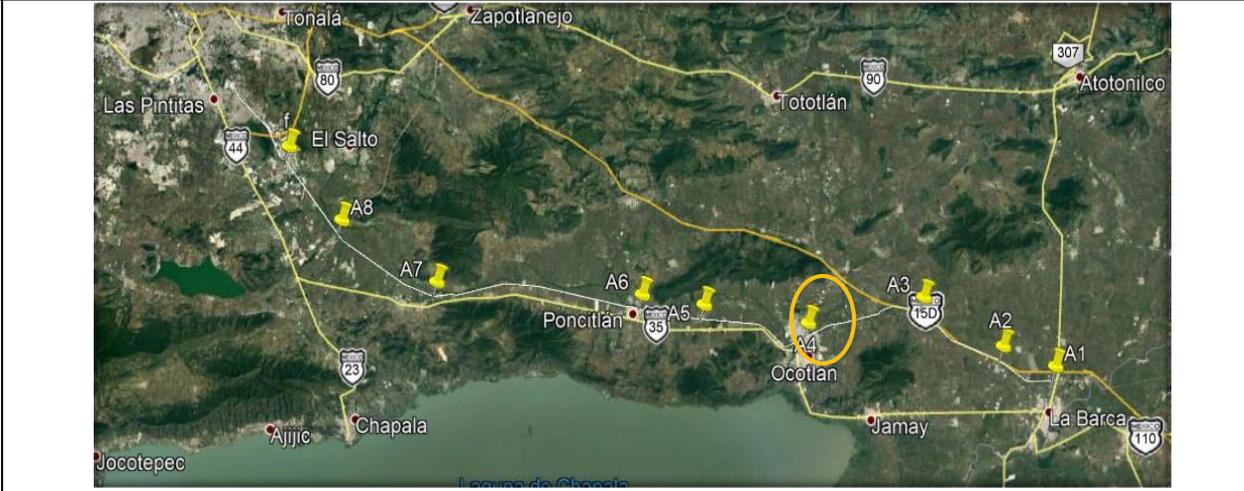


Fig. 42 Localización Curva "C11"

Radio de Curvatura= $1145.92/G_c$

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1145.92 m
Gc= grados igual a= 1

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA



Fig.43 Curva "C11", Google earth

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(R_{min} * 250 / 11.8)^{0.5}$$

$$V= 155.81 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		37	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		71		CURVA CONSECUTIVA:		12	
PI:	181+164	PT:	181+574	NOMBRE:	C12		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		4.00		grados		6.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

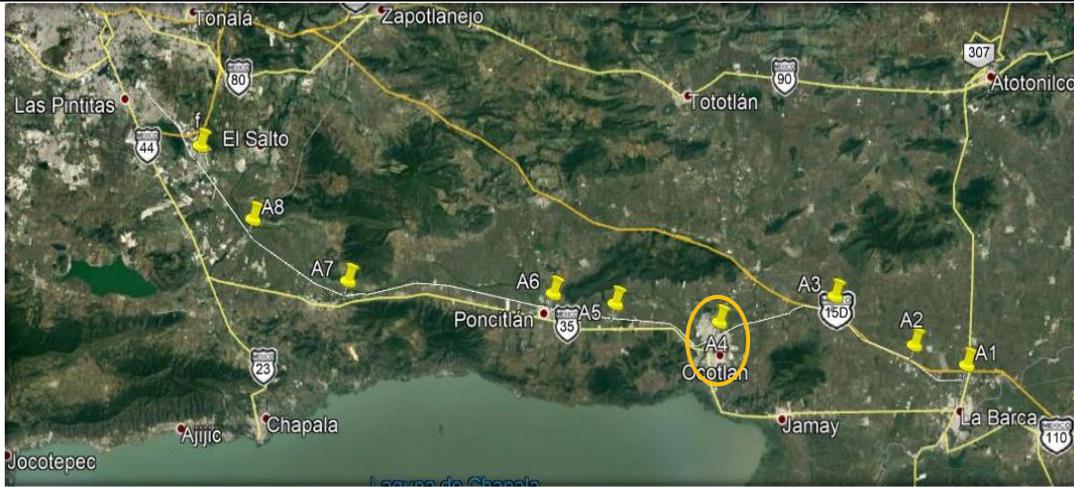


Fig. 44 Localización Curva "C12"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 279.49 m
Gc= grados igual a= 4.1

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 76.95 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



Fig.45 Curva "C12", Google earth

DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		37-38	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		72	CURVA CONSECUTIVA:		13		
PI:	183+489	PT:	185+041	NOMBRE:	C13		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		0.00	grados	27.00	minutos		

LOCALIZACIÓN

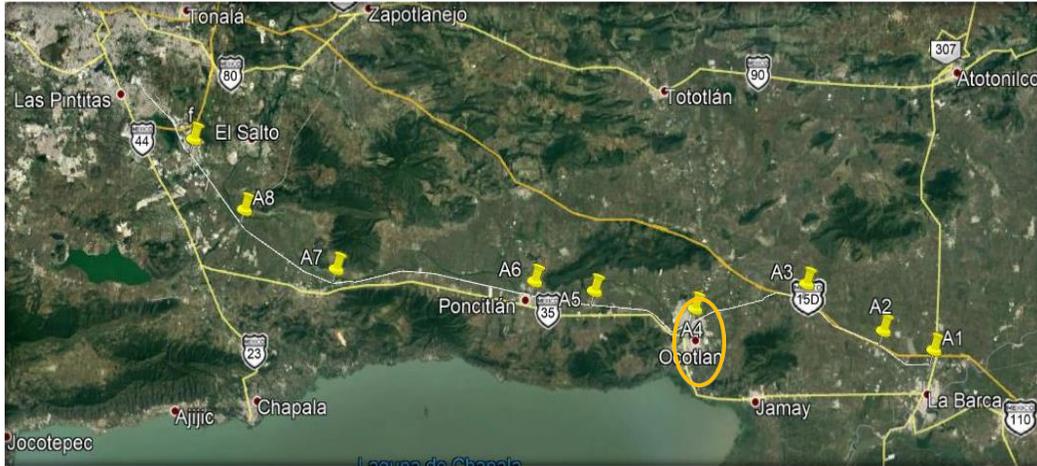


Fig. 46 Localización Curva "C13"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 2546.49 m
 Gc= grados igual a= 0.45

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

ZONA GEOREFERENCIADA

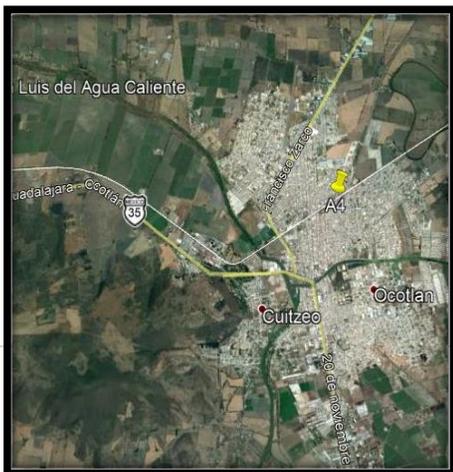
Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 232.27 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

Fig.47 Curva "C13", Google earth

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA			HOJA EN CARTA DE VÍA:		39
CURVA EN CARTA DE VÍA:		73	CURVA CONSECUTIVA:		14
PI:	193+795	PT:	194+065	NOMBRE:	C14
GRADO DE CURVATURA "Gc		1.00	grados	0.00	minutos



LOCALIZACIÓN

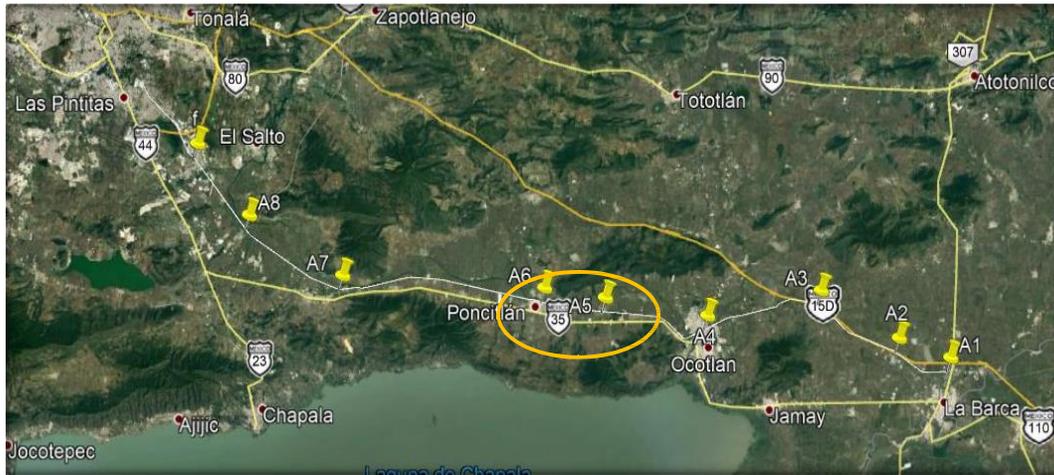


Fig. 48 Localización Curva "C14"

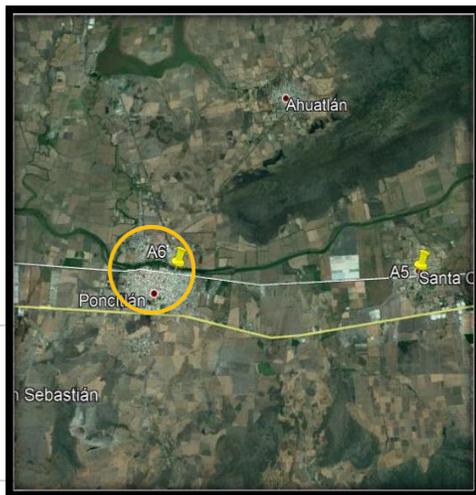
Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1145.92 m
 Gc= grados igual a= 1

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA



Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 155.81 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



Fig.49 Curva "C14", Google earth

DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		40	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		74	CURVA CONSECUTIVA:		15	 	
PI:	196+880	PT:	197+090	NOMBRE:	C15		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		2.00	grados	6.00	minutos		

LOCALIZACIÓN

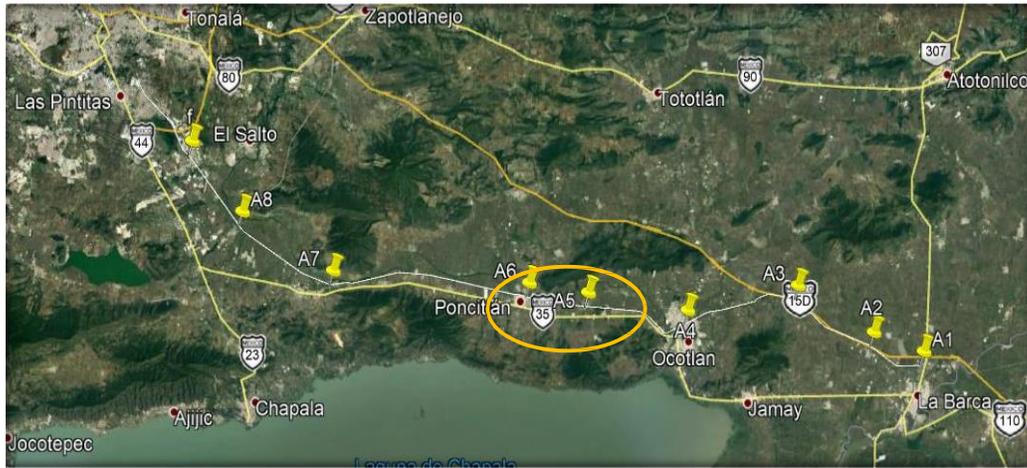


Fig. 50 Localización Curva "C15"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 545.68 m
 Gc= grados igual a= 2.1

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

ZONA GEOREFERENCIADA

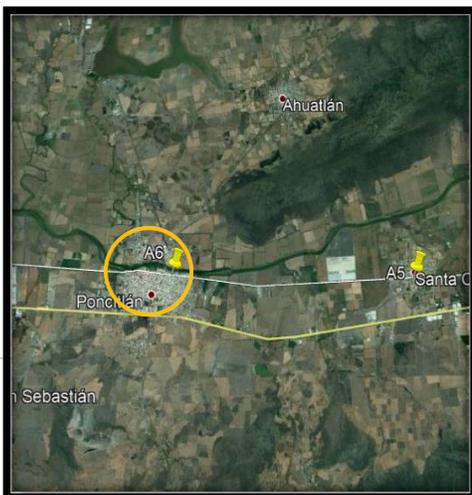
Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 107.52 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

Fig.51 Curva "C15", Google earth

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		40	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		75		CURVA CONSECUTIVA:		16	
PI:	197+450	PT:	197+730	NOMBRE:	C16		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		1.00		grados		0.00 minutos	



LOCALIZACIÓN

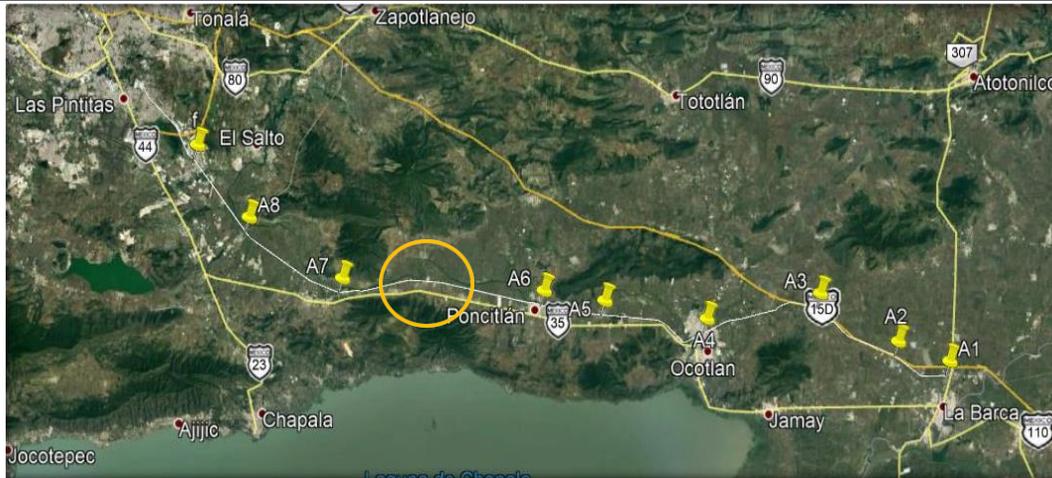


Fig. 52 Localización Curva "C16"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1145.92 m
 Gc= grados igual a= 1

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 155.81 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

ZONA GEOREFERENCIADA

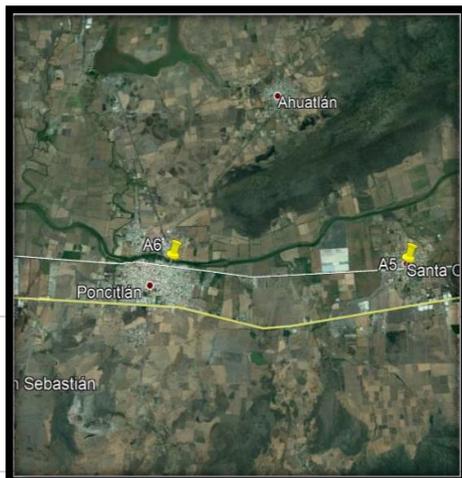


Fig.53 Curva "C16", Google earth

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		42
CURVA EN CARTA DE VÍA:		76	CURVA CONSECUTIVA:		17	
PI:	205+635	PT:	206+115	NOMBRE:	C17	
GRADO DE CURVATURA "Gc"		0.00	grados	39.00	minutos	

LOCALIZACIÓN

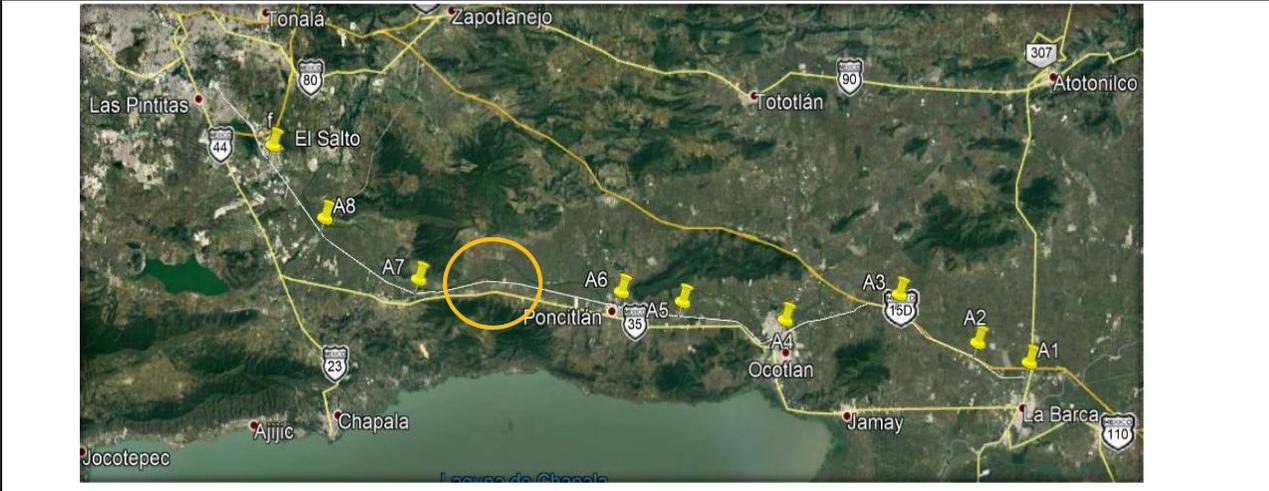


Fig. 54 Localización Curva "C17"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1762.95 m
 Gc= grados igual a= 0.65

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 193.26 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

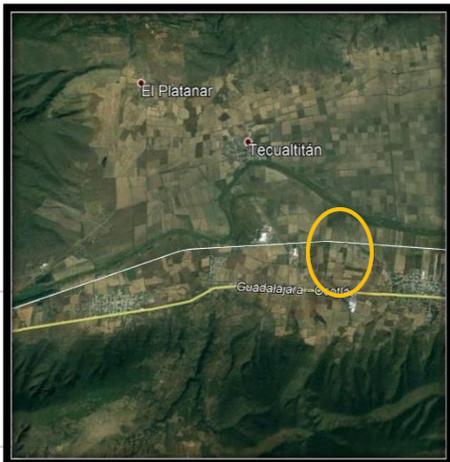


Fig.55 Curva "C17", Google earth

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		42	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		77		CURVA CONSECUTIVA:		18	
PI:		208+219		PT:		208+769	
GRADO DE CURVATURA "Gc"		0.00		NOMBRE:		C18	
		grados		39.00		minutos	



LOCALIZACIÓN

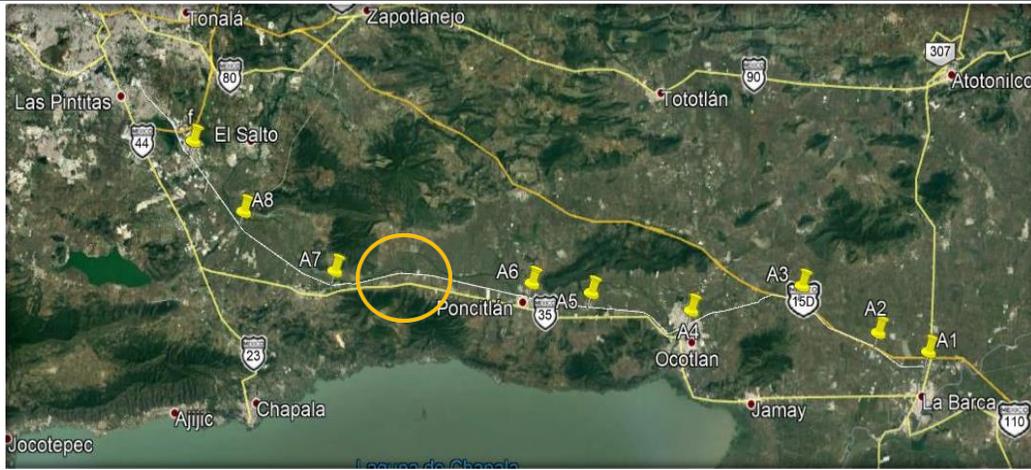


Fig. 56 Localización Curva "C18"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1762.95 m
 Gc= grados igual a= 0.65

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

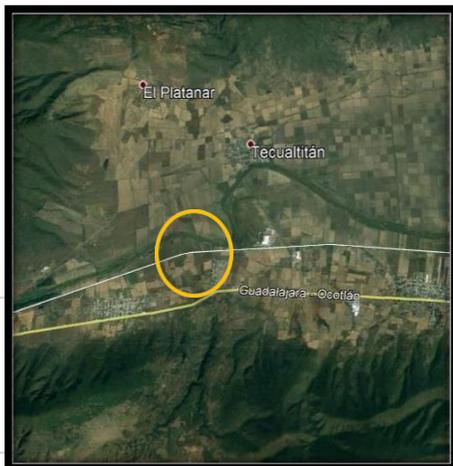
Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 193.26 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

Fig.57 Curva "C18", Google earth

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		43	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		78		CURVA CONSECUTIVA:		19	
PI:	213+803	PT:	214+183	NOMBRE:	C19		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		2.00		grados		18.00 minutos	



LOCALIZACIÓN

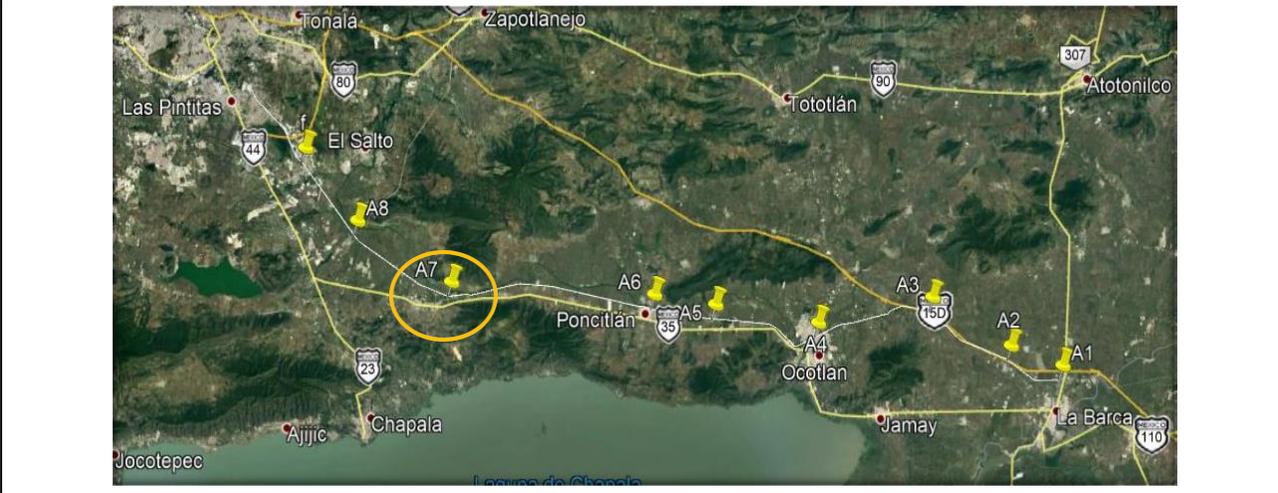


Fig. 58 Localización Curva "C19"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 498.23 m
 Gc= grados igual a= 2.3

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 102.74 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA

Fig.59 Curva "C19", Google earth



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		43	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		79		CURVA CONSECUTIVA:		20	
PI:	214+183	PT:	214+533	NOMBRE:	C20		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		1.00		grados		27.00 minutos	



LOCALIZACIÓN

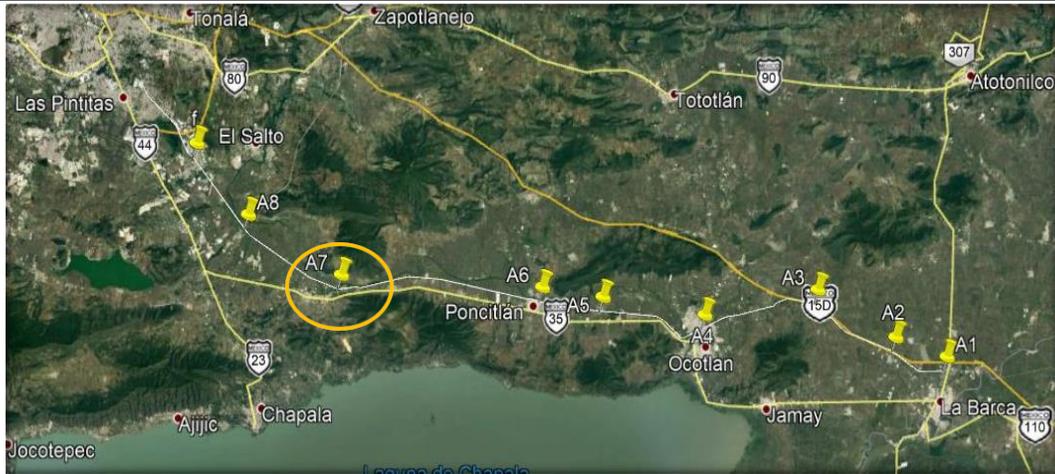


Fig. 60 Localización Curva "C20"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 790.29 m
 Gc= grados igual a= 1.45

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 129.40 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



Fig.61 Curva "C20", Google earth

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		43-44	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		80		CURVA CONSECUTIVA:		21	
PI:	214+942	PT:	215+188	NOMBRE:	C21		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		0.00		grados		39.00 minutos	

UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



LOCALIZACIÓN

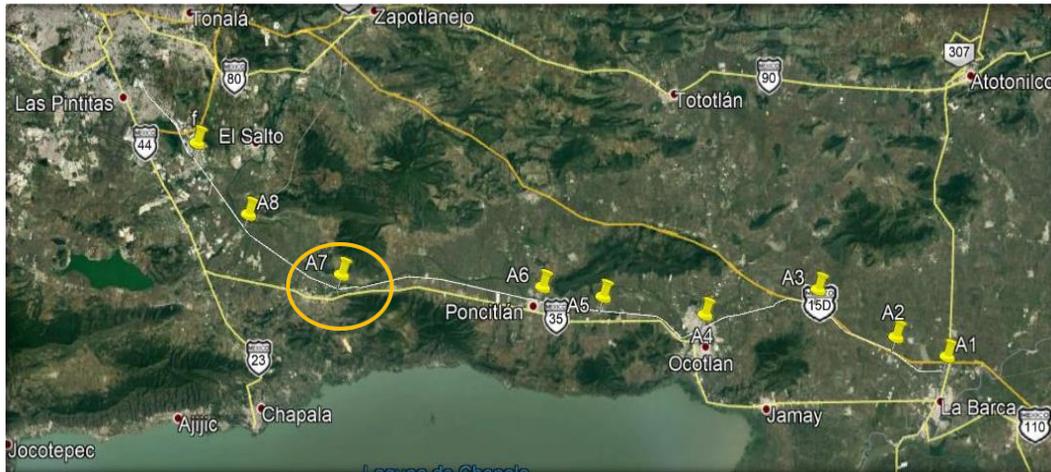


Fig. 62 Localización Curva "C21"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1762.95 m
Gc= grados igual a= 0.65

RADIO MIN,M	VEL. KWHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 193.26 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



Fig.63 Curva "C21", Google earth

DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		44
CURVA EN CARTA DE VÍA:		81	CURVA CONSECUTIVA:		22	 
PI:	216+060	PT:	216+360	NOMBRE:	C22	
GRADO DE CURVATURA "Gc"		2.00	grados	15.00	minutos	

LOCALIZACIÓN

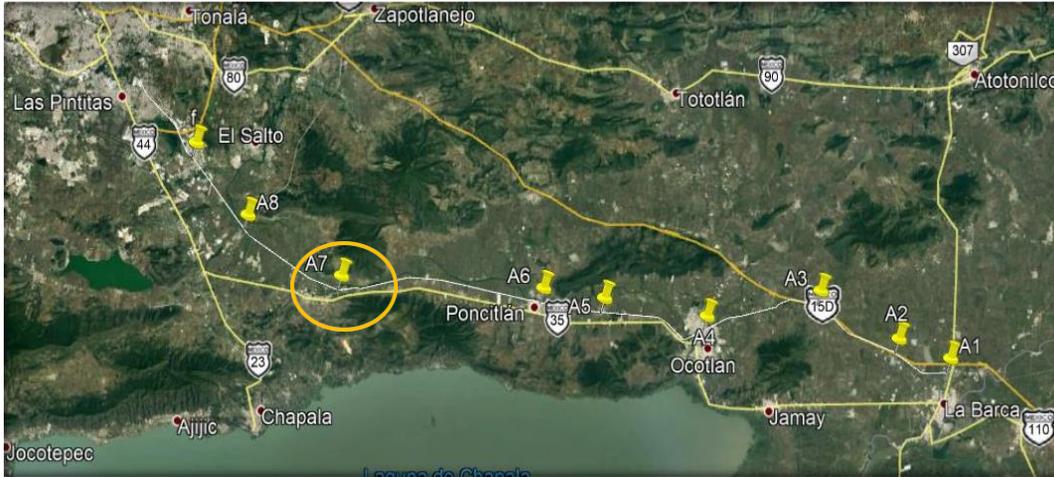


Fig. 64 Localización Curva "C22"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 509.30 m
 Gc= grados igual a= 2.25

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 103.88 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



Fig.65 Curva "C22", Google earth

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		44	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		82	CURVA CONSECUTIVA:		23	 	
PI:	219+059	PT:	219+349	NOMBRE:	C23		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		1.00	grados	3.00	minutos		

LOCALIZACIÓN

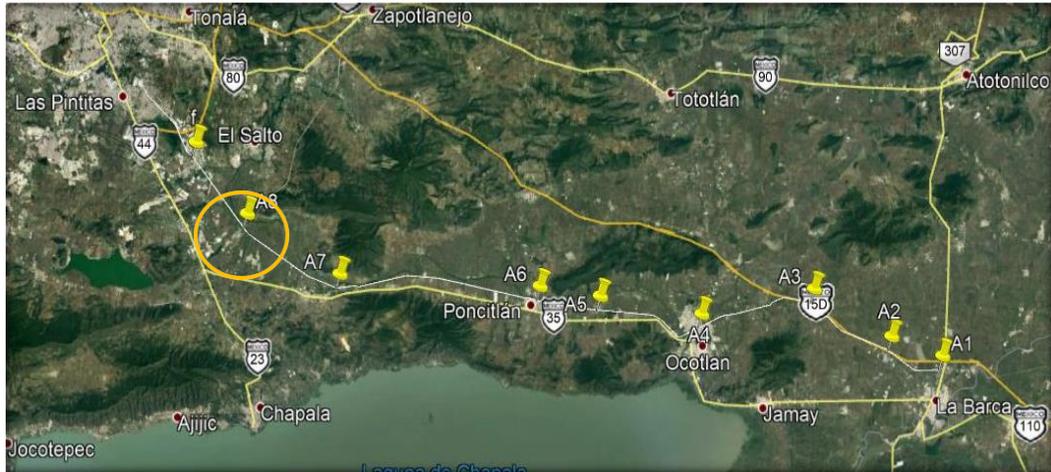


Fig. 66 Localización Curva "C23"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

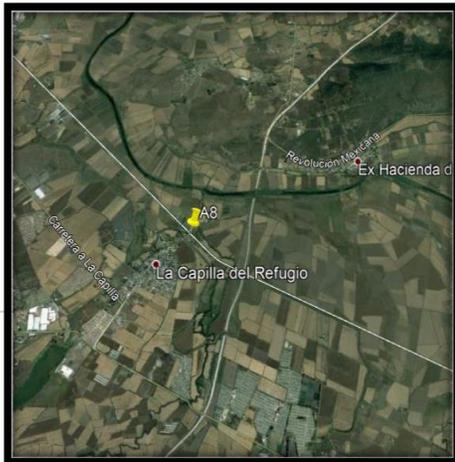
PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1091.35 m
Gc= grados igual a= 1.05

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks



Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 152.06 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA

Fig.67 Curva "C23", Google earth



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		46	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		83	CURVA CONSECUTIVA:		24	 	
PI:	225+978	PT:	226+357	NOMBRE:	C24		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		1.00	grados	0.00	minutos		

LOCALIZACIÓN

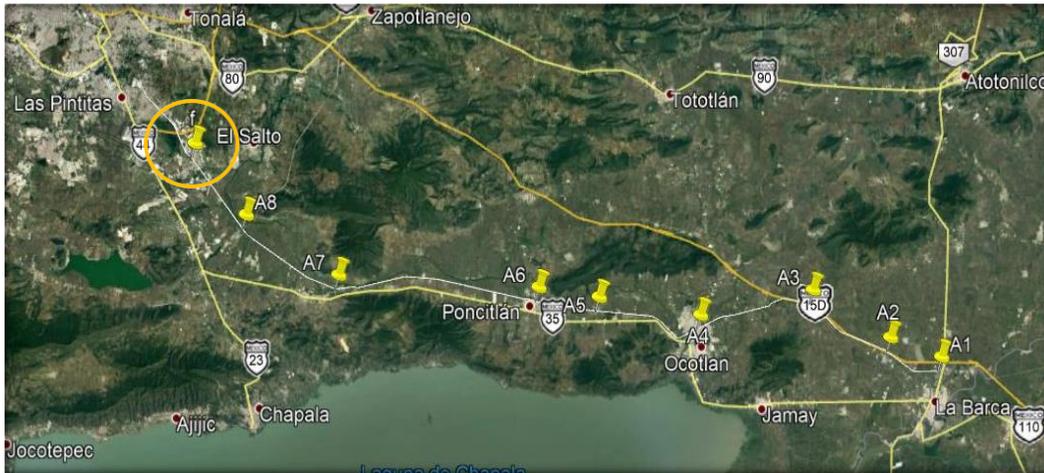


Fig. 68 Localización Curva "C24"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1145.92 m
Gc= grados igual a= 1

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

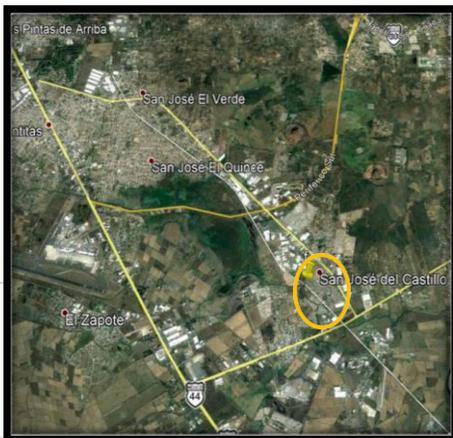
Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(R_{min} * 250 / 11.8)^{0.5}$$

$$V= 155.81 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

Fig.69 Curva "C24" , Google earth

ACEPTADA



DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		47+48	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		84	CURVA CONSECUTIVA:		25	 	
PI:	234+797	PT:	235+088	NOMBRE:	C25		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		1.00	grados	0.00	minutos		

LOCALIZACIÓN

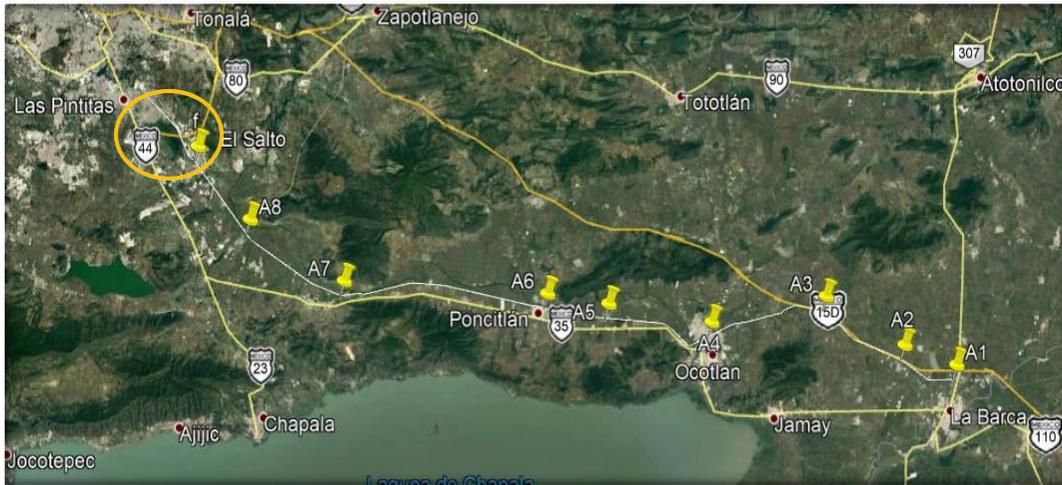


Fig. 70 Localización Curva "C25"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 1145.92 m
Gc= grados igual a= 1

RADIO MIN,M	VEL. KMHR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

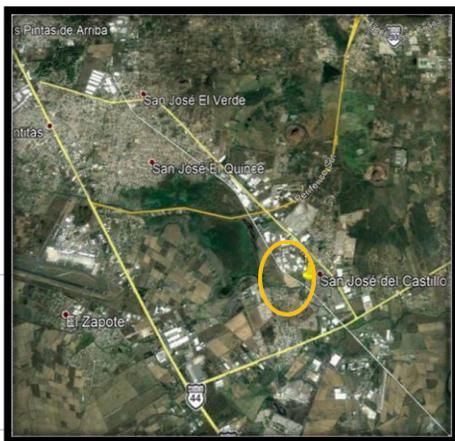
Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(Rmin*250/11.8)^{0.5}$$

$$V= 155.81 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:



"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA



Fig.71 Curva "C25", Google earth

DATOS DE CURVA HORIZONTAL COMPARATIVA				HOJA EN CARTA DE VÍA:		48	
CURVA EN CARTA DE VÍA:		85	CURVA CONSECUTIVA:		26	 	
PI:	235+522	PT:	235+602	NOMBRE:	C26		
GRADO DE CURVATURA "Gc"		3.00	grados	9.00	minutos		

LOCALIZACIÓN

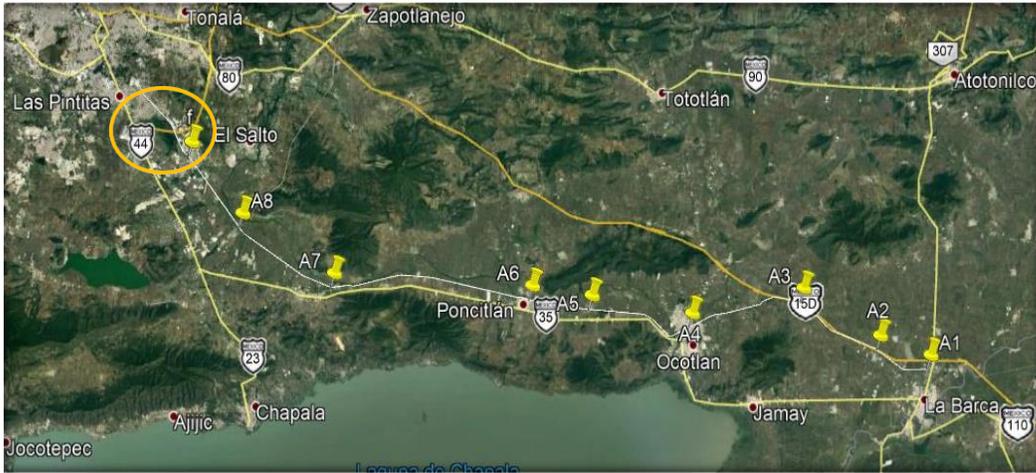


Fig. 72 Localización Curva "C26"

Radio de Curvatura= 1145.92/Gc

PARÁMETROS

Radio de Curvatura= 363.78 m
Gc= grados igual a= 3.15

RADIO MIN,M	VEL. KM/HR
1888	200
2950	250
3700	280
4248	300
5140	330
5782	350

ZONA GEOREFERENCIADA

Fuente: Trial Geometry for high speed tracks

Revaluación de la velocidad por la curva actual por lo tanto usando los valores

$$V=(R_{min} \cdot 250 / 11.8)^{0.5}$$

$$V= 87.79 \text{ km/hr}$$

CONSIDERACIONES DE ANÁLISIS:

Zona Urbana:

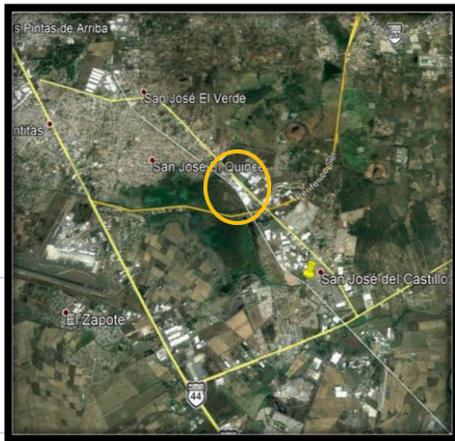


Fig.73 Curva "C26", Google earth

"En zona urbana no aplica la velocidad máxima de proyecto por lo que en ese caso el parámetro de Radio de curvatura puede ser no considerado para aprobación del método".

SEGÚN CONSIDERACIONES ADICIONALES LA CURVA ES:

ACEPTADA

