

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

En las carreteras, con miras a no tener conflictos vehiculares, se debe generar un ensanchamiento o sobreancho de las curvas en su parte interior con el fin de asegurar espacio suficiente para que los vehículos transiten sin invadir el carril adyacente.

En las últimas décadas, referente al diseño geométrico de vías y los parámetros que permitan un óptimo diseño, de acuerdo a las variables como radios de giro, anchos de calzada, ángulos de deflexión, peraltes, velocidades, sobreanchos, son entre otras, elementos que se encuentran en constante evolución siendo temas de interés para análisis.

Para 1965 la normativa (AASHTO) propone el cálculo de ampliación de calzada, generada a partir de las características de la vía y del vehículo de diseño; la formulación corresponde básicamente al ancho de calzada en curva menos el ancho de calzada en tangente; para generar dichos anchos se requiere el cálculo de los siguientes valores: ancho ocupado por el vehículo al transitar sobre la curva, espacio lateral de seguridad por cada vehículo, ancho ocupado por el voladizo frontal del vehículo al describir la curva y ancho adicional por la dificultad de manejar en curva. Para la generación de estos datos, las variables requeridas por dicha formulación corresponden a: radio de curva, ancho del vehículo, avance de voladizo delantero del vehículo, distancia entre eje frontal y posterior y velocidad de diseño. La evaluación de los distintos parámetros que intervienen en el cálculo de ampliación de calzada para las diferentes metodologías, se desarrollan en el siguiente capítulo.

Dicha formulación ha tenido algunas modificaciones, ya que, en su versión inicial, la longitud vehicular que se debe ingresar en la ecuación, no presenta análisis para vehículos articulados, no obstante, ha sido la metodología de uso frecuente y a la fecha de edición del presente informe, continúa vigente, según la sexta edición de la norma de diseño geométrico de vías de la AASHTO del año 2011.

Para el diseño del sobreancho, el proyectista cuenta con una gran libertad para escoger los alineamientos y parámetros de diseño, de tal forma este puede ser muy conservador en sus diseños, y de esta forma garantizar sin muchos cálculos que se cumplan cada una de las restricciones. En el caso de vías interurbanas las restricciones aumentan debido al poco espacio con el que se cuenta y la necesidad de que los vehículos pasen por ciertas zonas específicas en este caso las curvas horizontales, llevando a que el diseño de las vías se pueda complicar y se requiera realizar un diseño por medio de un análisis sobre la influencia del cambio de esta variable.

El sobreancho se introduce en las curvas horizontales para mantener las mismas condiciones de seguridad que los tramos rectos, en cuanto al cruce de vehículos de sentido contrario, por las siguientes razones: El vehículo al describir la curva, ocupa mayor ancho que en la tangente, esto es debido a que las ruedas traseras recorren una trayectoria ubicada en el interior de la descrita por las ruedas delanteras.

El desarrollo de un diseño geométrico de carreteras garantiza en primera instancia, una circulación agradable y segura de tránsito vehicular ante diferentes condiciones ambientales que estructuran la topografía de zonas de estudio donde se prevén desarrollar este tipo de proyectos de infraestructura vial. De igual forma, busca cumplir con las normativas legales vigentes impuestas por entidades nacionales e internacionales basados en estudios técnicos.

Debido a esto se considera pertinente realizar un análisis comparativo de diseño de sobreanchos de vías para el vehículo seleccionado, de tal forma se encuentren resultados y conclusiones que faciliten entender y definir los parámetros de diseño, para garantizar que se obtengan diseños óptimos.

1.2. Justificación del proyecto de aplicación

Los sobreanchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación.

Bolivia es un país que por su topografía se caracteriza por presentar sistemas montañosos, vías con frecuente implementación de curvas cerradas, condición que limita la velocidad de proyecto, y, por ende, se incrementa el uso de curvas con radios de giro inferiores al mínimo.

Al aumentar día a día la población mundial se incrementa igualmente la cantidad y uso del vehículo. La evolución en los últimos años que han tenido los vehículos del parque automotor, con mayor capacidad y con velocidades más elevadas, en este sentido, se considera que uno de los parámetros a revisar, en el diseño geométrico, es el sobreancho en el diseño horizontal de carreteras para el giro seguro y cómodo de aquellos vehículos que circularán en un futuro por dicho corredor.

El objetivo principal del sobreancho es permitir que la facilidad de operación de los vehículos que entran en las curvas, sea comparable a la que se obtiene en la recta. El sobreancho además de seguridad en la operación vehicular, proporciona mayor visibilidad y evita la dificultad que tienen los conductores de mantener los vehículos en el carril de circulación, especialmente cuando las curvas son cerradas. El sobreancho es indispensable en caminos y carreteras con anchos de vía, menores a 3.6 metros según AASHTO-2011.

El presente trabajo propone:

Analizar el diseño de sobreanchos en base a metodologías normadas, las cuales utilizan formulaciones y se obtienen resultados analíticos para un vehículo articulado. Para este caso se requiere diseñar con el vehículo Semitrailer siendo este el vehículo con mayor circulación actualmente en nuestras carreteras. Por otro lado, la expresión matemática para cálculo de sobreancho en vehículos articulados establecida en Bolivia, no incluye el ancho adicional de seguridad, el cual se encuentra propuesto en varias normas de diseño internacional, dichas normas señalan que este sobreancho adicional debe evaluarse sobre todo en vías con velocidades bajas de diseño, por ende, se hace necesario estudiar el comportamiento que presenta la formulación reglamentada en Bolivia.

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Situación problemática

Actualmente se están desarrollando a nivel mundial vehículos con mayor capacidad, en dimensión y velocidad. Esto debido a que una de las tendencias actuales es poder transportar carga en mayor cantidad y en el menor tiempo posible. Las normativas vigentes actuales de nuestro país e internacionales, relacionan al tipo del vehículo, el radio de la curva y la velocidad de proyecto en función del sobreancho.

Con la constante evolución del parque automotor, el parámetro del sobreancho podría mostrar múltiples falencias en cuanto a movilidad de flujo constante debido a los espacios libres o sobreanchos reducidos que se presentan constantemente, por lo anterior mantener al vehículo dentro del carril es difícil, lo que puede ocasionar maniobras erráticas y posibles accidentes ocasionando trancones en la vía.

Los sobreanchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura y cómoda. La Norma de diseño internacional AASTHO, define el valor de sobreancho en función del radio de giro y las dimensiones del vehículo de diseño, donde dicho parámetro aumenta con el tamaño del vehículo y disminuye con el aumento de radio de curva; por ende, es importante evaluar el comportamiento de ensanchamiento de calzada en presencia de radios de giro cortos y circulación de vehículos de carga, debido a que dichas condiciones de circulación, se presentan con frecuencia en las vías nacionales.

Las carreteras en Bolivia, se rigen actualmente bajo la normatividad ABC, quien es el ente, encargado de establecer los lineamientos generales para el desarrollo de planes, programas y proyectos, orientados a la infraestructura vial nacional.

En su edición del manual de diseño geométrico de carreteras ABC, se reglamenta entre otros aspectos, la metodología con su respectiva fundamentación teórica, para el cálculo del valor del sobreancho, la cual está basada en métodos establecidos por la

normativa AASHTO; no obstante, con algunas modificaciones que generan ciertas diferencias en su valor total. Aun así; dichas metodologías emplean principalmente para el cálculo del sobreancho variables como: el radio de curvatura, la longitud del vehículo de diseño.

En el tramo en estudio (Choroma - San Lorenzo), se presenta en varias curvas radios inferiores a los mínimos, debido a su topografía, siendo los sobreanchos la solución al ancho adicional requerido por los vehículos para mantenerse en el centro de su carril, esta situación se produce porque las ruedas traseras de un vehículo que recorre una curva, describen una trayectoria de radio más corto que las delanteras, necesitando más espacio lateralmente, debido a la rigidez y geometría del vehículo.

El presente trabajo, busca determinar valores de sobreancho para un vehículo articulado (Tracto Camión con Semirremolque) y el uso de los datos de las curvas horizontal del tramo en cuestión, con el fin de generar un análisis comparativo de los resultados, a partir de las metodologías que estructuran el cálculo de este elemento en las normativas nacionales e internacionales anteriormente mencionadas. Permitiendo así, identificar el grado de influencia que produce el sobreancho, en las curvas horizontales.

1.3.2. Problema

En las carreteras, con miras a no tener conflictos vehiculares, se debe generar un ensanchamiento o sobreancho de las curvas en su parte interior con el fin de asegurar espacio suficiente para que los vehículos transiten sin invadir el carril adyacente.

La expresión matemática para cálculo de sobreancho en vehículos articulados establecida en Bolivia, no incluye el cálculo del ancho adicional de seguridad, el cual se encuentra propuesto en varias normas de diseño internacional como, por ejemplo, AASHTO, o en normas de diseño geométrico como la de Perú; dichas normas señalan que este ancho adicional por seguridad debe evaluarse sobre todo en vías con radios inferiores a los mínimos, por ende, se hace necesario estudiar el comportamiento que presenta la formulación reglamentada en nuestro país.

Si comparamos los resultados de la metodología de nuestro país para el diseño de sobreechamientos, con metodologías normadas a nivel internacional, ¿Se ratificará nuestra norma como la metodología óptima para el diseño de sobreechamientos en vehículos articulados? ¿Se deberá implementar otra metodología que optimice los sobreechamientos de acuerdo a nuestra topografía y el vehículo de diseño elegido para este proyecto?

1.4. Objetivos del proyecto de aplicación

1.4.1. Objetivo general

Analizar el sobreechamiento de las curvas horizontales en el tramo de la Red Fundamental Tarija Choroma - San Lorenzo, de forma analítica en base a distintas normas que permitan efectuar una comparación entre expresiones para un diseño óptimo tomando en cuenta un vehículo articulado.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar los procedimientos metodológicos para el diseño de sobreechamientos en curvas horizontales para el tramo a estudiar.
- Determinar el vehículo de carga con mayor influencia actual en el tramo a estudiar, a partir de la información solicitada a los principales grupos del transporte pesado de Tarija.
- Realizar un levantamiento topográfico con el equipo RTK DJI2, en tres curvas del tramo en estudio, para comparar con los datos obtenidos.
- Identificar un tramo de 5 km de la ruta Choroma - San Lorenzo, con múltiples curvas horizontales y radios de giro mínimo.
- Calcular el valor del sobreechamiento de acuerdo a los parámetros establecidos por cada norma planteada.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos, con el fin de establecer similitudes y/o diferencias entre las metodologías planteadas y el diseño actual del sobreechamiento del tramo en cuestión.
- Establecer un análisis de costos en un punto de referencia sobre el incremento debido al sobreechamiento.

- Mostrar el resultado de los sobreeanchos de cada una de las normativas establecidas, mediante la edición de planos con el software Civil 3D.
- Generar recomendaciones y conclusiones para determinar el diseño de sobreeancho de manera más específica de acuerdo a las condiciones actuales de diseño.

1.5. Hipótesis

Si se compara el procedimiento metodológico de la norma del país con normas internacionales para el diseño de sobreeanchos en un tramo de la Red Fundamental de Tarija, entonces se podrá determinar la metodología que mejor se adecue a las exigencias actuales en la circulación vehicular en curvas horizontales para las carreteras del Departamento.

1.6. Diseño metodológico

1.6.1. Componentes

1.6.1.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio es el diseño de sobreeanchos en carreteras, que no suele ser constante y varía a lo largo del tramo, en las curvas horizontales, provocando difíciles maniobras por parte de los vehículos de gran envergadura, el cálculo de sobreeanchos está establecido por la norma de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC-2008), comparado con la norma AASHTO-2011, la Norma 3.1-IC de España-2016 y la norma de Perú DG-2018.

1.6.1.2. Población de estudio

La población del presente proyecto es el diseño de sobreeanchos en carreteras de la Red Fundamental de Tarija utilizando la norma boliviana (ABC-2008), comparado con la norma AASHTO-2011, la norma de Perú DG-2018 y la norma 3.1-IC de España-2016.

1.6.1.3. Muestra

La muestra es el diseño de sobreelevamientos en la ruta Choroma - San Lorenzo, utilizando las normas de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC-2008), la norma AASHTO-2011, la norma 3.1-IC de España-2016 y la norma de Perú DG-2018, para realizar un análisis comparativo y a partir de ellos establecer recomendaciones y conclusiones para su dimensionamiento del tramo en cuestión.

1.6.1.4. Muestreo

Para el muestreo seleccionamos un tramo de 5 km perteneciente a la ruta Choroma - San Lorenzo, cuyas condiciones geométricas son críticas para el parámetro del sobreelevamiento utilizando las normas estudiadas.

1.6.2. Métodos y técnicas empleadas

El método empleado para el proyecto es el método inductivo que se caracteriza porque utiliza el razonamiento para obtener conclusiones que parten de hechos particulares, aceptados como válidos para llegar a conclusiones cuya aplicación es de carácter general.

La técnica para cumplir cada uno de los objetivos planteados, se fundamenta en el análisis de la información obtenida tras la ejecución del diseño de sobreelevamientos en curvas horizontales mediante las formulaciones expuestas en el marco teórico. Con base a esta forma de obtención de valores de sobreelevamiento óptimos para el diseño de vías por los cuales transitan diferentes tipos de vehículos en nuestra región.

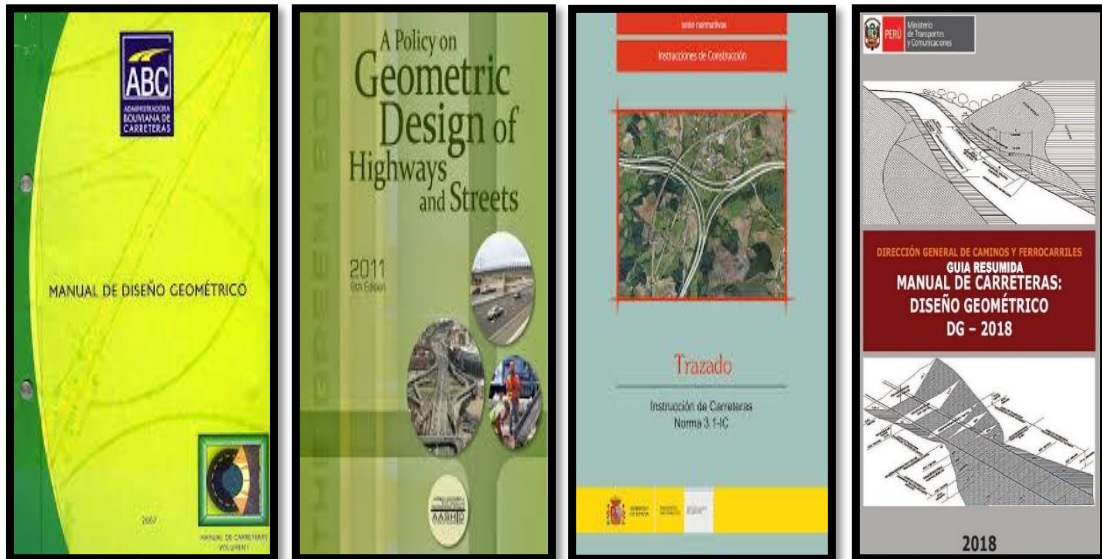
1.6.2.1. Técnicas de muestreo

La técnica de muestreo es no probabilística ya que se fundamenta en la recolección de datos y análisis constante de información: los datos determinan el resultado del proyecto de aplicación, todo el proceso es analítico y, por lo tanto, surge el desarrollo teórico como finalidad, en el cual se intenta establecer el procedimiento metodológico que genere valores de sobreelevamientos óptimos.

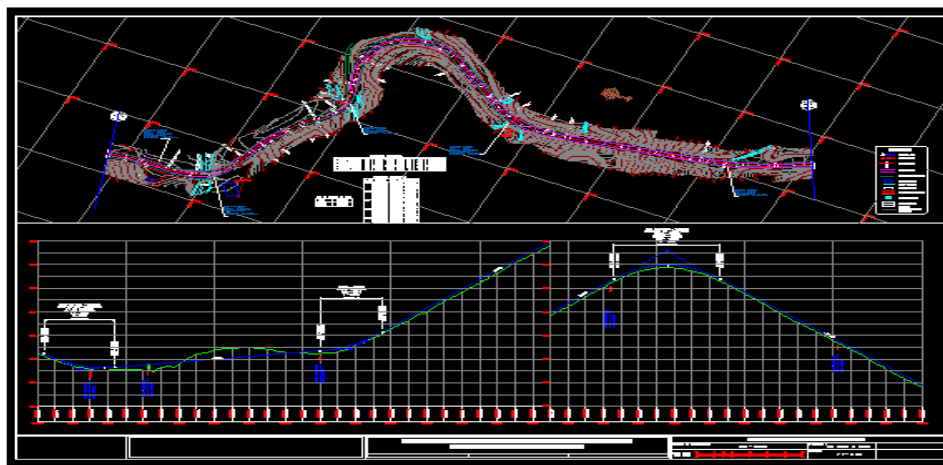
1.6.2.2. Descripción de los instrumentos para la obtención de datos

Para el presente proyecto se requerirá los siguientes instrumentos:

- Para determinar el diseño de sobreanchos usamos los Manuales de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC-2008), la norma AASHTO-2011, la Norma 3.1-IC de España-2016 y la norma de Perú DG-2018.



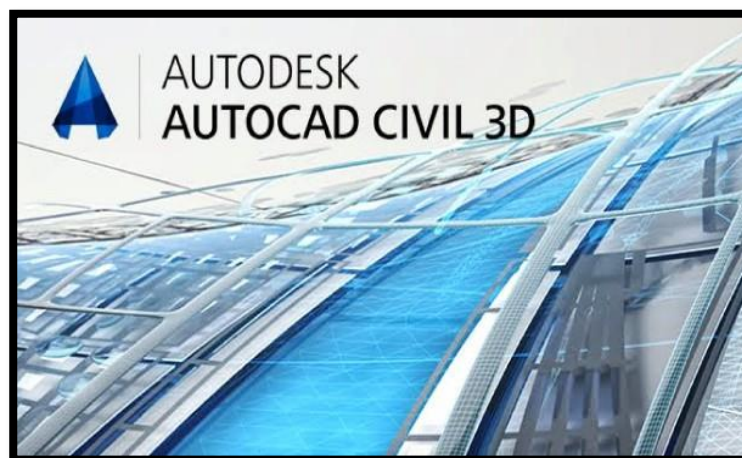
- Planos As Built del área de estudio para la obtención del eje de la vía, alineamiento horizontal para el posterior cálculo de sobreancho.



- **MICROSOFT EXCEL:** Nos brindara la planilla con resultados a partir de los datos establecidos para el desarrollo metodológico con las normas implantadas en la fundamentación teórica. Esta herramienta es de fácil acceso y desarrollo de fórmulas.

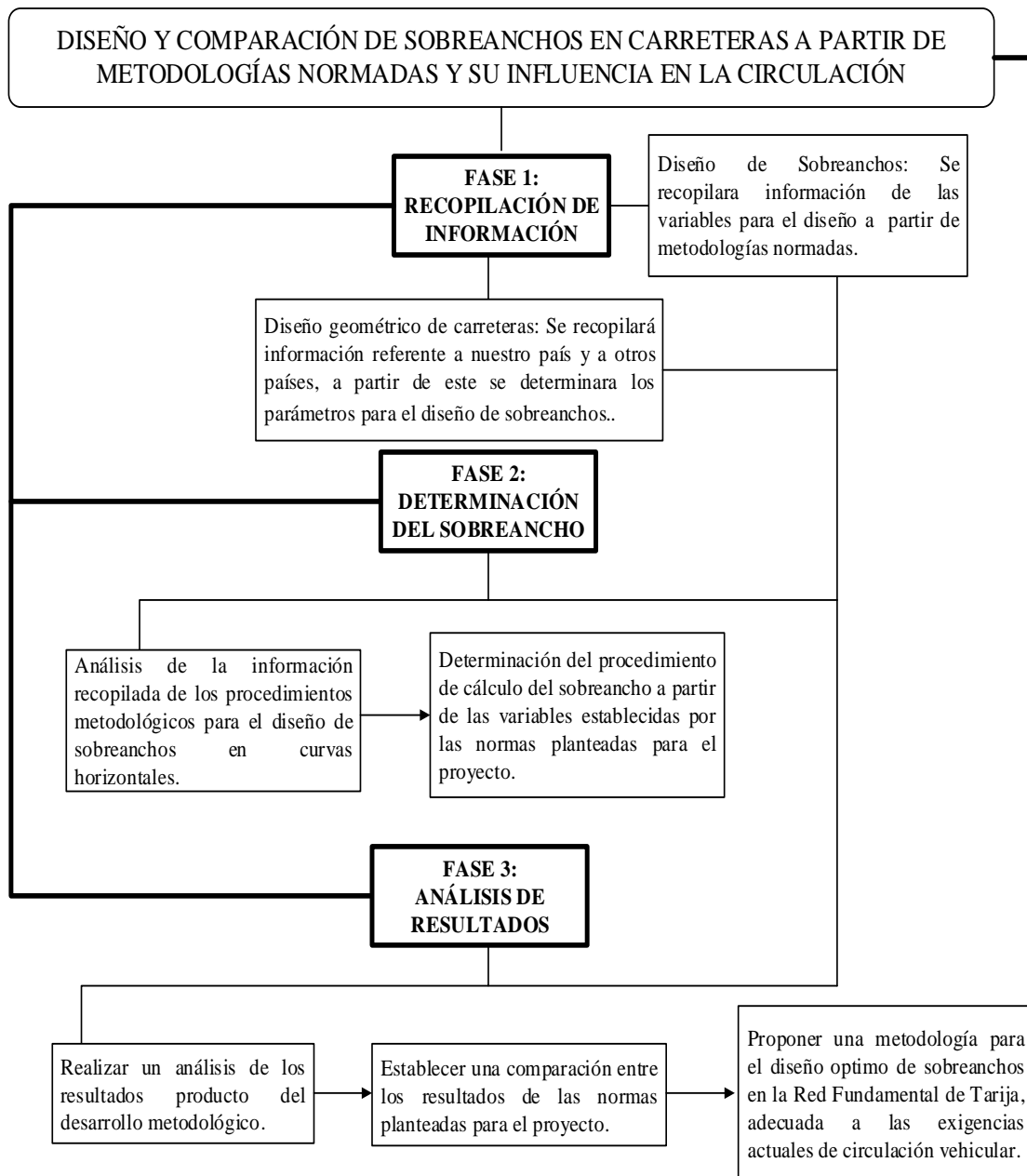


- **AUTOCAD CIVIL 3D:** Con esta herramienta se realizará el diseño del sobreebanco con los resultados obtenidos de los cálculos.



Procedimiento de aplicación

Se presenta el plan de trabajo a seguir el cual está dividido en tres fases, las cuales se enuncian a continuación y se presentan en el siguiente flujograma:



Explicación

- Fase 1 – recopilación: En esta primera fase se desarrolla la búsqueda y fundamentación teórica del proyecto, para lo cual se efectúa la recopilación de información, entre la cual se encuentran estudios, metodologías, formulaciones matemáticas y/o expresiones de diseño geométrico de carreteras que conlleven a la obtención del sobreancho.

Para tal fin se acudió a información de referencia reciente, es decir documentación cuya fecha de publicación varía entre el 2000 y 2020.

Adicionalmente, gran parte de la información recolectada fue extraída de internet, a través de páginas y estudios efectuados tanto en Bolivia como en otros países.

Posterior a esta recopilación de información, se realiza la revisión de las diferentes expresiones encontradas para el cálculo del sobreebanco de la Administradora Boliviana de Carreteras 2008, y se comparan con la Norma AASHTO-2011 y la Norma 3.1-IC de España-2016. En ese sentido se verifica la aplicabilidad de las expresiones matemáticas en función a los elementos de diseño.

Durante esta fase se establecen las curvas circulares y de transición, así como sus características base de geometría.

- Fase 2 – determinación del sobreebanco: Esta fase que mayor relevancia reviste en el marco metodológico que se llevará a cabo para la ejecución de este trabajo, una vez que responderá de manera directa al objetivo general de la misma. Por medio de esta etapa, se busca efectuar la determinación de los valores de sobreebanco, es decir calcular dichos valores basados en las expresiones y/o formulaciones matemáticas presentadas por las normativas establecidas para el proyecto.

Para poder efectuar dichos cálculos es primordial definir las características de cada una de las curvas a evaluar, que para este caso corresponden a curvas circulares y de transición que como se ha mencionado anteriormente son las curvas empleadas en el diseño del tramo a estudiar. En ese sentido, se deberá efectuar el cálculo de los siguientes parámetros:

- Cálculo de sobreebanco a partir del vehículo de diseño y los procedimientos metodológicos de las normas establecidas para el presente estudio.
- Longitudes de la transición del sobreebanco.

- Fase 3 – análisis de resultados: Se realiza un análisis comparativo a partir de los resultados obtenidos por medio de los resultados generados para cada una de las normas a estudiar.

Por último, se realiza una comparación entre los métodos y formulaciones expuestos en las normatividades establecidas, con el fin de determinar similitudes y/o diferencias entre las tres metodologías planteadas para el diseño de sobreebanco en curvas horizontales y seleccionar el procedimiento óptimo que se adecue a nuestra región.

1.6.2.3. Preparación previa para la aplicación de instrumentos

Los principales criterios usados para evaluar la validez y confiabilidad fueron debido a que el Manual tanto de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC-2008) como los internacionales de la Norma AASTHO-2011, la Norma 3.1-IC de España-2016 y la Norma de Perú DG-2018, han sido utilizados para el correcto diseño geométrico de una carretera, por lo que los parámetros que analizamos cumple con estándares de seguridad.

Para el levantamiento topográfico solicitamos a la Administradora Boliviana de Carreteras brinde en un documento digital dicho estudio del tramo mediante una nota dirigida a su gerente regional. Se presenta en anexos la nota de recepción de solicitud.

Para el cálculo del sobreebanco, se requiere el programa de Microsoft Excel con licencia de funcionamiento vigente.

1.6.3. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

Este proyecto de aplicación tiene un carácter no probabilístico, porque se realizó un estudio y una recopilación de información de la norma nacional e internacionales de diseño geométrico de carreteras y sobreebanco.

El enfoque del proyecto de aplicación fue de tipo cualitativo debido a que se recolectó datos de tipo descriptivo, por lo que se realizó una recopilación de los criterios de diseño de sobreebanco en curvas horizontales en la norma nacional e internacionales,

y además de observaciones de diferentes estudios con el fin de proponer la metodología que mejor se adecue a las exigencias actuales de circulación en nuestras carreteras.

1.6.3.1. Medidas de tendencia central

➤ Media

Es la medida de posición central más utilizada, la más conocida y la más sencilla de calcular, debido principalmente a que sus ecuaciones se prestan para el manejo algebraico, lo cual la hace de gran utilidad. Su principal desventaja radica en su sensibilidad al cambio de uno de sus valores o a los valores extremos demasiado grandes o pequeños. La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

➤ Mediana

Con esta medida podemos identificar el valor que se encuentra en el centro de los datos, es decir, nos permite conocer el valor que se encuentra exactamente en la mitad del conjunto de datos después que las observaciones se han ubicado en serie ordenada. Esta medida nos indica que la mitad de los datos se encuentran por debajo de este valor y la otra mitad por encima del mismo. Para determinar la posición de la mediana se utiliza la fórmula:

$$Me = \frac{x_i + x_{i+1}}{2}$$

1.6.3.2. Medidas de dispersión

➤ Desviación estándar de varianza

Esta medida nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su punto central o media. La desviación estándar nos da como resultado un valor numérico que representa el promedio de diferencia que hay entre los datos y la

media. Para calcular la desviación estándar basta con hallar la raíz cuadrada de la varianza, por lo tanto, se ecuación sería:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (X_i - X)^2}{n}}$$

➤ **Coefficiente de variación**

Cuando se va a estudiar un cotejo de situaciones con unidades de medida distintas, se requiere una medida adimensional de la variabilidad. Dicha medida es el coeficiente de variación.

Expuesto lo anterior, el coeficiente de variación permite comparar la variabilidad de muestras o poblaciones distintas pues elimina la dimensionalidad de las dos variables.

El coeficiente de variación, suele ser denotado por las siglas (C.V), y se puede calcular de la siguiente manera:

$$CV = \frac{S}{x} * 100$$

1.7. Alcance del estudio de aplicación

El presente proyecto tendrá como alcance la comparación de valores de sobreecho calculados a partir de las normativas establecidas y mediante un análisis comparativo de las expresiones matemáticas para el cálculo del sobreecho propuesta por la normativa de nuestro país ABC e internacionales, siendo el objetivo de dicho análisis el determinar la metodología que optimice el diseño de sobreechos para un vehículo articulado y que cumpla con las restricciones definidas por la topografía de nuestro territorio.

Para la elección del tramo en estudio, se presentó la correspondencia indicada en el Anexo 1, para la obtención del alineamiento horizontal del tramo Choroma – San Lorenzo, mismo que fue entregado en diversos planos en formato pdf y sus respectivos

datos de entrada con el que fue diseñado, mismo que fue entregado por parte de la ABC.

Para poder editar los planos y unir todos los sub – tramos se aplicó conocimientos en la herramienta AutoCAD Civil 3D y se presentan 4 planos para cada una de las normativas en estudio, en cada plano se encuentra el plano general en estudio donde se indican la posición de las curvas y en otra escala el detalle de cada curva para una mejor visualización.

Uno de los objetivos específicos se desarrolla con el levantamiento topográfico de tres curvas del tramo, con la finalidad de poder comparar con los datos obtenidos de la ABC. El levantamiento se lo realizó con el equipo RTK DJI2, el cual es un equipo de última generación.

El cálculo de los sobrecanchos de acuerdo a cada una de las normativas a estudiar, se procedió a desarrollar planillas Excel, introduciendo los datos necesarios de las curvas horizontales del tramo y el vehículo de diseño que fue elegido a partir de la correspondencia presentada en el Anexo 2, misma que contiene solicitudes de información y Actas de Aprobación firmadas por los representantes legales de dichas instituciones y/o asociaciones. Las actas fueron presentadas con la información correspondiente al estudio, donde se señala de acuerdo a la norma ABC que para la elección del vehículo de diseño para sobrecanchos se debe cumplir un flujo en carretera bidireccional mayor o igual a 15 veh/día, en ambos carriles.

En este caso se asumió como vehículo de diseño el semitrailer de 18.6 metros de largo cumpliendo con la normativa ABC, con el flujo requerido diario y al ser un vehículo articulado el sobrecancho tendrá una mayor influencia en el diseño.

El análisis comparativo se efectúa de forma teórica a partir de gráficos de dispersión, tablas con los resultados determinados por las expresiones matemáticas de las normativas y gráficos de barras para radios inferiores a los mínimos.

También se realizó un análisis de costos para determinar el monto de inversión debido al incremento del sobreeancho.

Con todo lo mencionado, se cumplen con los objetivos planteados y se presenta el documento final como aporte académico para futuros estudios en la infraestructura vial.

CAPÍTULO II
ASPECTOS GENERALES
SOBRE DISEÑO DE
SOBREANCHOS

2.1. Sobreancho

El desvío es la característica común de todos los vehículos, aunque mucho más pronunciada con los vehículos de diseño más grandes, en los que las ruedas traseras no siguen exactamente el mismo camino que las ruedas delanteras cuando el vehículo atraviesa una curva horizontal o gira. Cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal sus ruedas traseras describen una trayectoria diferente a la de las ruedas delanteras. Dicha trayectoria corresponde a un arco de radio menor. (Agudelo Ospina, 2002).

En cada caso, la cantidad de desviación y, por lo tanto, la cantidad de ensanchamiento necesaria en las curvas horizontales, depende conjuntamente de la longitud del vehículo de diseño y el radio de curvatura. La selección del vehículo de diseño se basa en el tamaño y la frecuencia de los diversos tipos de vehículos esperados en el lugar en cuestión. La cantidad de sobreancho que se necesita aumenta con el tamaño del vehículo de diseño (para vehículos de una sola unidad o vehículos con el mismo número de remolques o semirremolques) y disminuye con el radio de curvatura creciente.

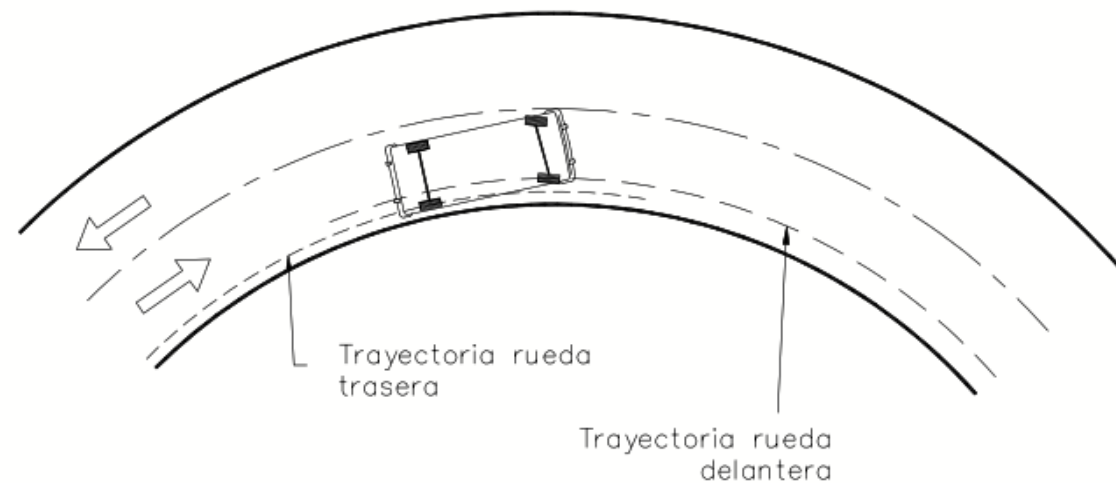
Los sobreanchos se diseñan siempre en las curvas horizontales de radios pequeños, combinados con carriles angostos, para facilitar las maniobras de los vehículos en forma eficiente, segura y cómoda. Los sobreanchos son necesarios para acomodar la mayor curva que describe el eje trasero de un vehículo pesado y para compensar la dificultad que enfrenta el conductor al tratar de ubicarse en el centro de su carril de circulación.

En las carreteras modernas con carriles de 3.6 m y buen alineamiento, la necesidad de sobreanchos en curvas se ha disminuido a pesar de las velocidades, aunque tal necesidad se mantiene para otras condiciones de la vía (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011).

2.2. Aspectos generales de los sobreanchos

Cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal sus ruedas traseras describen una trayectoria diferente a la de las ruedas delanteras. Dicha trayectoria corresponde a un arco de radio menor, es decir, que la rueda interna del eje posterior tiende a salirse de la vía tal como se observa en la siguiente figura (Agudelo Ospina, 2002, p. 459).

Figura 1. Trayectoria de ruedas de un vehículo en curva



Fuente: Agudelo Ospina, 2002, p. 460.

El sobreancho se define básicamente como el espacio extra requerido en una trayectoria de giro para la circulación segura de vehículos y se establece de acuerdo con el espacio ocupado por las ruedas de un vehículo dentro de una curva; las ruedas traseras hacen un recorrido curvo de radio menor que las delanteras, y el extremo lateral delantero describe una curva superior a la trayectoria del vehículo, este factor se determina de acuerdo al tipo de vehículo, es decir, si es, o no articulado, las vías del país, se caracterizan por presentar velocidades medias a bajas y radios de giro pequeños, incidiendo de manera significativa en el ancho adicional de calzada.

Para obtener su valor se requiere la identificación de cada una de las variables que puedan afectar dicha cantidad siendo exclusivamente en función del tipo de vehículo y

radio de la curva. La formulación de sobreancho ha tenido varias propuestas, ya que, ha sido un tema de análisis, cuyo origen, tiene inicio hace varias décadas.

La Norma de diseño internacional AASTHO, define el valor de sobreancho en función del radio de giro y las dimensiones del vehículo de diseño, donde dicho parámetro aumenta con el tamaño del vehículo y disminuye con el aumento de radio de curva; por ende, es importante evaluar el comportamiento de ensanchamiento de calzada en presencia de radios de giro cortos y circulación de vehículos de carga, debido a que dichas condiciones de circulación, se presentan con frecuencia en las vías nacionales

Para la AASHTO la ampliación de calzada depende del valor de vía en tangente, de anchos adicionales de seguridad (factor de seguridad empírico) y del ancho requerido por un vehículo al realizar una maniobra de giro; este último término se conoce como ancho máximo de camino barrido, y corresponde al ancho adicional ocupado por el vehículo al transitar sobre la curva más el ancho del vehículo. El ancho de vía en tangente no es un elemento geométrico que incida en el diseño de curva o en el ancho máximo de camino barrido, pero si en la cantidad de ampliación de calzada.

El ancho agregado ocupado por el vehículo a medida que atraviesa la curva en comparación con el ancho del camino recorrido en tangente se puede calcular por geometría para cualquier combinación de radio y distancia entre ejes. El efecto de la variación en la colocación lateral de las ruedas traseras con respecto a las ruedas delanteras y la dificultad resultante de la dirección se debe acomodar ensanchando en las curvas, pero la cantidad apropiada de ensanchamiento no puede determinarse tan precisamente como eso para una desviación simple. La cantidad de ensanchamiento del camino recorrido en una curva horizontal es la diferencia entre el ancho necesario en la curva y el ancho utilizado en una tangente.

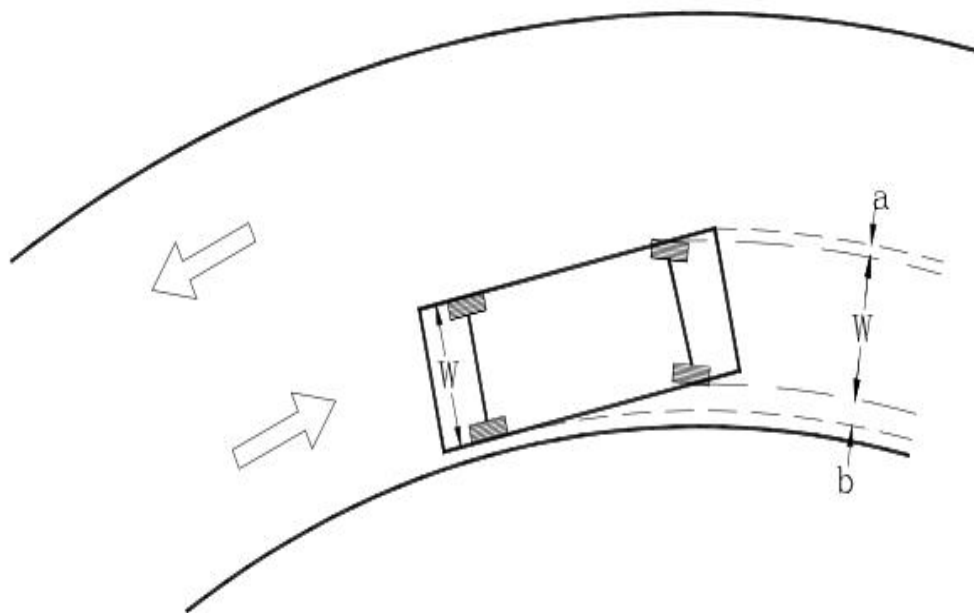
2.3. Sobreanchos en curvas horizontales

Para el cálculo de sobreanchos en curvas horizontales, debemos determinar primeramente parámetros que servirán para el cálculo de los mismos.

A partir de este punto se desarrollará el procedimiento analítico para el cálculo de sobreamchos en curvas horizontales mediante las diferentes metodologías seleccionadas para el presente Proyecto de Aplicación.

En la Figura se puede observar los anchos adicionales que se generan por la trayectoria desarrollada por un vehículo en una curva. “W” es la distancia entre bordes externos de las llantas requerida en un tramo en tangente. En un tramo en curva se genera un ancho adicional externo, cuyo valor es denotado por “a” y un ancho adicional interno denotado por “b”.

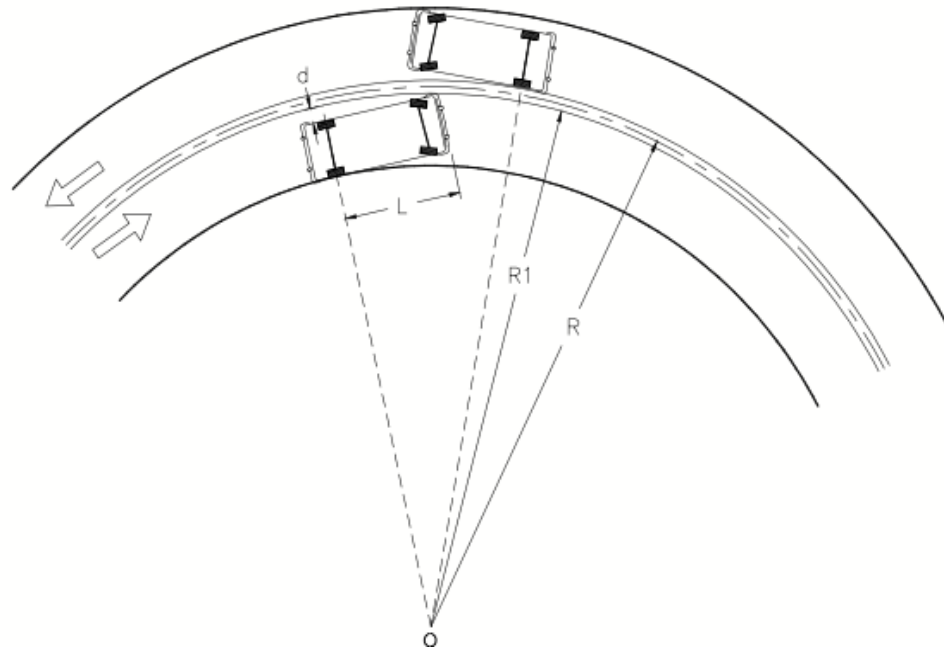
Figura 2. Anchos adicionales generados en una curva



Fuente: Agudelo Ospina, 2002, p. 461.

A continuación, se analiza la situación de dos camiones que se cruzan en una curva en la siguiente Figura, con el fin de determinar el sobreamcho necesario para la curva. Cabe anotar que dicho análisis se realiza sin tener en cuenta la berma, solo el ancho de calzada y además considerando que los vehículos viajan a la velocidad de equilibrio.

Figura 3. Sobreancho requerido en una curva



Fuente: Agudelo Ospina, 2002, p. 462.

2.4. Transición del sobreebanco

Es el tramo de carretera dispuesto entre los tramos en tangente y las curvas horizontales. Se trata de una transición para que el cambio entre la tangente y la curva se haga de modo gradual. El radio de la transición es variable, siendo infinito en la tangente, y variando hasta alcanzar el radio de la curva horizontal.

Con el fin de que el alineamiento de los bordes de la calzada se presente de una forma regular y continua se acostumbra ubicar el sobreebanco en el borde interno y además realizarlo de una forma gradual tanto a la entrada como a la salida de la curva (Agudelo Ospina, 2002).

La transición del sobreebanco se debe realizar de una forma gradual y a lo largo de una longitud apropiada de modo que no se observen cambios bruscos en el ancho de la calzada que puedan confundir al conductor además de generar un aspecto poco estético. Dicha transición se realiza de manera distinta dependiendo si la curva es circular o de transición (Agudelo Ospina, 2002).

La longitud de transición del sobreebancho también puede variar de acuerdo al tipo de curva. (Agudelo Ospina, 2002, p. 468).

2.5. Clasificación de las curvas horizontales

2.5.1. Curvas circulares

La curva circular es un arco de circunferencia que se emplea en las obras longitudinales, para lograr un cambio gradual en la dirección de las tangentes y que al mismo tiempo sirve de unión entre las mismas.

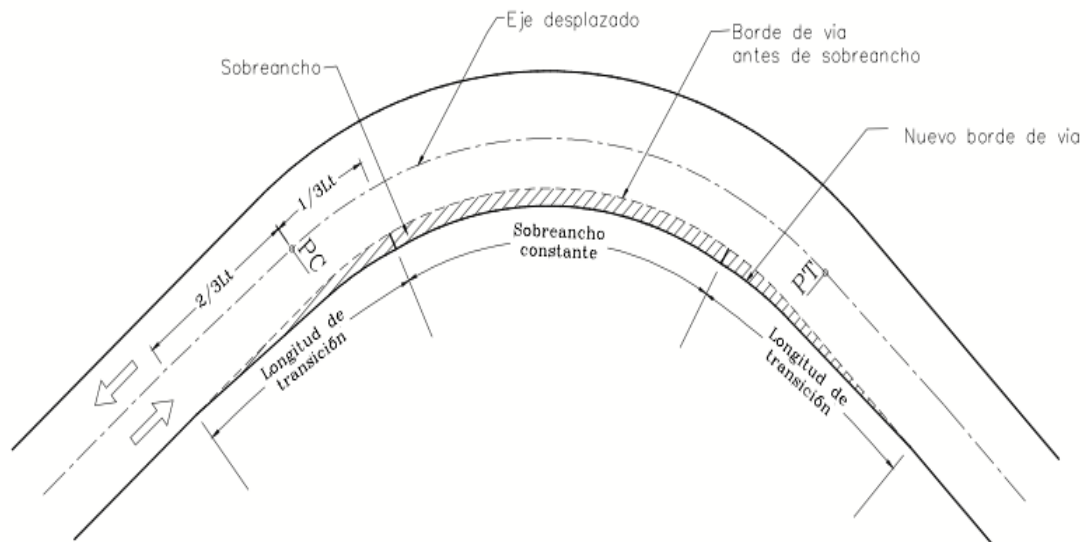
Las curvas circulares, al igual que con la transición del peralte, presenta diferentes opciones, sin dejar de ser inconveniente, para la transición del sobreebancho. No solo se presentan dudas en la localización de la transición sino en la longitud de esta. Los métodos más empleados son (Agudelo Ospina, 2002, p. 468):

- Toda la transición se realiza por fuera de la curva circular, es decir que la curva circular presenta un sobreebancho constante e igual al requerido a lo largo de toda su longitud.
- Parte de la transición se realiza por fuera de la curva y parte dentro de esta. La longitud considerada dentro de la curva está entre $1/2$ y $1/3$ de la transición total.
- En general podría realizarse conjuntamente con la transición del peraltado lo que indica que la solución corresponde a alguna de las dos anteriores.

De no realizarse conjuntamente con la transición del peralte entonces se asume una longitud entre 10 y 30 metros normalmente. Esta longitud depende básicamente del valor del sobreebancho, a mayor sobreebancho mayor longitud y de la entretangencia¹ disponible (Agudelo Ospina, 2002, p. 469).

¹ Se entiende por **entretangencia** el tramo recto entre dos curvas horizontales contiguas, es decir, la distancia entre el PT de una curva y el PC de la siguiente (<https://es.slideshare.net/victorferrel/dayra-entretangencias>).

Figura 4. Transición del sobreancho en curva circular



Fuente: Agudelo Ospina, 2002, p. 467.

Dónde:

PC = Punto de Inicio de la Curva.

PT = Punto de Tangencia.

Lt = Longitud de transición (m).

2.5.2. Curvas de transición

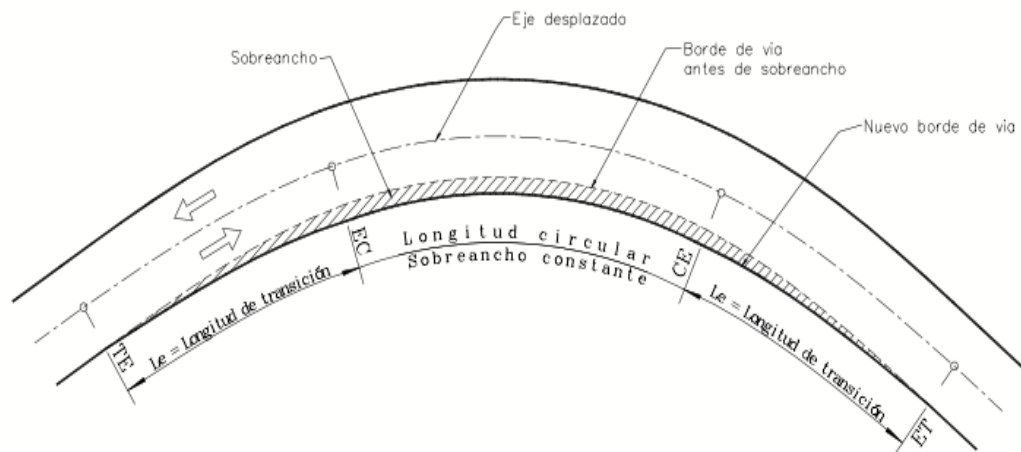
Las curvas de transición, son espirales que tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazo. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2018, p. 138).

La transición del sobreancho se realiza a lo largo de la longitud espiral simultáneamente con la transición del peralte. Es decir que en la abscisa del TE el sobreancho es cero y aumenta de forma lineal hasta la abscisa del EC donde alcanza su valor máximo e igual al requerido. Continúa constante toda la curva circular, o sea hasta la abscisa del CE, y por último se reduce de forma lineal hasta la abscisa del ET donde su valor es cero. (Agudelo Ospina, 2002, p. 466).

Algunos proyectistas recomiendan en este caso distribuir el sobreebancho en los dos bordes, mitad en el borde interno y mitad en el borde externo.

Esta solución no es la más apropiada desde el punto de vista constructivo, operativo y estético. Se debe tener en cuenta que al ubicar el sobreebancho todo sobre el borde interno, el eje de la calzada debe quedar centrado teniendo en cuenta el valor de dicho sobreebancho, lo que ocasiona un ligero aumento en radio de la curva. (Agudelo Ospina, 2002, p. 467).

Figura 5. Transición del sobreebancho en curva espiral o de transición



Fuente: Agudelo Ospina, 2002, p. 469.

Dónde:

TE = Punto de Inicio de la Transición.

EC = Punto de Inicio de la Curva.

CE = Punto de Fin de la Curva.

ET = Punto de Fin de la Transición.

2.6. Cálculo del sobreebancho a partir de diferentes metodologías

Los métodos seleccionados para calcular el sobreebancho corresponden a aquellos que se encuentran instituidos en normas de diseño vigentes, y algunos otros, sugeridos por manuales y guías de diseño geométrico de vías, a partir del año 2008 en adelante, dichos procedimientos corresponden a los siguientes:

2.6.1. Sobreancho según norma ABC-2008

A continuación, se desarrollará la deducción de valores de diseño de sobreanchos en curvas horizontales, de acuerdo a lo establecido por la Norma ABC-2008, siguiéndose los pasos que se mostrarán a continuación. Los conceptos, recomendaciones y valores serán establecidos por dicha Norma y para una referencia más práctica se utilizará únicamente el número de página del cual se extrajo los valores necesarios para el desarrollo del presente trabajo.

➤ Sobreancho en curvas circulares

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos comerciales que circulan habitualmente por la carretera o camino, se deberá ensanchar la calzada con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (huelgas), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las huelgas teóricas adoptadas, (valores medios). (p. 2-33).

Las huelgas teóricas consideradas para los vehículos comerciales de 2,6 m de ancho, en recta y en curva, según el ancho de una calzada de dos carriles, son:

Tabla 1. Huelgas teóricas

Calzada de 7,0 m		Calzada de 6,0 m	
En recta	En curva ensanchada	En Recta	En curva ensanchada
h ₁ 0,5 m	0,6 m	0,3 m	0,45 m
h ₂ 0,4 m	0,4 m	0,1 m	0,05 m
h ₂ ext. 0,4 m	0,0 m	0,1 m	0,0 m

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras, 2008, p. 2-34.

Dónde:

h_1 = Huelga entre cada vehículo y el eje demarcado.

h_2 = Huelga entre la cara exterior de los neumáticos de un vehículo y el borde exterior del carril por la que circula (en recta) o de la última rueda de un vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.

$h_2 \text{ ext}$ = Huelga entre el extremo exterior del parachoques delantero y el borde exterior de la calzada.

$h_2 \text{ ext} \approx h_2$ en recta.

$h_2 \text{ ext} = 0$ en curvas ensanchadas.

Las huelgas en curvas ensanchadas son mayores en calzadas de 7,0 m respecto de las 6,0 m, no sólo por el mayor ancho de calzada, sino que por las mayores velocidades de circulación que en ellas se tiene y por el mayor porcentaje de vehículos comerciales de grandes dimensiones.

El cálculo del ensanche o sobreancho en curvas se hará según se establece, para dos vehículos comerciales del mismo tipo que se crucen en calzadas bidireccionales o para el caso de adelantamiento en las unidireccionales.

El vehículo tipo (i) se seleccionará considerando el mayor vehículo comercial para el cual se prevea un flujo mayor o igual que el indicado a continuación, en cualquier época del año a la puesta en servicio de la obra. Se considerará el flujo del vehículo (i) más el de aquellos de mayor tamaño que no superaban el límite (p. 2-34):

Calzada Bidireccional: Flujo ≥ 15 Veh Tipo i/día en ambas direcciones.

Calzadas Unidireccionales: Flujo ≥ 40 Veh Tipo i/día en cada dirección.

➤ Cálculo del sobreancho

El cálculo detallado del sobreancho en curvas circulares de carreteras y caminos se desarrolló mediante el análisis geométrico de las trayectorias que describen los diferentes vehículos, considerando el ancho de la calzada, los resultados obtenidos quedan bien representados por las expresiones simplificadas que se presentan en la

siguiente Tabla, columna E(m), las que permiten calcular el Ensanche Total requerido en una calzada de dos carriles (bidireccional o unidireccional) con anchos de 7,0 y 6,0 m, empleando los parámetros de cálculo “Lo” para unidades simples (Camiones y Buses); L₁ y L₂ para unidades articuladas (Semitrailer) y el Radio R de la curva (p. 2-34).

Tabla 2. Ensanche de la calzada E (m)

Tipo de vehículo (Lt en m)	Parámetro de cálculo (m)	E (m)	Radios límite (m)
Camión Unid. Simple Lt = 11,0* Bus Corriente Lt = 12,0	Lo = 9,5	$(L_o^2/R) - 0,2$	$30 \leq R \leq 130$
Bus de turismo Lt = 13,2* Bus de Turismo Lt = 14,0*	Lo = 10,5 Lo = 10,6	$(L_o^2/R) - 0,2$	$35 \leq R \leq 160$
Semitrailer Lt = 16,4	L ₁ = 5,6 L ₂ = 10,0	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,2$	$45 \leq R \leq 190$
Semitrailer Lt = 18,6*	L ₁ = 5,6 L ₂ = 12,2		$60 \leq R \leq 260$
Semitrailer Lt = 22,4*	L ₁ = 5,6 L ₂ = 15,5	$((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0,2$	$85 \leq R \leq 380$

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras, 2008, p. 2-35.

La Tabla anterior permite el cruce de 2 vehículos del mismo tipo manteniendo huelgas h₁ y h₂.

Lt = Largo Total del Vehículo (*) Indica largo máximo legal

Unidades Simples (Camiones y Buses):

L_o = Distancia entre parachoques delantero y último eje trasero

Semitrailer:

L₁ = Distancia entre parachoques delantero y último eje camión tractor.

L₂ = Distancia entre pivote mesa de apoyo y último eje del tándem trasero.

Camión con Acoplado:

El conjunto con $L_t = 20,5$ m (máx legal) puede operar en los ensanches diseñados para el Semitrailer con $L_t = 18,6$ m y cualquier conjunto con $L_t \leq 19,5$ m puede hacerlo en los diseños para el Semitrailer con $L_t = 16,4$ m.

El Ensanche Total “E (m)” se limitará a un máximo de 3,0 m y un mínimo de 0,5 m en calzadas de 7,0 m. La columna “Radios Límite” indica que radios menores o mayores que los allí indicados requieren ensanches mayores o menores que los límites antes definidos.

➤ **Desarrollo del sobreancho en arcos de enlace**

En Carreteras y Caminos, la transición del ancho en recta al ancho correspondiente al inicio de la Curva Circular que requiere ensanche, se dará en una longitud de 40 m, empleando para ello parcial o totalmente la clotoide que precede a la curva. Si el arco de enlace es menor de 40 m el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud del arco de enlace disponible y si es mayor de 40 m la transición de ancho se iniciará 40 m antes del PC. Del mismo modo, pero en sentido inverso se actuará a la salida de la curva circular a partir del FC (p. 2-37).

El desarrollo del sobreancho se dará siempre dentro de la curva de enlace, adoptando una variación lineal con el desarrollo, generando el ensanche en el costado de la ruta que corresponde al interior de la curva, empleando para ello la expresión (p. 2-37):

Ecuación 1. Desarrollo del sobreancho en arcos de enlace

$$e_n = \left(\frac{E}{L}\right) * l_n$$

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras, 2008, p. 2-37.

Dónde:

E = Ensanche total calculado según Tabla 2.

e_n = Ensanche parcial correspondiente a un punto distante “ l_n ” metros desde el origen de la transición.

L = Longitud Total del desarrollo del sobreancho, dentro de la clotoide.

La ordenada “ e_n ” se medirá normal al eje del trazado en el punto de abscisa “ ln ” y el borde interior de la calzada distará del eje ($a+e_n$), siendo “ a ” el ancho normal de un carril en recta.

➤ **Sobreancho en curvas con arco de enlace**

Los ensanches requeridos se determinarán según lo expuesto en sobreancho en curvas circulares y cálculo de sobreanchos (p. 2-54).

➤ **Desarrollo del sobreancho en curvas con arco de enlace**

La longitud normal para desarrollar el sobreancho será de 40 m. Si el arco de enlace es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m antes del principio de la curva circular. Si el arco de enlace es menor de 40 m el desarrollo del sobreancho se ejecutará en la longitud de arco de enlace disponible (p. 2-54).

El sobreancho se generará mediante una variación lineal con el desarrollo:

Ecuación 2. Sobreancho en curvas con arco de enlace

$$e_n = \left(\frac{E}{L}\right) * ln$$

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras, 2008, p. 2-54.

e_n = Ensanche hacia el interior de la curva correspondiente a un punto distante ln metros desde el origen.

L = Longitud Total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de enlace.

La ordenada “ e_n ” se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa “ ln ” y el borde interior de la calzada distará del eje ($a + e_n$), siendo “ a ” el ancho normal de un carril en recta.

2.6.2. Sobreancho según normativa AASHTO-2011

A continuación, se desarrollará la deducción de valores de diseño de sobreanchos en curvas horizontales, de acuerdo a lo establecido por la Norma AASHTO-2011, siguiéndose los pasos que se mostrarán a continuación. Los conceptos, recomendaciones y valores serán establecidos por dicha Norma y para una referencia más práctica se utilizará únicamente el número de página del cual se extrajo los valores necesarios para el desarrollo del presente trabajo.

Según la norma establecida por la ASSHTO, los elementos de ancho del vehículo de diseño que se utilizan para determinar el sobreancho apropiado de la carretera en curvas incluyen (p. 3-71):

- Ancho de vía de los vehículos de diseño que pueden encontrarse o pasar en la curva “U”.
- Anchura lateral por vehículo “C”.
- Ancho del voladizo delantero del vehículo que ocupa el carril o carriles interiores “F_A”.
- Margen de ancho de seguridad para la dificultad de conducir en curvas “Z”.

➤ **Procedimientos para el cálculo del ancho de huella o camino barrido.**

El ancho de huella (U) para un vehículo que sigue una curva o hace un giro, también conocido como ancho del camino barrido, es la suma del ancho de vía en tangente (u) (según el vehículo de diseño) y la cantidad de desvío. El desvío depende del radio de la curva o giro, el número y la ubicación de los puntos de articulación y las longitudes de las distancias entre los ejes. El ancho de pista en una curva (U) se calcula utilizando la ecuación (p. 3-71):

Ecuación 3. Fórmula para el cálculo del ancho de camino barrido

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - \sum L_i^2}$$

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011, p. 3-71.

Dónde:

u = Ancho normal de un vehículo el mismo que varía de 2,40 a 2,60 (m).

L_i = Distancia entre ejes del vehículo de diseño consecutivos (o conjuntos de ejes) y puntos de articulación (m).

R = Radio de la curva (m).

Esta ecuación se puede usar para cualquier combinación de radio, número de ejes y longitud de las distancias entre ejes (es decir, espacios entre ejes). Las distancias entre ejes (L_i) utilizadas en los cálculos incluyen las distancias entre cada eje y punto de articulación en el vehículo. Para un camión de una sola unidad, solo se considera la distancia entre el eje delantero y las ruedas motrices (p. 3-72).

Para un vehículo articulado, cada uno de los puntos de articulación se usa para determinar (U). Por ejemplo, un camión combinado de tractor-semirremolque (vehículo de diseño) tiene tres valores de L_i que se consideran para determinar el desplazamiento:

- L_1 = La distancia desde el eje delantero al eje de transmisión del tractor.
- L_2 = La distancia desde el eje de transmisión hasta el pivote.
- L_3 = La distancia desde el pivote hasta el eje trasero.

➤ **Determinación de la separación libre**

La siguiente Tabla nos indica el espacio lateral que necesita cada vehículo, se asumen los siguientes valores:

Tabla 3. Determinación de la separación libre

(W_n) Ancho del pavimento en tangente (m)	Valor de C
6.00	0.60
6.60	0.75
7.20	0.90

La tabla anterior se describe en el manual en forma de párrafo y para una mejor visualización se expone para el presente trabajo en forma de tabla.

La asignación de separación lateral (C), proporciona espacio libre entre el borde del camino recorrido y la trayectoria de la rueda más cercana y para el espacio libre del cuerpo entre los vehículos que pasan o se encuentran (p. 3-72).

➤ **Determinación del ancho del voladizo delantero**

La anchura del voladizo delantero (F_A) es la distancia radial entre el borde exterior de la trayectoria del neumático de la rueda delantera y la trayectoria del borde delantero exterior de la carrocería del vehículo. (F_A) depende del radio de la curva, la extensión del voladizo delantero del vehículo de diseño y la distancia entre ejes de la unidad misma. En el caso de las combinaciones tractor/remolque, solo se utiliza la distancia entre ejes de la unidad tractora (p. 3-72).

Ecuación 4. Fórmula para el cálculo del ancho del voladizo delantero

$$F_A = \sqrt{R^2 + A * (2*L + A)} - R$$

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011, p. 3-72.

Dónde:

A = Voladizo o saliente delantero del vehículo (m).

R = Radio de la Curva (m).

L_1 = Distancia entre el eje delantero y el eje trasero de la unidad tractora (m).

➤ **Determinación del ancho adicional necesario en curva**

El sobreaño de seguridad adicional (o factor de seguridad empírico) (Z) es un ancho radial adicional del pavimento para acomodar la dificultad de maniobrar en una curva y la variación en la operación del conductor. Este ancho adicional es un valor empírico que varía con la velocidad del tráfico y el radio de la curva. El margen de ancho adicional se expresa como (p. 3-74):

Ecuación 5. Fórmula para el cálculo del ancho adicional

$$Z = \frac{V}{10 * \sqrt{R}}$$

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011, p. 3-74.

Dónde:

Z = Sobreaño de seguridad (m).

V = Velocidad de proyecto (km/h).

R = Radio de la curva (m).

➤ **Ensanchamiento de recorrido en curvas horizontales**

El camino recorrido en curvas horizontales a veces se amplía para crear condiciones de operación en curvas que son comparables a las de las tangentes. En carreteras anteriores con carriles estrechos y curvas cerradas, había una necesidad considerable de ensancharse en las curvas, aunque las velocidades eran generalmente bajas. En carreteras y calles modernas con carriles de 3.6 m y alineación de tipo alto, la necesidad de ensanchamiento ha disminuido considerablemente a pesar de las altas velocidades, pero para algunas condiciones de velocidad, curvatura y ancho, sigue siendo apropiado

ampliar los caminos recorridos. El sobreancho es necesario en ciertas curvas por una de las siguientes razones (p. 3-76):

- El vehículo de diseño ocupa un ancho mayor porque las ruedas traseras generalmente se deslizan dentro de las ruedas delanteras (sin seguimiento) en curvas de transición.
- Los conductores experimentan dificultades para conducir sus vehículos en el centro del carril.

El ancho agregado ocupado por el vehículo a medida que atraviesa la curva en comparación con el ancho del camino recorrido en tangente se puede calcular por geometría para cualquier combinación de radio y distancia entre ejes. El efecto de la variación en la colocación lateral de las ruedas traseras con respecto a las ruedas delanteras y la dificultad resultante de la dirección se debe acomodar ensanchando en las curvas, pero la cantidad apropiada de ensanchamiento no puede determinarse tan precisamente como eso para una desviación simple. La cantidad de ensanchamiento del camino recorrido en una curva horizontal es la diferencia entre el ancho necesario en la curva y el ancho utilizado en una tangente (p. 3-76):

Ecuación 6. Fórmula para el cálculo del sobreancho

$$W = W_c - W_n$$

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011, p. 3-76.

Dónde:

W = Sobreancho expresado (m).

W_c = Ancho total necesario para la curva expresado (m).

W_n = Ancho de camino en tangente expresado en metros (el ancho de la vía es de 7 m).

Ecuación 7. Fórmula para el cálculo del ancho necesario para la curva

$$W_c = n * (U + C) + F_A + Z$$

Fuente: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011, p. 3-76.

Dónde:

U = Ancho de huella por el vehículo al transitar sobre la curva (m).

C = Separación lateral entre 2 vehículos.

F_A = Anchura del voladizo frontal del vehículo.

Z = Ancho adicional necesario (factor de seguridad empírico) en las curvas para la maniobra del vehículo (m).

n = Número de carriles de la vía.

Siendo la ecuación final para el cálculo del sobrecancho de acuerdo a la Norma AASHTO la siguiente:

$$W = (n * (U + C) + F_A + Z) - 7 \text{ m}$$

➤ **Valores de diseño para ensanchamiento de calzada**

Se sugiere utilizar un ensanchamiento mínimo de 0.6 m (p. 3-78).

➤ **Aplicación de ensanchamiento en curvas**

El ensanchamiento debería introducirse gradualmente en las proximidades de la curva para dar un alineamiento razonablemente suave del borde de la calzada, y adaptarse a las trayectorias de los vehículos que entran o salen de la curva. Los principales puntos de interés en el diseño del ensanchamiento de una curva aplicados en ambos extremos de las curvas son (p. 3-78):

- En las curvas simples sin espirales, el ensanchamiento debe aplicarse sólo en el interior de la calzada. En las curvas diseñadas con espirales, el ensanchamiento puede aplicarse en el borde interior o dividido en partes iguales a cada lado de la línea central.
- El ensanchamiento de la curva debe ser gradual a lo largo de una longitud suficiente como para que toda la calzada sea utilizable. Aunque es deseable una transición larga para la operación de tránsito, puede resultar en angostas astillas de pavimento difíciles y caras de construir. Preferiblemente el

ensanchamiento debería desarrollarse sobre la misma longitud del desarrollo del peralte, pero puede ser más cortas. Normalmente los cambios en la anchura deben efectuarse sobre una distancia de 30 a 60 m.

2.6.3. Sobreancho según normativa de España 3.1-IC – 2016

A continuación, se desarrollará la deducción de valores de diseño de sobreanchos en curvas horizontales, de acuerdo a lo establecido por la Norma de España 3.1-IC-2016, siguiéndose los pasos que se mostrarán a continuación. Los conceptos, recomendaciones y valores serán establecidos por dicha Norma y para una referencia más práctica se utilizará únicamente el número de página del cual se extrajo los valores necesarios para el desarrollo del presente trabajo.

➤ Sobreancho en curvas

El sobreancho en una curva es la diferencia entre el ancho del carril en dicha curva y en una recta, debido al mayor espacio que, si el radio es reducido, requiere un vehículo que circule por ella, no pudiendo obtenerse por disminución del ancho de los arcenes (p. 84).

De forma simplificada y fuera de intersecciones, la transición entre el ancho de los carriles en recta y en curva se podrá realizar linealmente, en una longitud mayor o igual que treinta metros (≥ 30 m) desarrollada a lo largo de la clotoide, aumentando progresivamente el ancho de los carriles hasta alcanzar el sobreancho máximo estimado en el inicio de la curva circular. En casos especialmente difíciles (como cuando no existe curva de acuerdo) podrá aceptarse que el veinticinco por ciento (25 %) de la transición se sitúe dentro de la propia curva circular. La ampliación del ancho del carril por el sobreancho en curvas se efectuará, salvo justificación en contrario, por el borde derecho del carril en el sentido de la marcha (p. 85).

Para evitar reiteradas modificaciones del ancho de un carril por la existencia de curvas de distinto radio se procurará homogeneizar la sección del carril al valor máximo. Si el tramo tuviese una longitud mayor o igual que doscientos cincuenta metros (≥ 250 m)

podrá modularse el sobreebancho en curvas por intervalos de doscientos cincuenta metros (250 m).

En curvas circulares en carreteras de radio inferior a doscientos cincuenta metros (< 250 m) y para vehículos rígidos, el ancho de cada carril (en metros) podrá ser estimado, de forma simplificada, mediante la expresión (p. 85):

Ecuación 8. Fórmula para el cálculo del sobreebancho

$$3.5 + \frac{L^2}{2 * R}$$

Fuente: Ministerio de Fomento, 2016, p. 85.

Dónde:

R = Radio de la curva horizontal (m).

L = Longitud del vehículo patrón característico, medida entre su extremo delantero y el eje de las ruedas traseras (m).

2.6.4. Sobreebancho según normativa de Perú DG-2018

A continuación, se desarrollará la deducción de valores de diseño de sobreebanchos en curvas horizontales, de acuerdo a lo establecido por la Norma de Perú DG-2018, siguiéndose los pasos que se mostrarán a continuación. Los conceptos, recomendaciones y valores serán establecidos por dicha Norma y para una referencia más práctica se utilizará únicamente el número de página del cual se extrajo los valores necesarios para el desarrollo del presente trabajo.

➤ **Sobreebancho**

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos (p. 159).

➤ **Necesidad del sobreancho**

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada, se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos (p. 159).

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículos que circulan habitualmente por la carretera, ésta debe tener un sobreancho con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (holguras), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las holguras teóricas adoptadas (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de la berma (p. 159).

Las holguras teóricas en recta y en curva ensanchada, consideradas para vehículos comerciales de 2.6 m de ancho, según el ancho de una calzada se aprecian en la siguiente Tabla:

Tabla 4. Holguras teóricas para vehículos de 2.60 (m) de ancho

Calzada de 7.20 m		Calzada de 6.00 m	
En recta	En curva ensanchada	En recta	En curva ensanchada
h_1 0.5 m	0.6 m	0.3 m	0.45 m
h_2 0.4 m	0.4 m	0.1 m	0.05 m
$h_{2\text{ ext}}$ 0.4 m	0.0 m	0.1 m	0.0 m

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2018, p. 160.

Dónde:

h_1 = Holgura entre cada vehículo y el eje demarcado.

h_2 = Holgura entre la cara exterior de los neumáticos de un vehículo y el borde exterior del carril por el que circula (en recta) o de la última rueda de un vehículo simple o articulado y el borde interior de la calzada en curvas.

h_{2ext} = Holgura entre el extremo exterior del parachoques delantero y el borde exterior de la calzada.

$h_{2ext} \approx h_2$ en recta

$h_{2ext} = 0$ en curvas ensanchadas.

Las holguras en curvas ensanchadas son mayores en calzadas de 7.20 m respecto de las de 6.00 m, no sólo por el mayor ancho de calzada, sino por las mayores velocidades de circulación que en ellas se tiene y por el mayor porcentaje de vehículos comerciales de grandes dimensiones (p. 159).

➤ **Valores del sobreancho**

El sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente fórmula (p. 161):

Ecuación 9. Cálculo del sobreancho

$$S_a = n * \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 * \sqrt{R}}$$

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2018, p. 161.

Dónde:

S_a = Sobreancho (m).

n = Número de carriles.

R = Radio de curvatura circular (m).

L = Distancia entre eje posterior y parte frontal (m).

V = Velocidad de Diseño (km/h).

El primer término, depende de la geometría y el segundo de consideraciones empíricas, que tienen en cuenta un valor adicional para compensar la mayor dificultad, en calcular distancias transversales en curvas. Debe precisarse, que la inclusión de dicho valor adicional, debe ser evaluado y determinado por el diseñador, para aquellas velocidades que éste considere bajas para el tramo en diseño.

Se considera apropiado un valor mínimo de 0.40 m de sobreebanco para justificar su adopción (p. 161).

➤ **Transición del sobreebanco**

Con el fin de disponer de un alineamiento continuo en los bordes de la calzada, el sobreebanco debe desarrollarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas.

En el caso de curvas circulares simples, por razones de apariencia, el sobreebanco se debe desarrollar linealmente a lo largo del lado interno de la calzada, en la misma longitud utilizada para la transición del peralte. En las curvas con espiral, el sobreebanco se desarrolla linealmente, en la longitud de la espiral (p. 160).

Normalmente la longitud para desarrollar el sobreebanco será de 40 m. Si la curva de transición es mayor o igual a 40 m, el inicio de la transición se ubicará 40 m, antes del principio de la curva circular. Si la curva de transición es menor de 40 m, el desarrollo del sobreebanco se ejecutará en la longitud de la curva de transición disponible (p. 160).

Para la determinación del desarrollo del sobreebanco se utilizará la siguiente fórmula:

Ecuación 10. Desarrollo del sobreebanco

$$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} * l_n$$

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú, 2018.

Dónde:

S_{a_n} = Sobreancho correspondiente a un punto distante l_n metros desde el origen.

L = Longitud total del desarrollo del sobreancho, dentro de la curva de transición.

l_n = Longitud en cualquier punto de la curva, medido desde su origen (m).

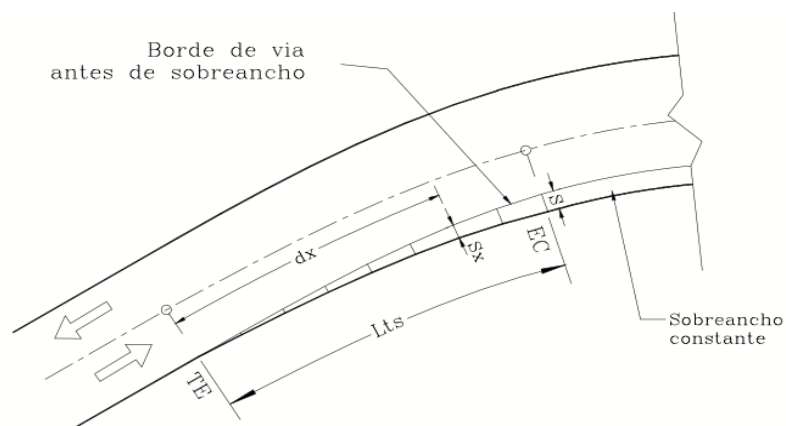
La ordenada S_{a_n} se medirá normal al eje de la calzada en el punto de abscisa l_n y el borde de la calzada ensanchada distará del eje $a/2 + S_{a_n}$ siendo "a" el ancho normal de la calzada en recta.

La demarcación de la calzada se ejecutará midiendo una ordenada $S_{a_n} / 2$, a partir del eje de la calzada, en el punto de la abscisa l_n .

2.7. Cálculo de la transición del sobreancho

Normalmente la transición del sobreancho de una curva se calcula de forma lineal. Para determinar el valor del sobreancho en una abscisa cualquiera (x), ubicada sobre la transición del sobreancho, nos apoyamos en la Figura 115 donde se tiene lo siguiente (Agudelo Ospina, 2002, p. 470):

Figura 6. Cálculo de la transición del sobreancho



Fuente: Agudelo Ospina, 2002.

Dónde:

S = Sobreancho requerido para la curva

Lts = Longitud de transición del sobreancho

Sx = Sobreancho en una abscisa x

dx = Distancia desde inicio de transición del sobreancho a la abscisa x

Se plantea entonces la siguiente relación:

$$\frac{S}{Lts} = \frac{S_x}{dx}$$

Luego:

$$S_x = \frac{dx * S}{Lts}$$

Expresión empleada para calcular el valor del sobreancho en cualquier abscisa ubicada sobre la transición del sobreancho (Agudelo Ospina, 2002).

2.8. Velocidad de diseño

Es un componente que se define en la trayectoria de una carretera dependiendo del terreno y las zonas circundantes, por lo tanto, corresponde a una velocidad de referencia que sirve de guía para definir las especificaciones mínimas para el diseño geométrico de carreteras.

Para el presente caso las velocidades actuales de operación de la carretera están restringidas por la geometría, la topografía que predomina en el tramo es la montañosa, otorgando al usuario velocidades relativamente bajas de operación, existen sectores puntuales donde la topografía limita el desarrollo de velocidades altas.

Se solicitó la velocidad de proyecto y los datos de entrada del proyecto a la ABC, mismos que fueron contestados con una negativa, debido a que los datos del proyecto solicitados no han sido encontrados en su base de datos, y con el fin de no retrasar mi avance se me recomendó asumir datos de acuerdo a la norma vigente. La nota de solicitud y la respuesta se encuentran el Anexo 1 al final del documento.

En ese sentido se asumirá que las curvas a ser estudiadas presentan velocidades de diseño homogéneo, es decir, definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno.

De esta manera la Velocidad de Proyecto asumida para la carretera es de 80 km/h según la norma vigente en nuestro país, misma que se establece de acuerdo a la clasificación funcional del tramo en estudio.

Tabla 5. Clasificación del tramo en estudio

Clasificación administrativa	Red fundamental	Está conformada por carreteras que vinculan capitales de departamentos y carreteras que vinculan al país con el exterior, esta red es administrada por la ABC (Administradora Boliviana de Carreteras).
Clasificación técnica	Primaria	Esta clasificación permite distinguir la categoría física de la carretera, ya que toma en cuenta los volúmenes de tránsito y las características geométricas de la carretera. Las Vp más altas corresponden a trazados en terrenos Llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo entorno presenta limitaciones severas para el trazado
Tipo de terreno	Montañoso	Está constituido por cordones montañosos. La rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%. En consecuencia, el empleo de elementos de características mínimas será frecuente y obligado.
Tipo de carretera	Primaria	Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, pero que sirven también un porcentaje importante de tránsito de corta distancia, en zonas densamente pobladas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Clasificación funcional para diseño de carreteras

Categoría		Sección transversal		Velocidad de proyecto (km/h)	Código tipo
		Nº carriles	Nº calzada		
Autopista	(O)	4 ó + UD	2	120 - 100 - 80	A (n) - XX
Autoruta	(A)	4 ó + UD	2	100 - 90 - 80	AR (n) - XX
Primario	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 - 90 - 80	P (n) - XX
		2 BD	1	100 - 90 - 80	P (2) - XX
Colector	(II)	4 ó + UD	2 (1)	80 - 70 - 60	C (n) - XX
		2 BD	1	80 - 70 - 60	C (2) - XX
Local	(III)	2 BD	1	70 - 60 - 50 - 40	L (2) - XX
Desarrollo		2 BD	1	50 - 40 - 30	D - XX

Fuente: Administradora Boliviana de Carreteras, 2008, p. 1-24.

2.9. Determinación del vehículo de transporte de carga representativo del tramo

La selección del vehículo de diseño se basa en el tamaño y frecuencia de los distintos tipos de vehículos esperados en las curvas del camino en cuestión (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011, p. 3-71).

Corresponde al vehículo representativo del parque automotor que puedan circular por una vía específica. La cantidad de ensanchamiento necesaria en las curvas horizontales, depende conjuntamente de la longitud y otras características del vehículo de diseño y el radio de curvatura.

La cantidad de sobrancho que se necesita aumenta con el tamaño del vehículo de diseño (para vehículos de una sola unidad o vehículos con el mismo número de

remolques o semirremolques) y disminuye con el radio de curvatura creciente (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011, p. 3-71).

El vehículo tipo (i) se seleccionará considerando el mayor vehículo comercial para el cual se prevea un flujo mayor o igual que el indicado a continuación, en cualquier época del año a la puesta en servicio de la obra. Se considerará el flujo del vehículo (i) más el de aquellos de mayor tamaño que no superaban el límite. (Administradora Boliviana de Carreteras, 2008, p. 2-34).

Calzada Bidireccional: Flujo ≥ 15 Veh Tipo i/día en ambas direcciones.

De acuerdo al anterior párrafo, se determinó el vehículo de diseño, solicitando dicha información al Secretario General de Buses La Tablada (Anexo 2), señor Jaime Vaca, quien mencionó que las empresas de Buses con mayor cantidad de vehículos son el expreso Padcaya y el expreso Tarija. Con esa información solicite una reunión con sus representantes legales. Para el sector del transporte pesado se solicitó la información a su Secretario General, el señor Juan Carlos Borda (Anexo 2).

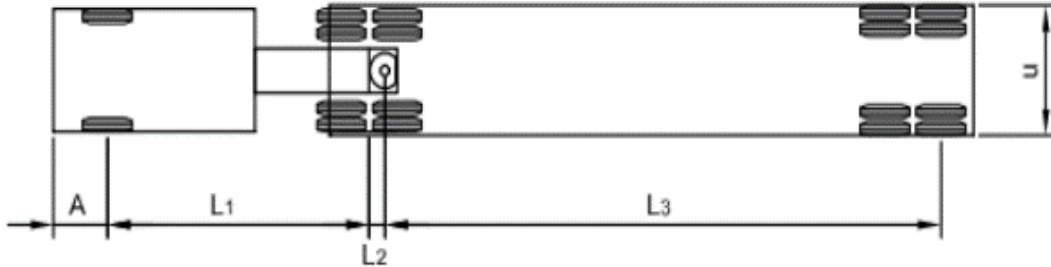
En ambos casos se presentó la documentación correspondiente del presente proyecto y mediante un acta de aprobación realizado por mi persona y en reunión conjunta con cada uno de los miembros participativos, se aprobó que los vehículos que cumplen con el párrafo de la ABC mencionado anteriormente son los siguientes:

- Buses (Anexo 2):
 1. Bus modelo G7 (Longitud = 14m).
- Transporte pesado (Anexo 2):
 1. Tracto camión con semirremolque (Longitud = 18.60 m).
 2. Camión con remolque (Longitud = 20.5 m).
 3. Camión alza pata (Longitud = 10 m).

Para los vehículos del transporte pesado se cuenta con un ancho de 2.6 m para los modelos mencionados, y además los vehículos 1 y 2 pertenecen a la categoría de vehículos con tractor de 3 ejes y semirremolque de 2 ejes.

Se selecciona como vehículo de diseño al tracto Camión con semirremolque, el cual cuenta con las siguientes dimensiones:

Figura 7. Vehículo de diseño



Fuente: Google.

Categoría	Largo total (m)	A (m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	L ₃ (m)	U (m)
Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes	18.60	1.22	5.95	0.00	10.97	2.60

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente el vehículo Semitrailer se convirtió en el mayor vehículo comercial debido a su capacidad de carga y gran potencia, transportando el comercio en grandes cantidades y en menor tiempo, de acuerdo a lo expuesto por el Secretario General del Transporte Pesado de Tarija.

2.10. Comparación de valores de diseño de sobreebancho

Normas para diseño	ABC - 2008	AASHTO-2011	ESPAÑA 3.1-IC - 2016	DG PERÚ - 2018
<p>Sobreebancho en curvas horizontales</p> <p>Vehículos articulados</p>	$((L_1^2 + L_2^2)/R - 0.2)$	$U = u + R_c - \sqrt{R_c^2 - \sum L^2}$ $W = W_c - W_n$ $F_a = \sqrt{R_c^2 + A(2 * L + A) - R_c}$ $W_c = n * (U + C) + (N - 1) * F_a + z$ $Z = 0.1 \frac{v}{\sqrt{R_c}}$	$3.5 + \frac{l^2}{2 * R}$	$S_a = n * (R - \sqrt{R^2 - L^2})$ $Z = \frac{v}{10 * \sqrt{R}}$
<p>Longitud de transición del sobreebancho</p>	$e_n = \left(\frac{E}{1}\right) * l_n$	<p>Los cambios de la anchura deben efectuarse sobre una distancia de 30 a 60 metros.</p>	<p>Se realiza en conjunto con el peralte.</p>	$S_{a_n} = \frac{S_a}{L} * L_n$

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III
DISEÑO DE
SOBREANCHOS Y SU
INFLUENCIA EN LA
CIRCULACIÓN

3.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio del presente Proyecto de aplicación se encuentra en la Primera Sección Municipio de San Lorenzo, provincia Méndez del Departamento de Tarija a lo largo de las elevaciones transversales de la serranía de la Queñua, entre la comunidad de Choroma y el Municipio de San Lorenzo, es parte de la ruta N° 1 que integra los Departamentos de Potosí y Tarija.

El tramo a estudiar se encuentra en las coordenadas para la Prog.: 21+417 (N 7633559; E 313282) y para la Prog.: 26+765 (N 7632006; E 316302).

Figura 8. Área de estudio



Fuente: Google Earth.

3.2. Levantamiento topográfico

Se realizó un levantamiento topográfico en el área de estudio, para el mismo se seleccionó 3 curvas del tramo de estudio. Anexo 7.

De acuerdo al plano general presentado en la Figura 9, las curvas elegidas para este estudio fueron: Curva 1, Curva 11, Curva 21.

Las 3 curvas son de transición y tienen una longitud de transición de 40 metros.

El estudio se desarrolló con la estación móvil D-RTK 2 es el receptor GNSS de alta precisión actualizado de DJI que admite todos los principales sistemas de navegación por satélite del mundo y proporciona correcciones diferenciales en tiempo real que generan datos de posicionamiento a nivel centimétrico para mejorar la precisión relativa.

La estación móvil D-RTK 2 admite la comunicación a través de 4G, WiFi, lo que garantiza una transmisión de datos estables e ininterrumpidos en cualquier escenario de aplicación.

Se presenta en el Anexo 1, el documento firmado por parte de INSIGAR, consultora que alquiló el equipo para el levantamiento de campo como respaldo de dicho trabajo.

Se presenta los puntos obtenidos del levantamiento topográfico y los puntos obtenidos mediante la información proporcionada por la ABC.

➤ **Curva 1:**

Lista de puntos levantamiento topográfico			
N ° Punto	Norte	Este	Elevación
P-1	7633570.11	313320.29	2435.55
P-2	7633577.48	313319.44	2435.79
P-3	7633571.05	313325.17	2435.19
P-4	7633578.61	313323.84	2435.05
P-5	7633572.91	313334.92	2434.41
P-6	7633580.27	313333.67	2434.24
P-7	7633574.39	313344.89	2433.66
P-8	7633581.95	313343.54	2433.50
P-9	7633576.13	313354.72	2432.84
P-10	7633583.62	313353.28	2432.55
P-11	7633577.65	313364.89	2431.64
P-12	7633581.57	313368.96	2431.78
P-13	7633581.74	313369.16	2431.65
P-14	7633585.11	313363.04	2431.78
P-15	7633578.65	313374.72	2430.71
P-16	7633585.99	313372.98	2431.13
P-17	7633578.55	313384.70	2429.93
P-18	7633586.19	313383.13	2430.30
P-19	7633577.25	313394.28	2429.03
P-20	7633585.21	313393.16	2429.55

Lista de puntos ABC			
N ° Punto	Norte	Este	Elevación
P-14037	7633571.12	313325.08	2435.38
P-14038	7633572.81	313334.93	2434.80
P-14039	7633574.50	313344.79	2434.03
P-14040	7633576.20	313354.78	2433.23
P-14041	7633577.68	313364.79	2432.18
P-14042	7633578.58	313374.73	2431.09
P-14043	7633578.55	313384.57	2430.25
P-14044	7633577.23	313394.39	2429.33
P-14045	7633574.48	313404.00	2428.48
P-14046	7633570.36	313413.10	2427.62
P-14047	7633564.95	313421.50	2426.79
P-14048	7633558.37	313429.02	2425.93
P-14049	7633550.76	313435.50	2425.07
P-14050	7633542.29	313440.79	2424.16
P-14051	7633533.14	313444.80	2423.44
P-14052	7633523.50	313447.43	2422.58
P-14053	7633513.58	313448.62	2421.67
P-14054	7633503.59	313448.35	2420.67
P-14055	7633493.75	313446.63	2420.01
P-14056	7633484.27	313443.48	2419.17

P-21	7633574.44	313404.01	2428.24
P-22	7633582.89	313402.87	2428.84
P-23	7633570.28	313413.12	2427.46
P-24	7633579.27	313412.18	2428.08
P-25	7633574.55	313420.96	2427.37
P-26	7633564.85	313421.46	2426.70
P-27	7633558.31	313429.04	2425.92
P-28	7633568.63	313429.01	2426.45
P-29	7633553.93	313442.52	2425.78
P-30	7633550.72	313435.46	2425.17
P-31	7633542.22	313440.83	2424.40
P-32	7633545.42	313447.69	2425.02
P-33	7633536.10	313451.77	2424.22
P-34	7633533.20	313444.85	2423.61
P-35	7633526.41	313446.80	2422.85
P-36	7633526.55	313454.51	2423.40
P-37	7633523.37	313447.45	2421.98
P-38	7633516.60	313455.99	2422.52
P-39	7633506.81	313456.16	2421.82
P-40	7633513.43	313448.63	2421.15
P-41	7633503.66	313448.36	2420.42
P-42	7633496.83	313455.00	2420.96
P-43	7633487.20	313452.60	2420.29
P-44	7633493.64	313446.60	2419.64
P-45	7633484.21	313443.45	2418.84
P-46	7633477.88	313448.91	2419.39
P-47	7633468.90	313443.88	2418.65
P-48	7633475.31	313438.93	2418.09
P-49	7633467.20	313433.45	2417.37
P-50	7633460.74	313437.93	2417.78
P-51	7633453.31	313431.45	2416.91
P-52	7633455.06	313428.50	2416.79
P-53	7633459.62	313427.05	2416.69
P-54	7633452.45	313420.09	2415.94
P-55	7633446.13	313424.50	2415.96
P-56	7633439.20	313417.52	2415.19
P-57	7633445.21	313412.84	2415.15
P-58	7633438.18	313405.59	2414.35
P-59	7633432.19	313410.37	2414.34
P-60	7633425.28	313403.24	2413.59
P-61	7633431.31	313398.60	2413.55
P-62	7633424.24	313391.34	2412.84
P-63	7633418.22	313396.07	2412.69
P-64	7633411.25	313389.33	2412.00
P-65	7633417.29	313384.32	2412.03
P-66	7633409.42	313376.82	2411.28
P-67	7633403.76	313381.71	2411.13

P-14057	7633475.38	313439.01	2418.35
P-14058	7633467.28	313433.46	2417.08
P-14059	7633459.68	313427.03	2416.79
P-14060	7633452.40	313420.04	2415.94
P-14061	7633445.26	313412.80	2415.04
P-14062	7633438.26	313405.67	2414.07
P-14063	7633431.25	313398.53	2413.63
P-14064	7633424.24	313391.40	2412.87
P-14065	7633417.24	313384.26	2412.02
P-14066	7633578.57	313323.80	2435.43
P-14067	7633580.25	313333.66	2434.62
P-14068	7633581.94	313343.52	2433.81
P-14069	7633583.60	313353.25	2433.01
P-14070	7633585.07	313363.02	2432.23
P-14071	7633586.05	313372.97	2431.44
P-14072	7633586.19	313383.09	2430.65
P-14073	7633585.15	313393.15	2429.87
P-14074	7633582.83	313402.87	2429.10
P-14075	7633579.25	313412.20	2428.33
P-14076	7633574.48	313420.98	2427.56
P-14077	7633568.59	313429.05	2426.80
P-14078	7633561.69	313436.28	2426.03
P-14079	7633553.90	313442.54	2425.26
P-14080	7633545.35	313447.72	2424.49
P-14081	7633536.20	313451.73	2423.72
P-14082	7633526.60	313454.50	2422.95
P-14083	7633516.72	313455.98	2422.19
P-14084	7633506.72	313456.15	2421.42
P-14085	7633496.80	313455.01	2420.65
P-14086	7633487.11	313452.57	2419.88
P-14087	7633477.82	313448.87	2419.11
P-14088	7633469.01	313443.94	2418.33
P-14089	7633460.82	313437.97	2417.55
P-14090	7633453.28	313431.40	2416.76
P-14091	7633446.19	313424.50	2415.97
P-14092	7633439.27	313417.48	2415.17
P-14093	7633432.26	313410.34	2414.37
P-14094	7633425.26	313403.21	2413.56
P-14095	7633418.25	313396.07	2412.75

➤ **Curva 11:**

Lista de puntos levantamiento topográfico			
N ° Punto	Norte	Este	Elevación
P-68	7632588.16	313940.06	2273.53
P-69	7632594.53	313943.20	2273.54
P-70	7632598.64	313933.77	2273.74
P-71	7632592.16	313930.55	2273.75
P-72	7632596.03	313921.69	2273.87
P-73	7632602.38	313925.75	2273.77
P-74	7632606.38	313916.46	2273.88
P-75	7632599.99	313912.64	2273.97
P-76	7632603.97	313903.42	2274.02
P-77	7632610.41	313907.25	2273.95
P-78	7632614.42	313898.18	2273.92
P-79	7632608.02	313893.95	2273.99
P-80	7632611.90	313885.11	2273.93
P-81	7632618.49	313889.05	2273.82
P-82	7632622.32	313879.91	2273.79
P-83	7632615.87	313875.95	2273.83
P-84	7632619.88	313866.78	2273.73
P-85	7632623.24	313868.33	2273.74
P-86	7632626.41	313870.62	2273.63
P-87	7632630.65	313861.47	2273.43
P-88	7632623.78	313858.03	2273.62
P-89	7632628.28	313848.79	2273.41
P-90	7632635.19	313852.65	2273.10
P-91	7632640.55	313844.01	2272.77
P-92	7632633.76	313840.23	2273.28
P-93	7632640.56	313832.65	2273.07
P-94	7632646.97	313836.84	2272.44
P-95	7632655.06	313830.85	2272.15
P-96	7632648.33	313826.10	2272.84
P-97	7632657.00	313821.21	2272.63
P-98	7632663.94	313826.67	2271.89
P-99	7632673.81	313824.22	2271.65
P-100	7632666.44	313817.87	2272.40
P-101	7632685.95	313816.63	2272.04
P-102	7632683.46	313824.05	2271.45
P-103	7632693.20	313825.73	2271.34
P-104	7632696.09	313818.65	2271.92
P-105	7632705.53	313822.49	2271.83
P-106	7632702.36	313829.35	2271.23
P-107	7632710.76	313834.98	2271.19
P-108	7632713.84	313827.67	2271.80
P-109	7632721.03	313834.46	2271.81
P-110	7632712.46	313836.31	2271.19

Lista de puntos ABC			
N ° Punto	Norte	Este	Elevación
P-14096	7632733.51	313910.43	2273.04
P-14097	7632734.57	313900.48	2272.85
P-14098	7632735.57	313890.75	2272.59
P-14099	7632736.25	313880.91	2272.37
P-14100	7632736.14	313870.88	2272.15
P-14101	7632734.78	313860.78	2272.04
P-14102	7632731.81	313851.12	2271.96
P-14103	7632727.22	313842.25	2271.87
P-14104	7632721.13	313834.34	2271.82
P-14105	7632713.73	313827.63	2271.80
P-14106	7632705.26	313822.35	2271.83
P-14107	7632695.98	313818.65	2271.92
P-14108	7632686.20	313816.66	2272.03
P-14109	7632676.21	313816.44	2272.19
P-14110	7632666.35	313818.00	2272.40
P-14111	7632656.92	313821.28	2272.63
P-14112	7632648.22	313826.19	2272.85
P-14113	7632640.52	313832.57	2273.08
P-14114	7632633.88	313840.38	2273.27
P-14115	7632628.47	313848.89	2273.40
P-14116	7632623.96	313857.72	2273.61
P-14117	7632619.96	313866.62	2273.72
P-14118	7632615.97	313875.75	2273.82
P-14119	7632611.96	313884.91	2273.93
P-14120	7632607.95	313894.07	2273.99
P-14121	7632603.94	313903.23	2274.02
P-14122	7632599.93	313912.39	2273.96
P-14123	7632595.93	313921.56	2273.85
P-14124	7632726.06	313909.63	2273.18
P-14125	7632727.11	313899.69	2272.76
P-14126	7632728.16	313889.51	2272.14
P-14127	7632728.79	313879.41	2271.97
P-14128	7632728.51	313869.48	2271.67
P-14129	7632726.86	313859.89	2271.44
P-14130	7632723.34	313850.59	2271.29
P-14131	7632717.97	313842.17	2271.23
P-14132	7632711.00	313835.03	2271.20
P-14133	7632702.71	313829.47	2271.23
P-14134	7632693.45	313825.72	2271.34
P-14135	7632683.63	313823.95	2271.46
P-14136	7632673.65	313824.23	2271.66
P-14137	7632663.94	313826.54	2271.89
P-14138	7632654.91	313830.80	2272.16

P-111	7632718.07	313842.29	2271.23
P-112	7632727.32	313842.39	2271.88
P-113	7632731.74	313851.28	2271.95
P-114	7632723.24	313850.38	2271.29
P-115	7632726.90	313860.08	2271.45
P-116	7632734.91	313860.85	2272.05
P-117	7632736.23	313870.91	2272.15
P-118	7632728.64	313869.49	2271.68
P-119	7632728.81	313879.15	2271.96
P-120	7632736.19	313881.09	2272.37
P-121	7632735.62	313890.75	2272.59
P-122	7632732.16	313887.93	2272.38
P-123	7632728.27	313889.45	2272.35
P-124	7632727.27	313899.67	2272.77
P-125	7632734.62	313900.44	2272.85
P-126	7632733.59	313910.44	2273.03
P-127	7632726.21	313909.56	2273.21
P-128	7632725.34	313916.38	2273.58
P-129	7632732.69	313917.76	2273.40
P-130	7632732.07	313927.18	2273.80
P-131	7632724.31	313926.84	2274.07

P-14139	7632646.94	313836.81	2272.45
P-14140	7632640.47	313844.08	2272.77
P-14141	7632635.11	313852.39	2273.10
P-14142	7632630.53	313861.37	2273.43
P-14143	7632626.34	313870.75	2273.64
P-14144	7632622.33	313879.91	2273.78
P-14145	7632618.32	313889.07	2273.87
P-14146	7632614.31	313898.23	2273.95
P-14147	7632610.31	313907.40	2273.96
P-14148	7632606.30	313916.56	2273.90
P-14149	7632602.29	313925.72	2273.81

► **Curva 21:**

Lista de puntos levantamiento topográfico			
N ° Punto	Norte	Este	Elevación
P-132	7632305.01	315871.28	2138.73
P-133	7632300.58	315877.53	2138.90
P-134	7632308.89	315883.21	2138.06
P-135	7632313.45	315877.43	2137.93
P-136	7632318.89	315880.80	2137.21
P-137	7632314.75	315887.11	2137.26
P-138	7632323.09	315892.59	2136.48
P-139	7632327.29	315886.49	2136.47
P-140	7632335.62	315891.92	2135.73
P-141	7632331.37	315898.13	2135.57
P-142	7632339.85	315903.72	2134.78
P-143	7632343.54	315901.66	2134.90
P-144	7632343.80	315897.37	2134.92
P-145	7632352.14	315903.00	2134.04
P-146	7632348.23	315909.38	2134.01
P-147	7632356.27	315915.39	2133.16
P-148	7632360.09	315908.83	2133.47
P-149	7632367.90	315915.33	2132.77
P-150	7632363.77	315921.84	2132.43
P-151	7632370.56	315929.00	2131.48
P-152	7632375.01	315922.52	2132.00
P-153	7632381.17	315930.32	2131.24
P-154	7632376.51	315936.98	2130.70
P-155	7632381.51	315945.63	2129.98
P-156	7632386.46	315938.75	2130.44

Lista de puntos ABC			
N ° Punto	Norte	Este	Elevación
P-14150	7632318.80	315880.80	2137.41
P-14151	7632327.14	315886.32	2136.63
P-14152	7632335.48	315891.83	2135.88
P-14153	7632343.77	315897.32	2135.09
P-14154	7632351.94	315902.85	2134.33
P-14155	7632359.99	315908.73	2133.63
P-14156	7632367.73	315915.20	2132.89
P-14157	7632374.87	315922.38	2132.21
P-14158	7632381.08	315930.21	2131.44
P-14159	7632386.37	315938.69	2130.71
P-14160	7632390.68	315947.71	2129.97
P-14161	7632393.94	315957.16	2129.16
P-14162	7632396.12	315966.91	2128.38
P-14163	7632397.19	315976.85	2127.62
P-14164	7632397.14	315986.85	2126.82
P-14165	7632395.96	315996.77	2126.05
P-14166	7632393.67	316006.50	2125.26
P-14167	7632390.31	316015.91	2124.50
P-14168	7632385.91	316024.88	2123.75
P-14169	7632380.52	316033.31	2122.99
P-14170	7632374.23	316041.07	2122.22
P-14171	7632367.10	316048.07	2121.44
P-14172	7632359.23	316054.23	2120.69
P-14173	7632350.71	316059.47	2119.91
P-14174	7632341.67	316063.71	2119.13

P-157	7632390.76	315947.72	2129.70
P-158	7632385.37	315954.78	2129.09
P-159	7632388.07	315964.39	2128.32
P-160	7632394.06	315957.33	2128.72
P-161	7632396.35	315966.99	2128.13
P-162	7632389.51	315974.29	2127.48
P-163	7632389.70	315984.28	2126.75
P-164	7632397.33	315976.99	2127.20
P-165	7632397.14	315986.97	2126.48
P-166	7632388.85	315994.21	2125.99
P-167	7632386.69	316003.98	2125.13
P-168	7632396.00	315996.78	2125.61
P-169	7632390.34	316015.96	2124.87
P-170	7632383.30	316013.40	2124.34
P-171	7632380.82	316018.46	2123.54
P-172	7632385.91	316024.88	2124.03
P-173	7632380.58	316033.40	2123.29
P-174	7632378.82	316022.26	2122.79
P-175	7632373.34	316030.73	2121.98
P-176	7632374.13	316041.04	2122.48
P-177	7632367.16	316048.14	2121.68
P-178	7632366.73	316038.25	2121.19
P-179	7632359.30	316044.87	2120.40
P-180	7632359.27	316054.28	2120.85
P-181	7632350.76	316059.57	2120.11
P-182	7632351.12	316050.67	2119.60
P-183	7632342.35	316055.33	2118.82
P-184	7632341.71	316063.69	2119.29
P-185	7632332.19	316066.95	2118.55
P-186	7632332.97	316058.95	2118.03
P-187	7632323.43	316061.30	2117.35
P-188	7632322.51	316069.09	2117.67
P-189	7632312.45	316070.53	2116.83
P-190	7632313.62	316062.85	2116.57
P-191	7632303.56	316063.79	2115.84
P-192	7632302.55	316071.44	2115.91
P-193	7632292.87	316071.94	2115.20
P-194	7632293.86	316068.15	2115.15
P-195	7632293.47	316064.44	2115.04
P-196	7632283.62	316064.95	2114.33
P-197	7632282.76	316072.50	2114.26
P-198	7632272.70	316073.15	2113.51
P-199	7632273.67	316065.51	2113.62
P-200	7632263.68	316066.09	2112.71
P-201	7632262.79	316073.68	2112.66
P-202	7632252.89	316074.21	2111.86
P-203	7632253.53	316066.73	2111.94
P-204	7632244.50	316067.26	2111.13
P-205	7632244.65	316074.57	2111.09
P-206	7632234.71	316075.18	2110.26
P-207	7632234.35	316067.73	2110.36
P-208	7632225.03	316068.33	2109.57
P-209	7632225.24	316075.65	2109.59

P-14175	7632332.16	316066.93	2118.34
P-14176	7632322.26	316069.14	2117.52
P-14177	7632312.32	316070.52	2116.67
P-14178	7632302.43	316071.37	2115.82
P-14179	7632292.60	316071.96	2115.03
P-14180	7632282.61	316072.53	2114.17
P-14181	7632272.63	316073.10	2113.40
P-14182	7632262.65	316073.67	2112.58
P-14183	7632252.66	316074.24	2111.74
P-14184	7632314.66	315887.05	2137.46
P-14185	7632323.00	315892.57	2136.59
P-14186	7632331.34	315898.09	2135.70
P-14187	7632339.73	315903.64	2134.92
P-14188	7632348.12	315909.32	2134.16
P-14189	7632356.18	315915.27	2133.29
P-14190	7632363.71	315921.70	2132.51
P-14191	7632370.54	315928.84	2131.57
P-14192	7632376.52	315936.84	2130.72
P-14193	7632381.47	315945.53	2129.93
P-14194	7632385.32	315954.75	2129.03
P-14195	7632388.01	315964.37	2128.24
P-14196	7632389.49	315974.26	2127.34
P-14197	7632389.75	315984.25	2126.55
P-14198	7632388.79	315994.19	2125.71
P-14199	7632386.61	316003.95	2124.84
P-14200	7632383.24	316013.36	2123.99
P-14201	7632378.75	316022.28	2123.16
P-14202	7632373.20	316030.59	2122.33
P-14203	7632366.67	316038.16	2121.50
P-14204	7632359.26	316044.86	2120.68
P-14205	7632351.08	316050.61	2119.83
P-14206	7632342.26	316055.30	2118.97
P-14207	7632332.93	316058.88	2118.13
P-14208	7632323.39	316061.29	2117.40
P-14209	7632313.57	316062.83	2116.63
P-14210	7632303.57	316063.77	2115.85
P-14211	7632293.42	316064.40	2115.03
P-14212	7632283.43	316064.97	2114.33
P-14213	7632273.45	316065.54	2113.61
P-14214	7632263.47	316066.11	2112.71
P-14215	7632253.48	316066.68	2111.88

3.3. Características del tramo de estudio

El relieve del tramo a estudiar pertenece a la zona alta de la provincia Méndez, presenta mesetas onduladas donde predominan serranías y colinas, con cimas redondeadas de disección² moderada a fuerte y con interfluvios estrechos.

La longitud del tramo de estudio es de 5.348 km. En el cual se presentan curvas horizontales circulares y de transición.

La vía analizada tiene un tráfico conformado por todos los tipos de vehículos que transitan por la Red Nacional, es así que para efectos de estudio se ha seleccionado aquel vehículo de diseño que, de acuerdo a los establecido en la Norma de la ABC, requiere mayores dimensiones geométricas, para el tránsito seguro por la carretera en estudio.

Considerando que la normatividad vigente para el diseño geométrico de carreteras (ABC-2008), fue establecida a partir de las normas AASHTO, se tomará como vehículo de diseño aquel cuyas dimensiones sean similares a lo reglamentado por las normas nacionales vigentes.

El tipo de vehículo de diseño considerado es el tipo Tracto Camión de 3 ejes con semirremolque de 2 ejes (longitud total 18.6 metros).

3.4. Curvas horizontales en el tramo de estudio

Se detalla las 23 curvas que presenta el tramo en estudio, de las cuales 22 son curvas de transición y 1 es curva circular. Los parámetros geométricos del tramo en estudio fueron proporcionados por la ABC, Los mismos fueron entregados en formato PDF.

² Análisis minucioso y detallado de algo.

Figura 9. Plano general del tramo en estudio

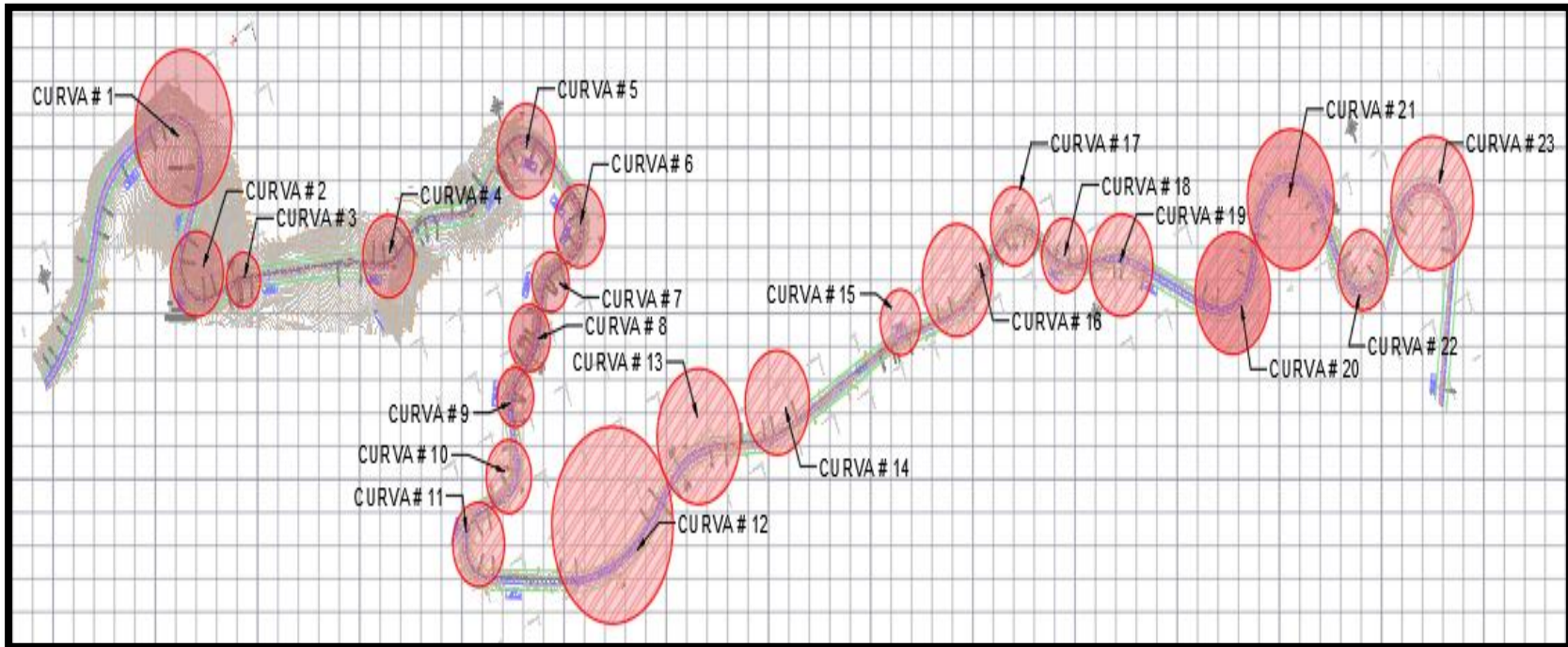
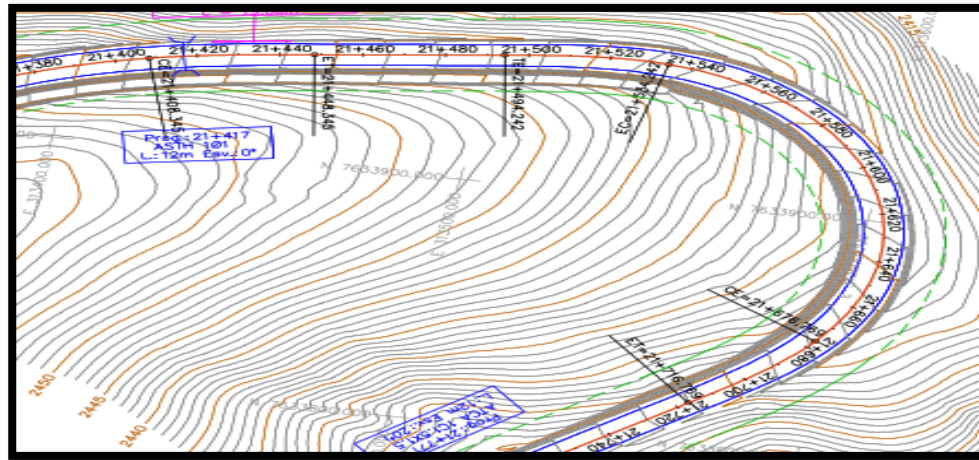
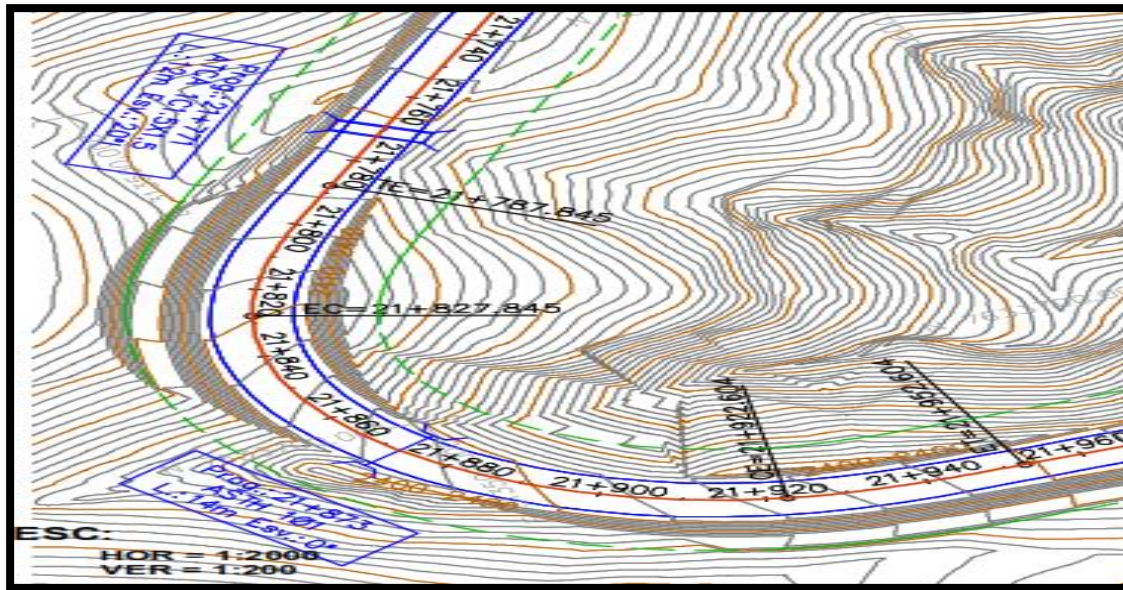


Figura 10. Curva 1 (transición)



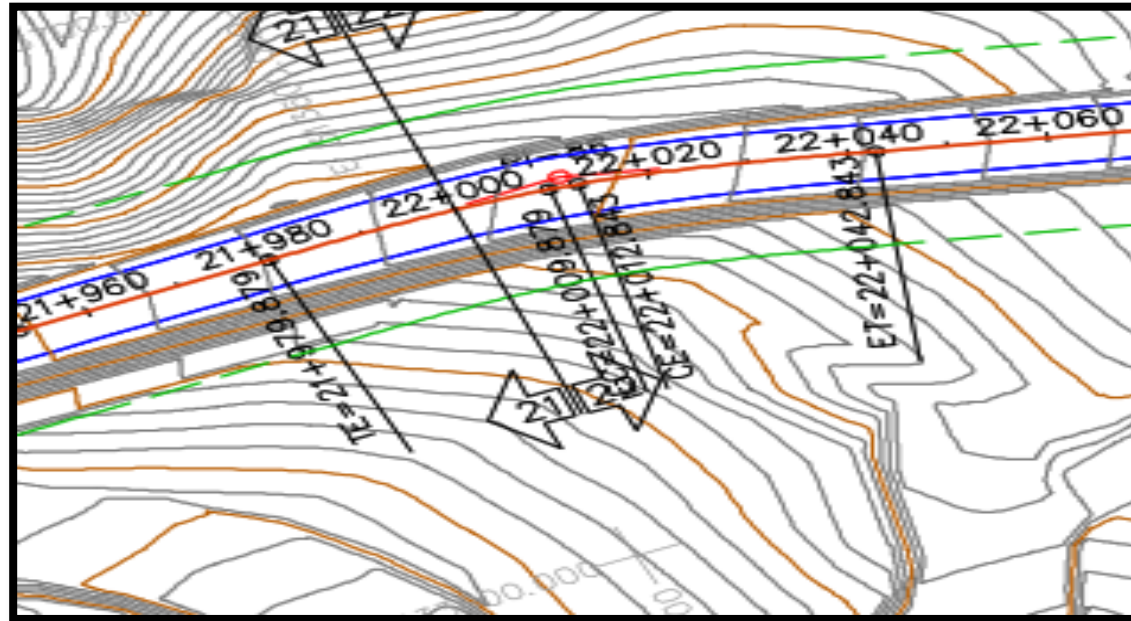
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long.	Long.	Progresivas				Sa actual (m)
			Transición entrada L _{e1} (m)	Transición salida L _{e2} (m)					
1	Transición	70	40	40	21+494.242	21+534.242	21+676.769	21+716.769	1.1

Figura 11. Curva 2 (transición)



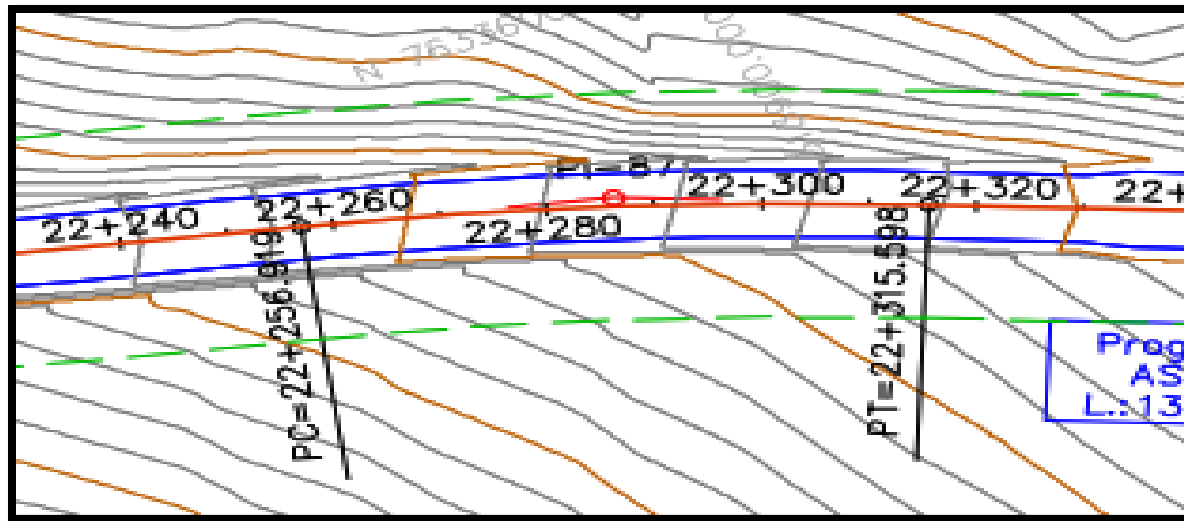
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long.	Long.	Progresivas				Sa actual (m)
			Transición entrada L_{e1} (m)	Transición salida L_{e2} (m)					
2	Transición	55	40	30	21+787.845	21+827.845	21+922.604	21+952.604	1.3

Figura 12. Curva 3 (transición)



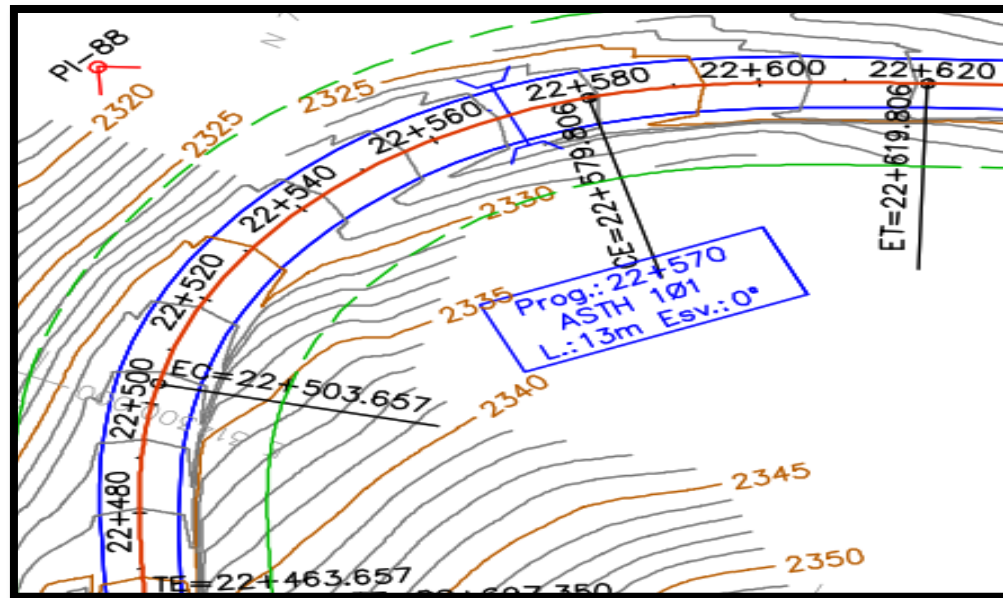
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			L_{e1} (m)	L_{e2} (m)					
3	Transición	110	30	30	21+979.879	22+009.879	22+012.843	22+042.843	0.7

Figura 13. Curva 4 (circular)



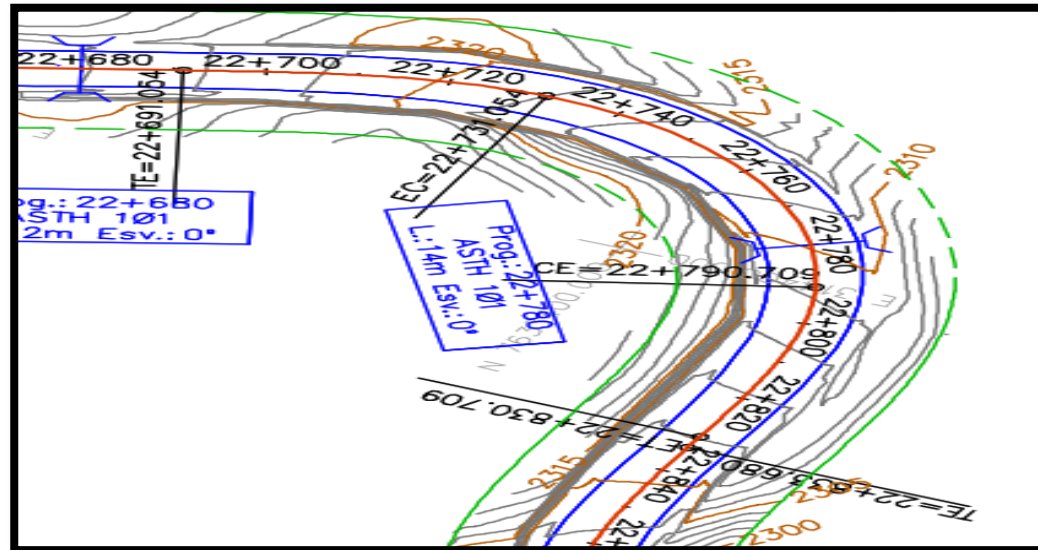
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición	Long. Transición	Progresivas			Sa actual (m)	
			entrada Le1 (m)	salida Le2 (m)					
4	Circular	360	-	-	22+256.919	-	-	22+315.598	-

Figura 14. Curva 5 (transición)



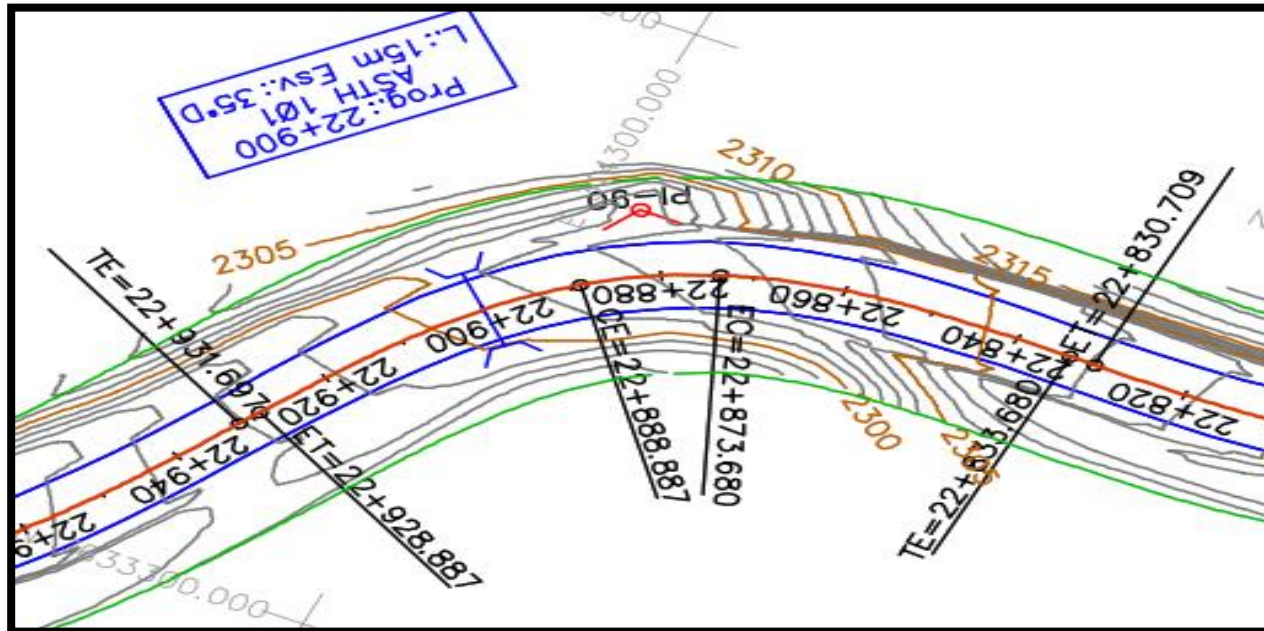
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long.	Long.	Progresivas				Sa actual (m)
			Transición entrada Le1 (m)	Transición salida Le2 (m)					
5	Transición	70	40	40	22+463.657	22+503.657	22+579.806	22+619.806	1.1

Figura 15. Curva 6 (transición)



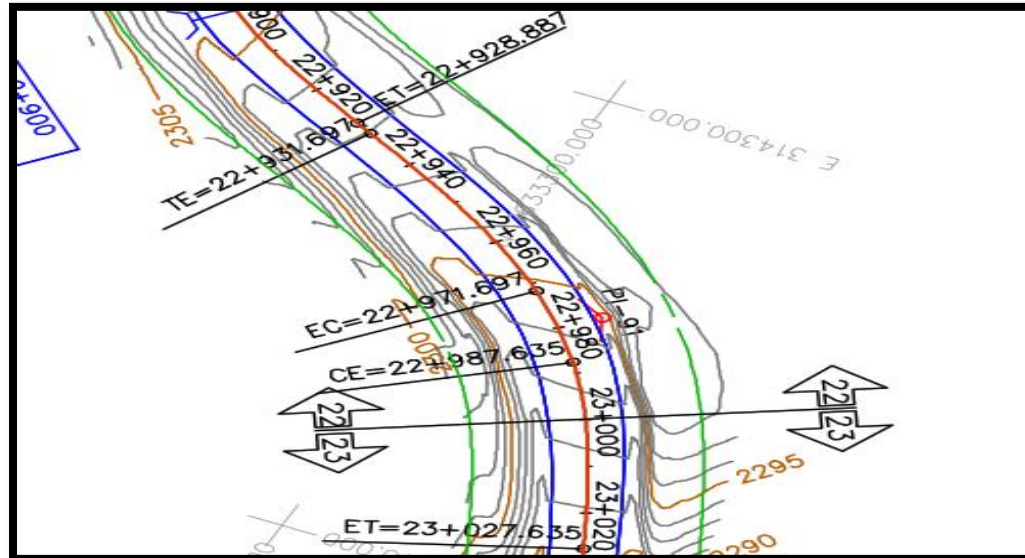
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada Le1 (m)	Long. Transición salida Le2 (m)	Progresivas				Sa actual (m)
6	Transición	50	40	40	22+691.054	22+731.054	22+790.709	22+830.709	1.4

Figura 16. Curva 7 (transición)



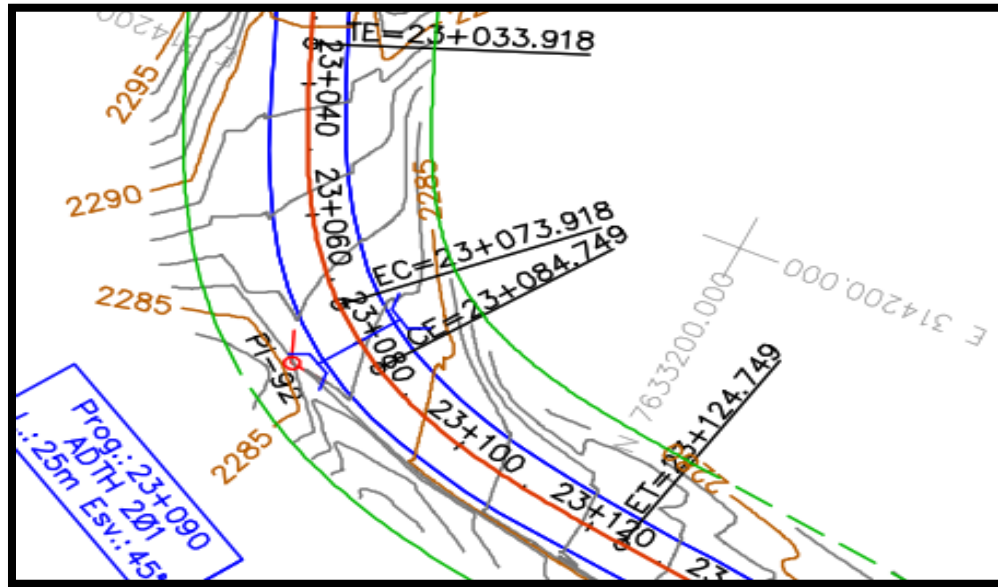
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long.	Long.	Progresivas				Sa actual (m)
			Transición entrada Le1 (m)	Transición salida Le2 (m)					
7	Transición	50	40	40	22+833.680	22+873.680	22+888.887	22+928.887	1.4

Figura 17. Curva 8 (transición)



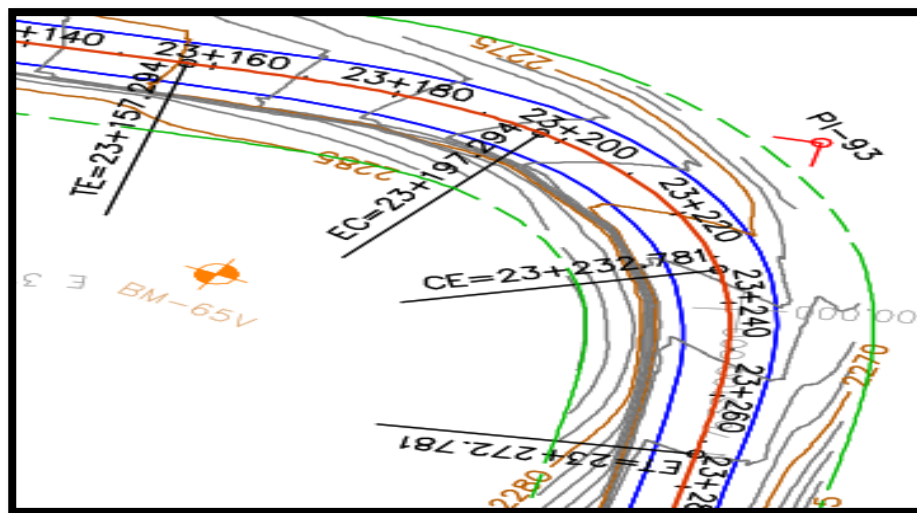
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long.	Long.	Progresivas				Sa actual (m)
			Transición entrada Le1 (m)	Transición salida Le2 (m)					
8	Transición	80	40	40	22+931.697	22+971.697	22+987.635	23+027.635	1

Figura 18. Curva 9 (transición)



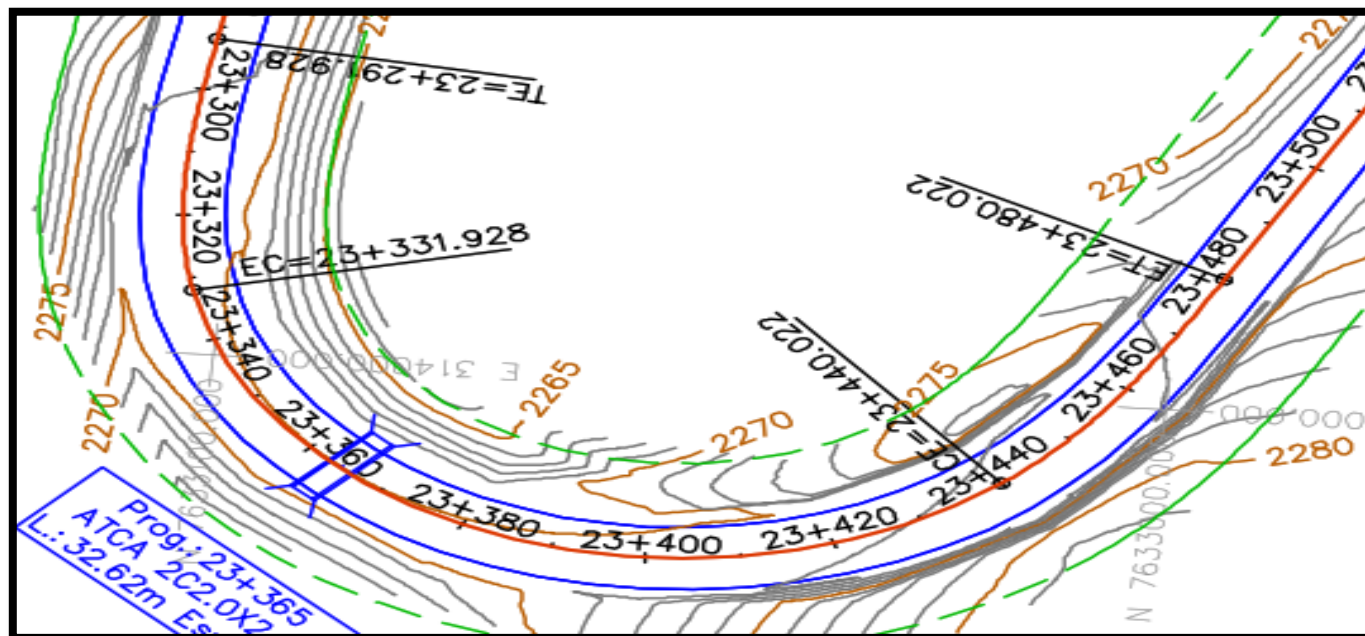
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			L_{e1} (m)	L_{e2} (m)					
9	Transición	50	40	40	23+033.918	23+073.918	23+084.749	23+124.749	1.4

Figura 19. Curva 10 (transición)



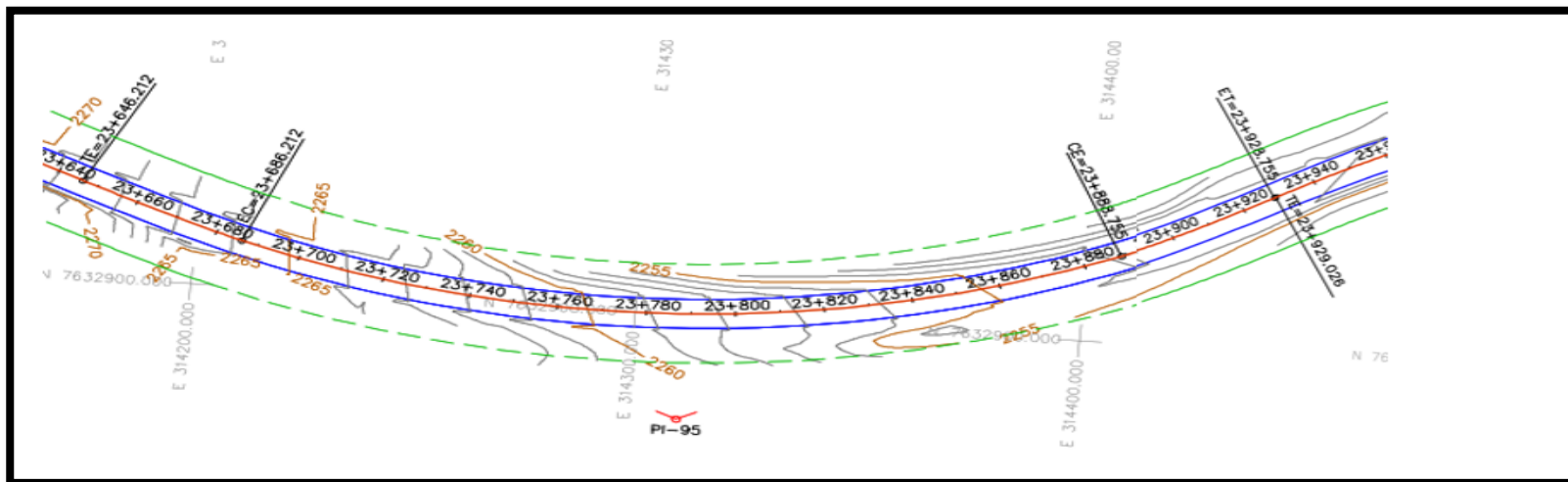
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
10	Transición	50	40	40	23+157.294	23+197.294	23+232.781	23+272.781	1.4

Figura 20. Curva 11 (transición)



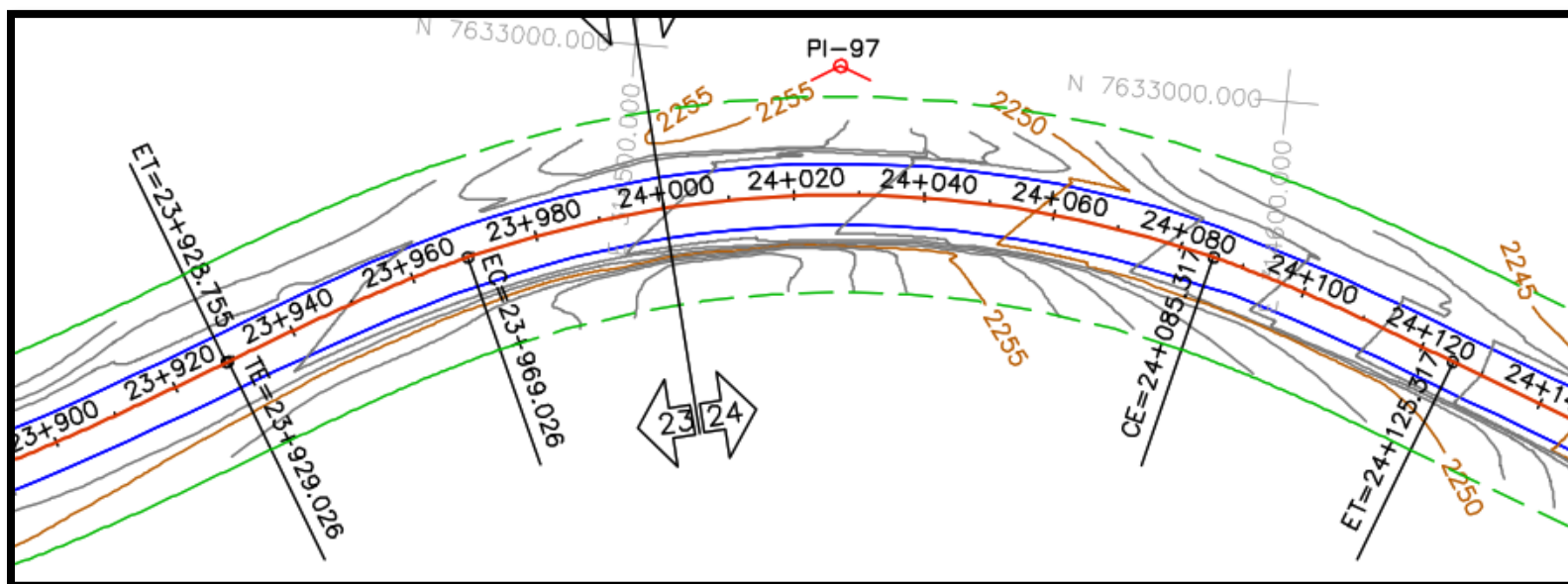
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long.	Long.	Progresivas				Sa actual (m)
			Transición entrada L_{e1} (m)	Transición salida L_{e2} (m)					
11	Transición	55	40	40	23+291.928	23+331.928	23+440.022	23+480.022	1.3

Figura 21. Curva 12 (transición)



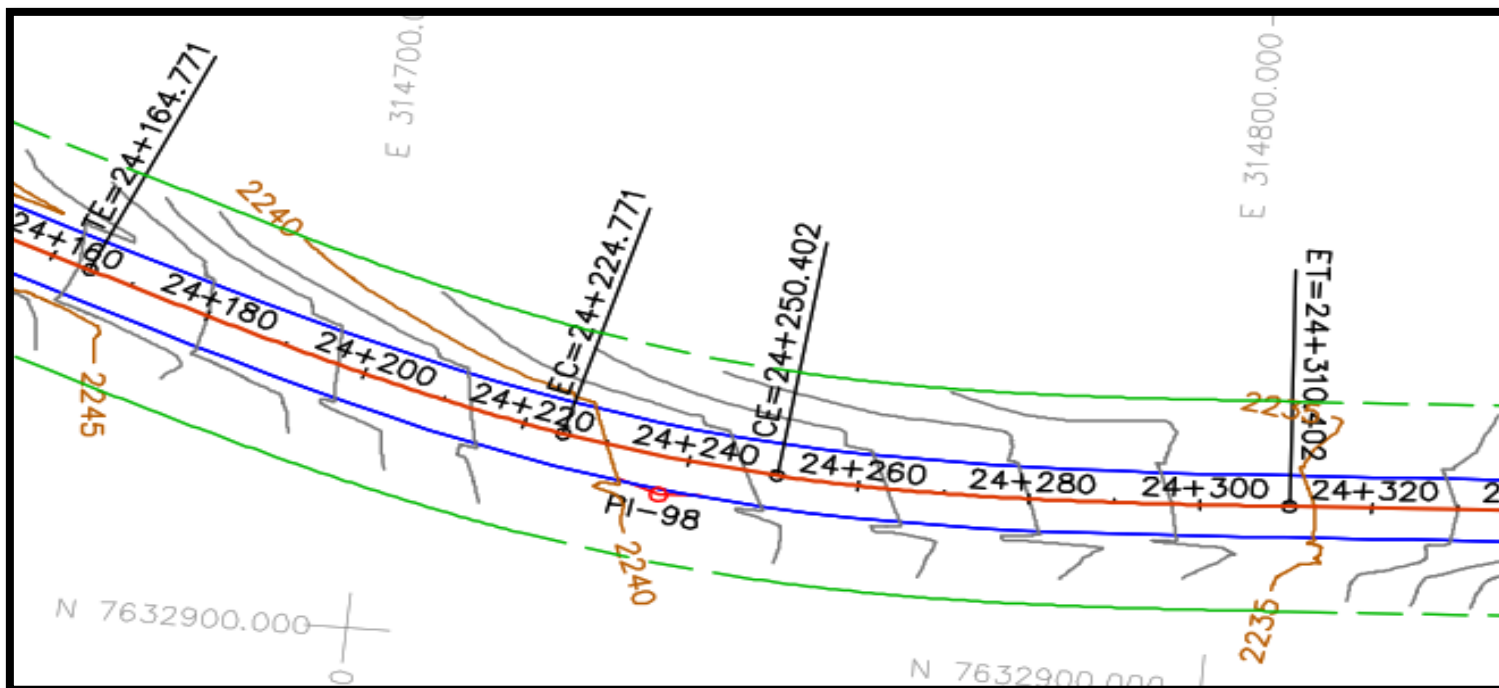
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			L_{e1} (m)	L_{e2} (m)					
12	Transición	255	40	40	23+646.212	23+686.212	23+888.755	23+928.755	-

Figura 22. Curva 13 (transición)



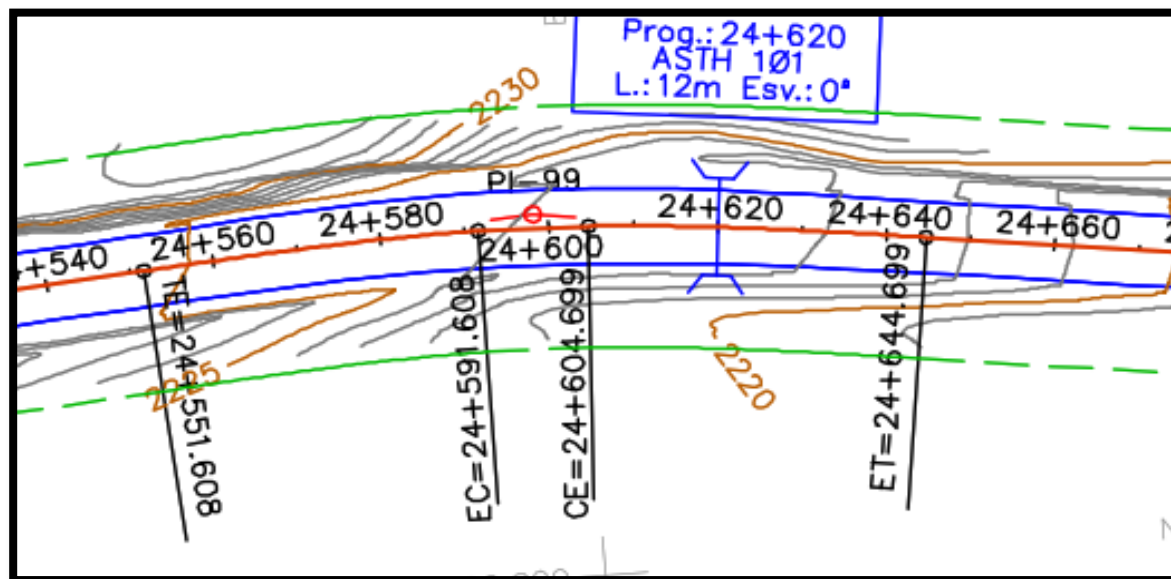
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
13	Transición	175	40	40	23+929.026	23+969.026	24+085.317	24+125.317	0.6

Figura 23. Curva 14 (transición)



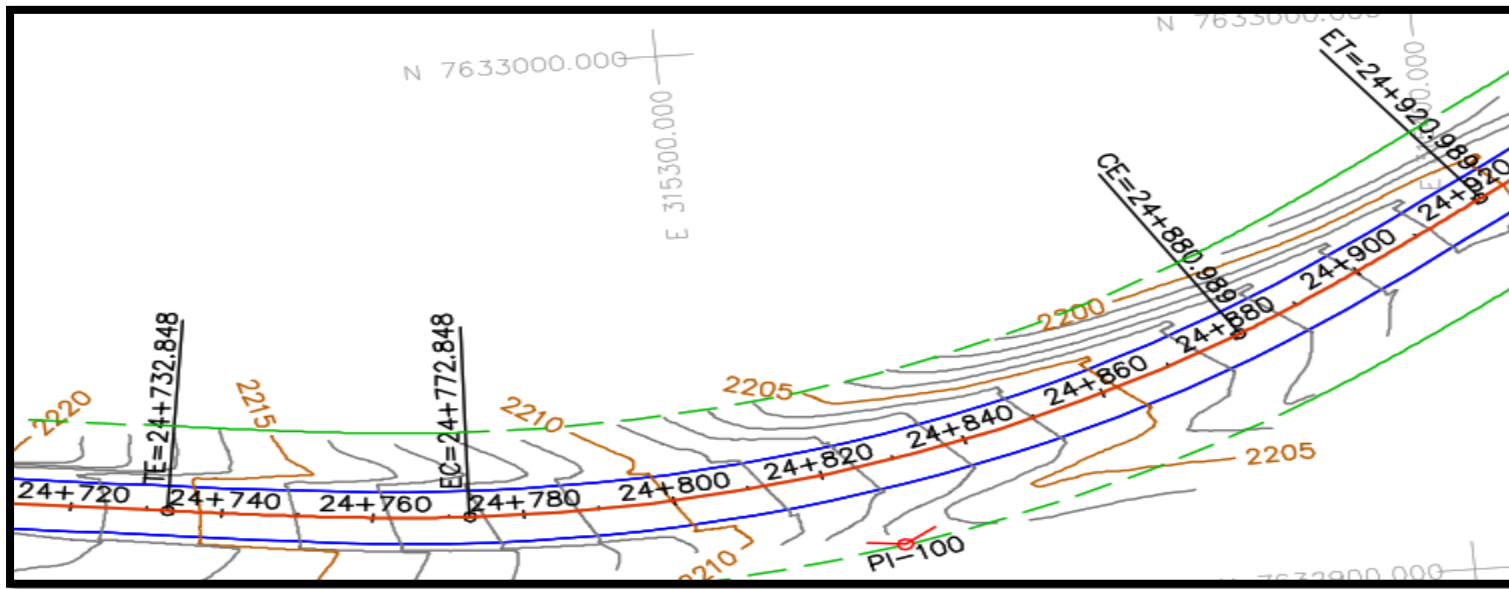
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
14	Transición	200	60	60	24+164.771	24+224.771	24+250.402	24+310.402	0.5

Figura 24. Curva 15 (transición)



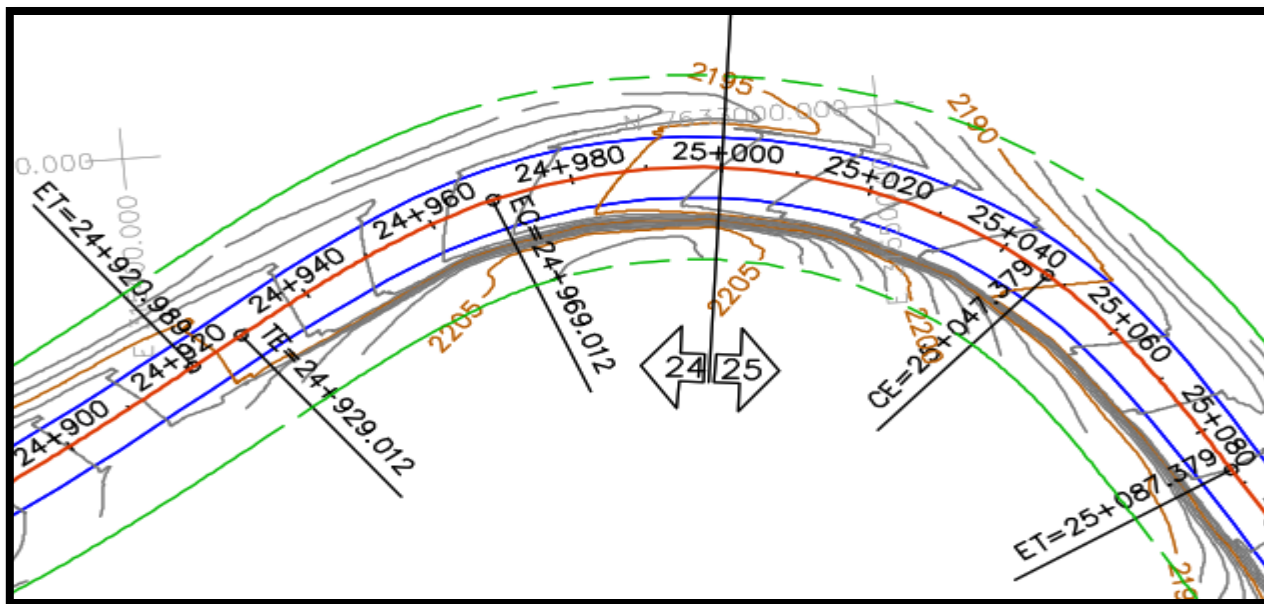
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
15	Transición	250	40	40	24+551.608	24+591.608	24+604.699	24+644.699	0.5

Figura 25. Curva 16 (transición)



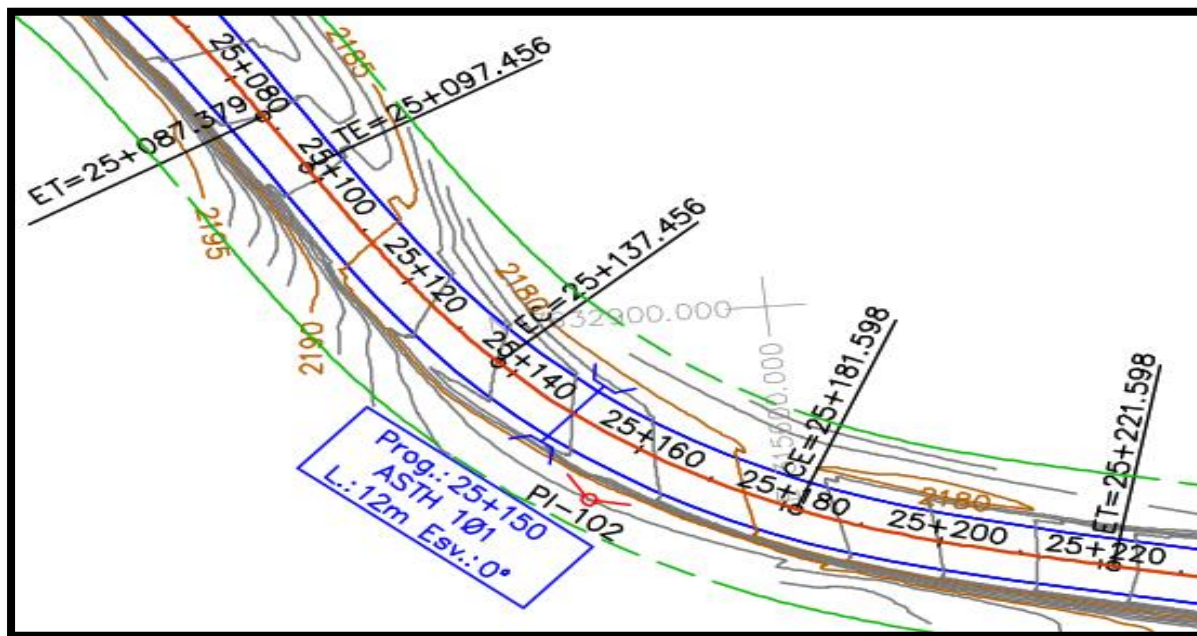
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long.	Long.	Progresivas				Sa actual (m)
			Transición entrada Le1 (m)	Transición salida Le2 (m)					
16	Transición	200	40	40	24+732.848	24+772.848	24+880.989	24+920.989	0.5

Figura 26. Curva 17 (transición)



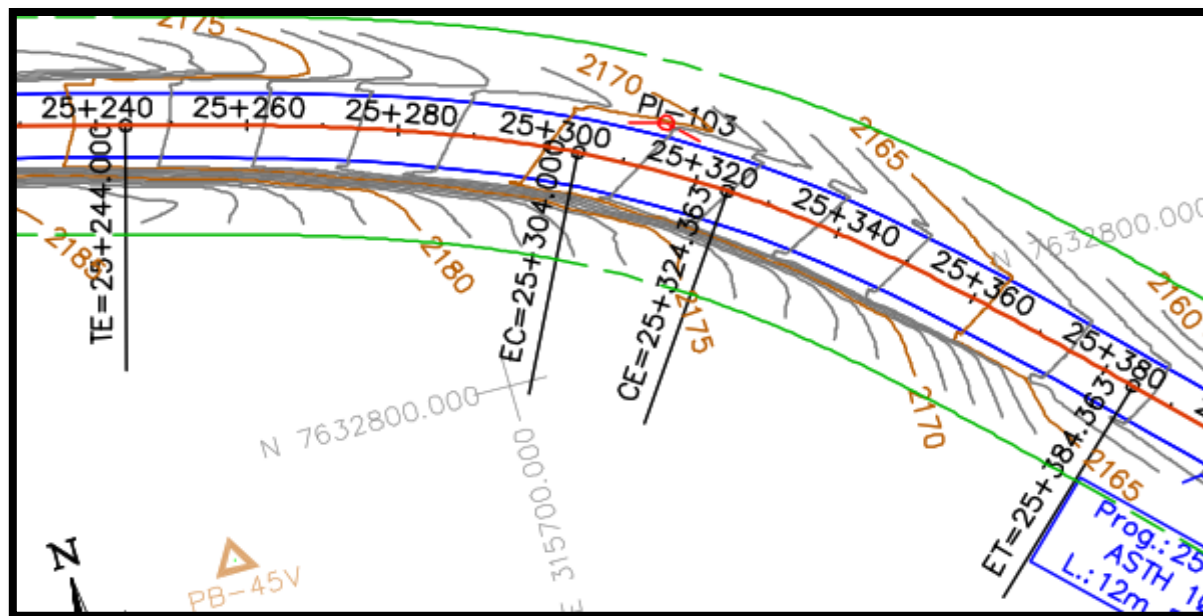
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
17	Transición	70	40	40	24+929.012	24+969.012	25+047.379	25+087.379	1.1

Figura 27. Curva 18 (transición)



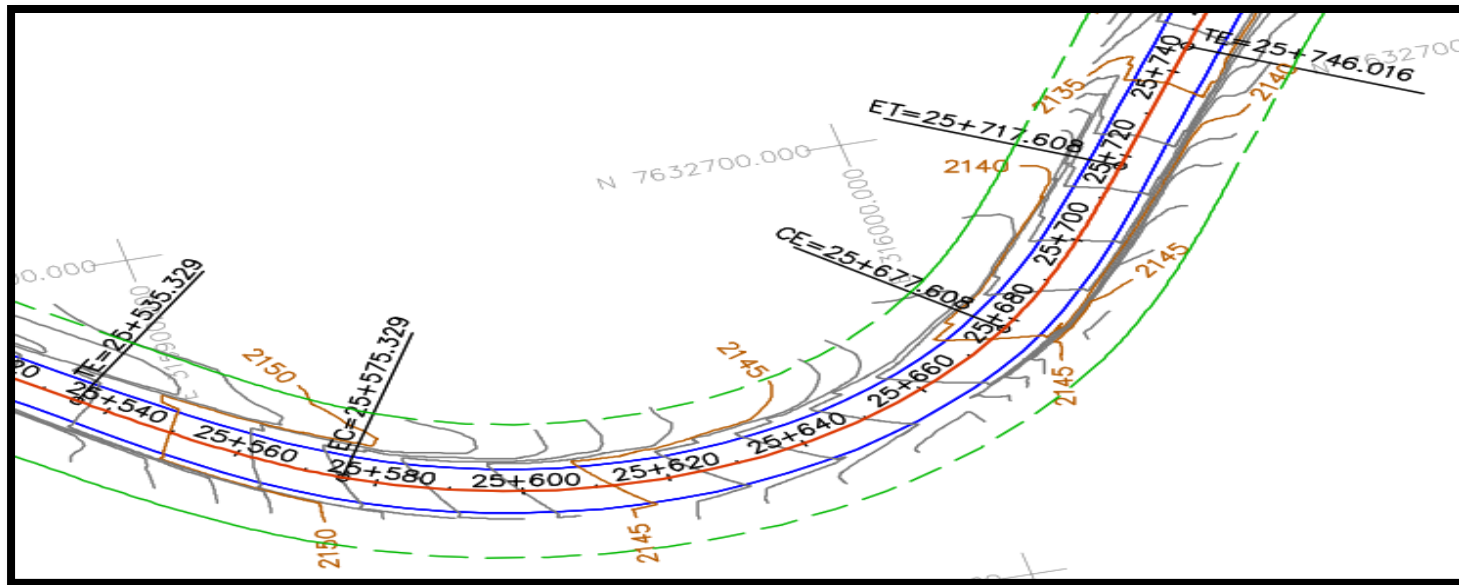
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
18	Transición	100	40	40	25+097.456	25+137.456	25+181.598	25+221.598	0.8

Figura 28. Curva 19 (transición)



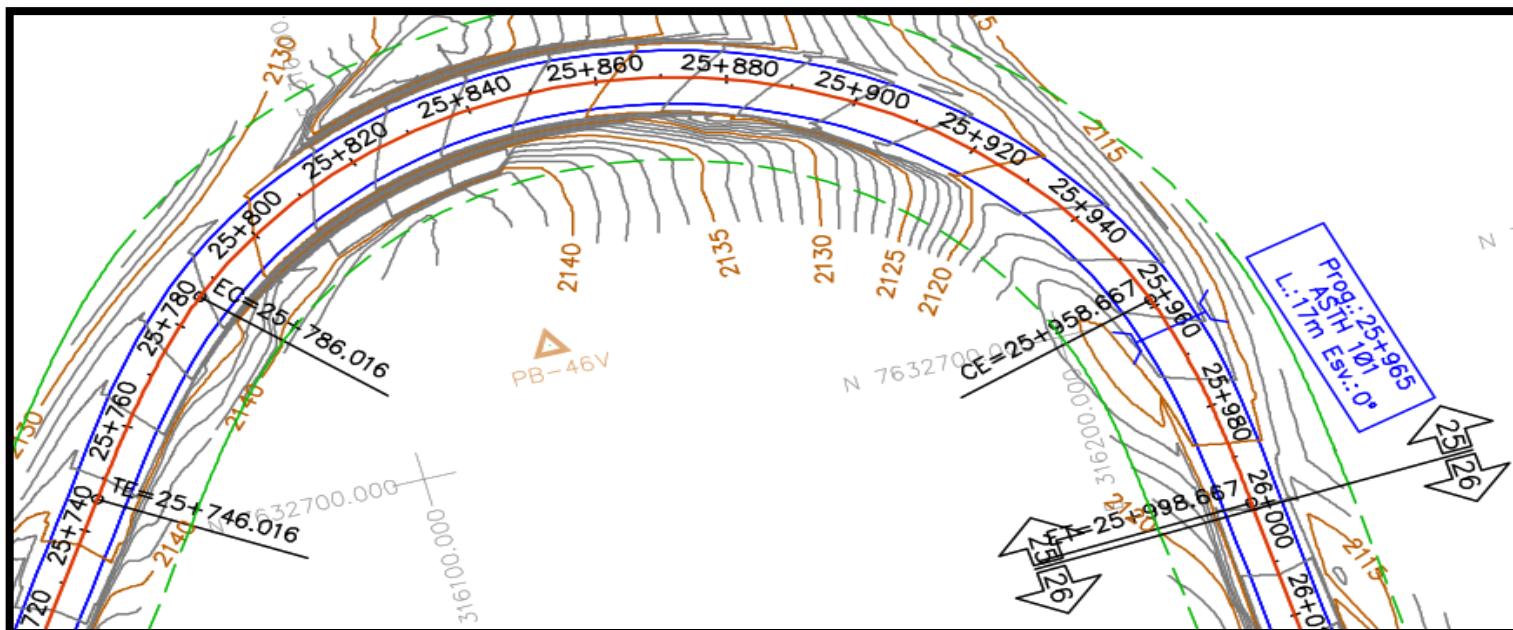
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
19	Transición	150	60	60	25+244.000	25+304.000	25+324.363	25+384.363	0.6

Figura 29. Curva 20 (transición)



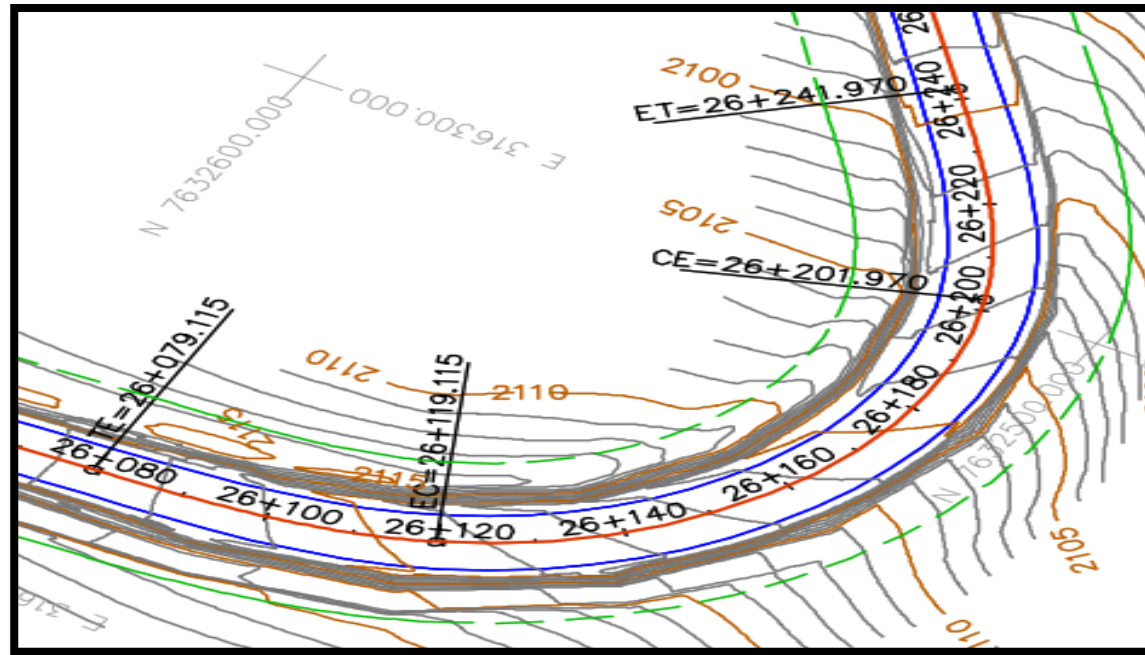
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
20	Transición	80	40	40	25+535.329	25+575.329	25+677.608	25+717.608	1

Figura 30. Curva 21 (transición)



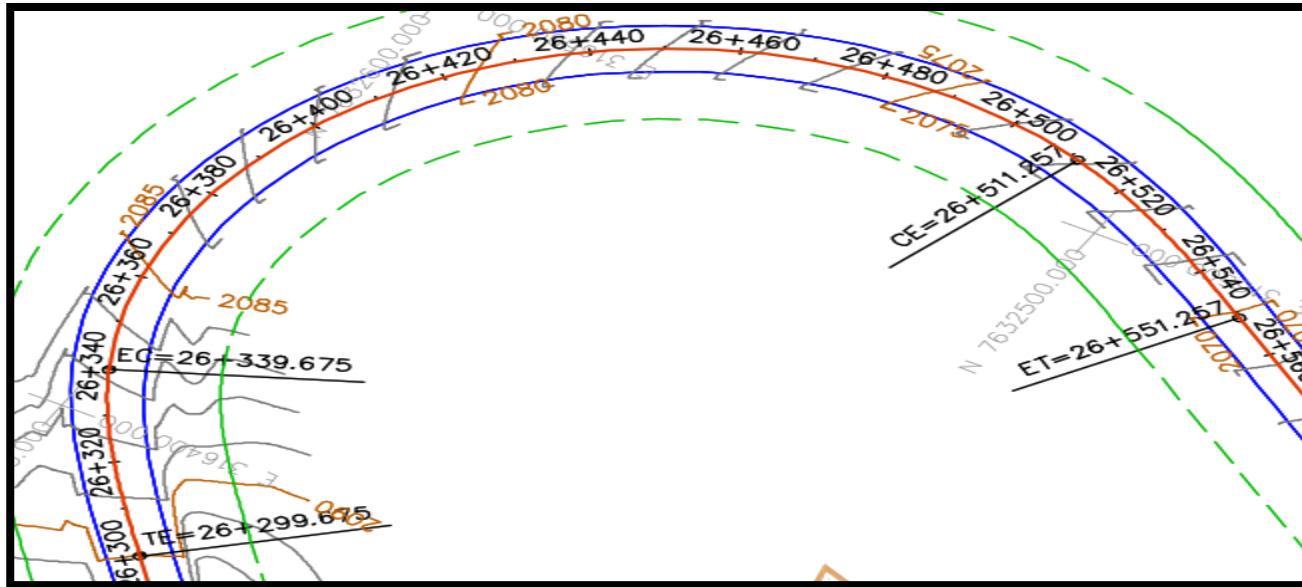
N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
21	Transición	55	40	40	25+746.016	25+786.016	25+958.667	25+998.667	0.9

Figura 31. Curva 22 (transición)



N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long.	Long.	Progresivas				Sa actual (m)
			Transición entrada Le1 (m)	Transición salida Le2 (m)					
22	Transición	50	40	40	26+079.115	26+119.115	26+201.970	26+241.970	1.3

Figura 32. Curva 23 (transición)



N de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Long. Transición entrada	Long. Transición salida	Progresivas				Sa actual (m)
			Le1 (m)	Le2 (m)					
23	Transición	74	40	40	26+299.675	26+339.675	26+511.257	26+551.257	1

3.5. Diseño de sobreebanos bajo distintas metodologías

3.5.1. Diseño de sobreebanos y transición según norma ABC-2008

Datos proporcionados por la ABC para el tramo en estudio										Asumido	Resultados		
N° de curva	Tipo de curva	Radio (m)	L _{e1} (m)	L _{e2} (m)	Progresivas				Sa Actual (m)	V _p (km/h)	Semitrailer (18.6 m)		Sobreebano (E) (m)
					TE ó PC	EC	CE	ET ó PT			L ₁	L ₂	$((L_1^2 + L_2^2) / R) - 0.20$
1	Transición	70	40	40	21+494.242	21+534.242	21+676.769	21+716.769	1.1	80	5.6	12.2	2.4
2	Transición	55	40	30	21+787.845	21+827.845	21+922.604	21+952.604	1.3	80	5.6	12.2	3.1
3	Transición	110	30	30	21+979.879	22+009.879	22+012.843	22+042.843	0.7	80	5.6	12.2	1.4
4	Circular	360	-	-	22+256.919	-	-	22+315.598	-	80	5.6	12.2	0.3
5	Transición	70	40	40	22+463.657	22+503.657	22+579.806	22+619.806	1.1	80	5.6	12.2	2.4
6	Transición	50	40	40	22+691.054	22+731.054	22+790.709	22+830.709	1.4	80	5.6	12.2	3.4
7	Transición	50	40	40	22+833.680	22+873.680	22+888.887	22+928.887	1.4	80	5.6	12.2	3.4
8	Transición	80	40	40	22+931.697	22+971.697	22+987.635	23+027.635	1.0	80	5.6	12.2	2.1
9	Transición	50	40	40	23+033.918	23+073.918	23+084.749	23+124.749	1.4	80	5.6	12.2	3.4
10	Transición	50	40	40	23+157.294	23+197.294	23+232.781	23+272.781	1.4	80	5.6	12.2	3.4
11	Transición	55	40	40	23+291.928	23+331.928	23+440.022	23+480.022	1.3	80	5.6	12.2	3.1
12	Transición	255	40	40	23+646.212	23+686.212	23+888.755	23+928.755	-	80	5.6	12.2	0.5
13	Transición	175	40	40	23+929.026	23+969.026	24+085.317	24+125.317	0.6	80	5.6	12.2	0.8
14	Transición	200	60	60	24+164.771	24+224.771	24+250.402	24+310.402	0.5	80	5.6	12.2	0.7
15	Transición	250	40	40	24+551.608	24+591.608	24+604.699	24+644.699	0.5	80	5.6	12.2	0.5
16	Transición	200	40	40	24+732.848	24+772.848	24+880.989	24+920.989	0.5	80	5.6	12.2	0.7
17	Transición	70	40	40	24+929.012	24+969.012	25+047.379	25+087.379	1.1	80	5.6	12.2	2.4
18	Transición	100	40	40	25+097.456	25+137.456	25+181.598	25+221.598	0.8	80	5.6	12.2	1.6
19	Transición	150	60	60	25+244.000	25+304.000	25+324.363	25+384.363	0.6	80	5.6	12.2	1.0
20	Transición	80	40	40	25+535.329	25+575.329	25+677.608	25+717.608	1.0	80	5.6	12.2	2.1
21	Transición	55	40	40	25+746.016	25+786.016	25+958.667	25+998.667	1.3	80	5.6	12.2	3.1
22	Transición	50	40	40	26+079.115	26+119.115	26+201.970	26+241.970	1.4	80	5.6	12.2	3.4
23	Transición	74	40	40	26+299.675	26+339.675	26+511.257	26+551.257	1.0	80	5.6	12.2	2.2

➤ **Ejemplo de aplicación**

A continuación, se mostrará como calcular los sobreeanchos utilizando las ecuaciones de ABC-2008, siguiéndose los pasos que se mostrarán a continuación tomando para este ejemplo los datos de la Curva 1:

1. Con el vehículo de diseño establecido, se procede a establecer los valores expuestos en la Tabla 2.3-11 de la Norma ABC (p. 2-35), mismos que proporcionan las longitudes de los ejes del vehículo de diseño además de la ecuación para el cálculo del sobreeancho requerido (E).

$$E = ((L_1^2 + L_2^2)/R) - 0.20$$

Dónde:

L_1 = Distancia entre parachoques delantero y último eje camión tractor (m).

L_2 = Distancia entre pivote mesa de apoyo y último eje del tándem trasero (m).

R = Radio de la curva (m).

Los valores establecidos para la longitud de los ejes por la Norma para un semitrailer con longitud total de 18.6 metros son:

L_1 = 5.6 metros.

L_2 = 12.2 metros.

$$E = ((5.6^2 + 12.2^2)/70) - 0.20 = 2.4 \text{ m}$$

➤ Cálculo de la transición del sobreancho en curvas circulares y de transición

$$e_n = \left(\frac{E}{L}\right) * I_n$$

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
1	Transición	TE	21+494.242	0.000	0.0
			21+500.000	5.758	0.3
			21+510.000	15.758	0.9
			21+520.000	25.758	1.5
			21+530.000	35.758	2.1
		EC	21+534.242	40	2.4
		CE	21+676.769	40	2.4
		ET	21+680.000	36.769	2.2
			21+690.000	26.769	1.6
			21+700.000	16.769	1.0
			21+710.000	6.769	0.4
21+716.769	0.000	0.0			
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
2	Transición	TE	21+787.845	0.000	0.0
			21+790.000	2.155	0.2
			21+800.000	12.155	0.9
			21+810.000	22.155	1.7
			21+820.000	32.155	2.5
		EC	21+827.845	40	3.1
		CE	21+922.604	30	3.1
		ET	21+930.000	22.604	2.3
			21+940.000	12.604	1.3
			21+950.000	2.604	0.3
			21+952.604	0.000	0.0
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
3	Transición	TE	21+979.879	0.000	0.0
			21+980.000	0.121	0.0
			21+990.000	10.121	0.5
			22+000.000	20.121	1.0
		EC	22+009.879	30	1.4
		CE	22+012.843	30	1.4
		ET	22+020.000	22.843	1.1
			22+030.000	12.843	0.6
			22+040.000	2.843	0.1
			22+042.843	0.000	0.0
		N° de curva	Curva	Abscisa	
5	Transición	TE	22+463.657	0.000	0.0
			22+470.000	6.343	0.4
			22+480.000	16.343	1.0
			22+490.000	26.343	1.6
			22+500.000	36.343	2.2
		EC	22+503.657	40	2.4
		CE	22+579.806	40	2.4
		ET	22+580.000	39.806	2.4
			22+590.000	29.806	1.8
			22+600.000	19.806	1.2
			22+610.000	9.806	0.6
22+619.806	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
6	Transición	TE	22+691.054	0.000	0.0
			22+700.000	8.946	0.8
			22+710.000	18.946	1.6
			22+720.000	28.946	2.5
			22+730.000	38.946	3.3
		EC	22+731.054	40	3.4
		CE	22+790.709	40	3.4
		ET	22+800.000	30.709	2.6
			22+810.000	20.709	1.8
			22+820.000	10.709	0.9
22+830.000	0.709		0.1		
22+830.709	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
7	Transición	TE	22+833.680	0.000	0.0
			22+840.000	6.320	0.5
			22+850.000	16.320	1.4
			22+860.000	26.320	2.2
			22+870.000	36.320	3.1
		EC	22+873.680	40	3.4
		CE	22+888.887	40	3.4
		ET	22+890.000	38.887	3.3
			22+900.000	28.887	2.5
			22+910.000	18.887	1.6
22+920.000	8.887		0.8		
22+928.887	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
8	Transición	TE	22+931.697	0.000	0.0
			22+940.000	8.303	0.4
			22+950.000	18.303	0.9
			22+960.000	28.303	1.5
			22+970.000	38.303	2.0
		EC	22+971.697	40	2.1
		CE	22+987.635	40	2.1
		ET	22+990.000	37.635	1.9
			23+000.000	27.635	1.4
			23+010.000	17.635	0.9
23+020.000	7.635		0.4		
23+027.635	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
9	Transición	TE	23+033.918	0.000	0.0
			23+040.000	6.082	0.5
			23+050.000	16.082	1.4
			23+060.000	26.082	2.2
			23+070.000	36.082	3.1
		EC	23+073.918	40	3.4
		CE	23+084.749	40	3.4
		ET	23+090.000	34.749	3.0
			23+100.000	24.749	2.1
			23+110.000	14.749	1.3
23+120.000	4.749		0.4		
23+124.749	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
10	Transición	TE	23+157.294	0.000	0.0
			23+160.000	2.706	0.2
			23+170.000	12.706	1.1
			23+180.000	22.706	1.9
			23+190.000	32.706	2.8
		EC	23+197.294	40	3.4
		CE	23+232.781	40	3.4
		ET	23+240.000	32.781	2.8
			23+250.000	22.781	1.9
			23+260.000	12.781	1.1
23+270.000	2.781		0.2		
23+272.781	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
11	Transición	TE	23+291.928	0.000	0.0
			23+300.000	8.072	0.6
			23+310.000	18.072	1.4
			23+320.000	28.072	2.2
			23+330.000	38.072	2.9
		EC	23+331.928	40	3.1
		CE	23+440.022	40	3.1
		ET	23+450.000	30.022	2.3
			23+460.000	20.022	1.5
			23+470.000	10.022	0.8
23+480.000	0.022		0.0		
23+480.022	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
12	Transición	TE	23+646.212	0.000	0.0
			23+650.000	3.788	0.0
			23+660.000	13.788	0.2
			23+670.000	23.788	0.3
			23+680.000	33.788	0.4
		EC	23+686.212	40	0.5
		CE	23+888.755	40	0.5
		ET	23+890.000	38.755	0.5
			23+900.000	28.755	0.4
			23+910.000	18.755	0.2
23+920.000	8.755		0.1		
23+928.755	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
13	Transición	TE	23+929.026	0.000	0.0
			23+930.000	0.974	0.0
			23+940.000	10.974	0.2
			23+950.000	20.974	0.4
			23+960.000	30.974	0.6
		EC	23+969.026	40	0.8
		CE	24+085.317	40	0.8
		ET	24+090.000	35.317	0.7
			24+100.000	25.317	0.5
			24+110.000	15.317	0.3
24+120.000	5.317		0.1		
24+125.317	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreechanco (m)
14	Transición	TE	24+164.771	0.000	0.0
			24+170.000	5.229	0.1
			24+180.000	15.229	0.2
			24+190.000	25.229	0.3
			24+200.000	35.229	0.4
			24+210.000	45.229	0.5
		24+220.000	55.229	0.6	
		EC	24+224.771	60	0.7
		CE	24+250.402	60	0.7
		ET	24+260.000	50.402	0.6
			24+270.000	40.402	0.5
			24+280.000	30.402	0.4
			24+290.000	20.402	0.2
			24+300.000	10.402	0.1
24+310.000	0.402		0.0		
24+310.402	0.000	0.0			
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreechanco (m)
15	Transición	TE	24+551.608	0.000	0.0
			24+560.000	8.392	0.1
			24+570.000	18.392	0.2
			24+580.000	28.392	0.4
			24+590.000	38.392	0.5
		EC	24+591.608	40	0.5
		CE	24+604.699	40	0.5
		ET	24+610.000	34.699	0.5
			24+620.000	24.699	0.3
			24+630.000	14.699	0.2
			24+640.000	4.699	0.1
24+644.699	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreechanco (m)
16	Transición	TE	24+732.848	0.000	0.0
			24+740.000	7.152	0.1
			24+750.000	17.152	0.3
			24+760.000	27.152	0.5
			24+770.000	37.152	0.7
		EC	24+772.848	40	0.7
		CE	24+880.989	40	0.7
		ET	24+890.000	30.989	0.5
			24+900.000	20.989	0.4
			24+910.000	10.989	0.2
			24+920.000	0.989	0.0
24+920.989	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreechanco (m)
17	Transición	TE	24+929.012	0.000	0.0
			24+930.000	0.988	0.1
			24+940.000	10.988	0.7
			24+950.000	20.988	1.2
			24+960.000	30.988	1.8
		EC	24+969.012	40	2.4
		CE	25+047.379	40	2.4
		ET	25+050.000	37.379	2.2
			25+060.000	27.379	1.6
			25+070.000	17.379	1.0
			25+080.000	7.379	0.4
25+087.379	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
18	Transición	TE	25+097.456	0.000	0.0
			25+100.000	2.544	0.1
			25+110.000	12.544	0.5
			25+120.000	22.544	0.9
			25+130.000	32.544	1.3
		EC	25+137.456	40	1.6
		CE	25+181.598	40	1.6
		ET	25+190.000	31.598	1.3
			25+200.000	21.598	0.9
			25+210.000	11.598	0.5
25+220.000	1.598		0.1		
25+221.598	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
19	Transición	TE	25+244.000	0.000	0.0
			25+250.000	6.000	0.1
			25+260.000	16.000	0.3
			25+270.000	26.000	0.4
			25+280.000	36.000	0.6
			25+290.000	46.000	0.8
			25+300.000	56.000	0.9
		EC	25+304.000	60	1.0
		CE	25+324.363	60	1.0
		ET	25+330.000	54.363	0.9
			25+340.000	44.363	0.7
			25+350.000	34.363	0.6
			25+360.000	24.363	0.4
			25+370.000	14.363	0.2
25+380.000	4.363		0.1		
25+384.363	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
20	Transición	TE	25+535.329	0.000	0.0
			25+540.000	4.671	0.2
			25+550.000	14.671	0.8
			25+560.000	24.671	1.3
			25+570.000	34.671	1.8
		EC	25+575.329	40	2.1
		CE	25+677.608	40	2.1
		ET	25+680.000	37.608	1.9
			25+690.000	27.608	1.4
			25+700.000	17.608	0.9
25+710.000	7.608		0.4		
25+717.608	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
21	Transición	TE	25+746.016	0.000	0.0
			25+750.000	3.984	0.3
			25+760.000	13.984	1.1
			25+770.000	23.984	1.8
			25+780.000	33.984	2.6
		EC	25+786.016	40	3.1
		CE	25+958.667	40	3.1
		ET	25+960.000	38.667	3.0
			25+970.000	28.667	2.2
			25+980.000	18.667	1.4
			25+990.000	8.667	0.7
25+998.667	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
22	Transición	TE	26+079.115	0.000	0.0
			26+080.000	0.885	0.1
			26+090.000	10.885	0.9
			26+100.000	20.885	1.8
			26+110.000	30.885	2.6
		EC	26+119.115	40	3.4
		CE	26+201.970	40	3.4
		ET	26+210.000	31.97	2.7
			26+220.000	21.97	1.9
			26+230.000	11.97	1.0
			26+240.000	1.97	0.2
26+241.970	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
23	Transición	TE	26+299.675	0.000	0.0
			26+300.000	0.325	0.0
			26+310.000	10.325	0.6
			26+320.000	20.325	1.1
			26+330.000	30.325	1.7
		EC	26+339.675	40	2.2
		CE	26+511.257	40	2.2
		ET	26+520.000	31.257	1.7
			26+530.000	21.257	1.2
			26+540.000	11.257	0.6
			26+550.000	1.257	0.1
26+551.257	0.000		0.0		

3.5.2. Diseño de sobrehanchos y transición según norma AASHTO-2011

Datos proporcionados por la ABC para el tramo en estudio									Asumido	Resultados												
N° de curva	Tipo de curva	Radio (m)	L _{e1} (m)	L _{e2} (m)	Progresivas				Sa Actual (m)	Vp (km/h)	Semitrailer (18.6 m)			n	u (m)	C	U (m)	F _A (m)	Z (m)	W _n (m)	W _c (m)	Sobrehancho (m) S _a = W _c - W _n
					TE ó PC	EC	CE	ET ó PT			A (m)	L ₁ (m)	L ₃ (m)									
1	Transición	70	40	40	21+494.242	21+534.242	21+676.769	21+716.769	1.1	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.72	0.11	0.96	7.00	10.21	3.2
2	Transición	55	40	30	21+787.845	21+827.845	21+922.604	21+952.604	1.3	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	4.03	0.15	1.08	7.00	10.99	4.0
3	Transición	110	30	30	21+979.879	22+009.879	22+012.843	22+042.843	0.7	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.31	0.07	0.76	7.00	9.16	2.2
4	Circular	360	-	-	22+256.919	-	-	22+315.598	-	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	2.82	0.02	0.42	7.00	7.78	0.8
5	Transición	70	40	40	22+463.657	22+503.657	22+579.806	22+619.806	1.1	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.72	0.11	0.96	7.00	10.21	3.2
6	Transición	50	40	40	22+691.054	22+731.054	22+790.709	22+830.709	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	4.18	0.16	1.13	7.00	11.36	4.4
7	Transición	50	40	40	22+833.680	22+873.680	22+888.887	22+928.887	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	4.18	0.16	1.13	7.00	11.36	4.4
8	Transición	80	40	40	22+931.697	22+971.697	22+987.635	23+027.635	1.0	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.58	0.10	0.89	7.00	9.85	2.9
9	Transición	50	40	40	23+033.918	23+073.918	23+084.749	23+124.749	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	4.18	0.16	1.13	7.00	11.36	4.4
10	Transición	50	40	40	23+157.294	23+197.294	23+232.781	23+272.781	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	4.18	0.16	1.13	7.00	11.36	4.4
11	Transición	55	40	40	23+291.928	23+331.928	23+440.022	23+480.022	1.3	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	4.03	0.15	1.08	7.00	10.99	4.0
12	Transición	255	40	40	23+646.212	23+686.212	23+888.755	23+928.755	-	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	2.91	0.03	0.50	7.00	8.04	1.0
13	Transición	175	40	40	23+929.026	23+969.026	24+085.317	24+125.317	0.6	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.05	0.05	0.60	7.00	8.44	1.4
14	Transición	200	60	60	24+164.771	24+224.771	24+250.402	24+310.402	0.5	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	2.99	0.04	0.57	7.00	8.29	1.3
15	Transición	250	40	40	24+551.608	24+591.608	24+604.699	24+644.699	0.5	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	2.91	0.03	0.51	7.00	8.06	1.1
16	Transición	200	40	40	24+732.848	24+772.848	24+880.989	24+920.989	0.5	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	2.99	0.04	0.57	7.00	8.29	1.3
17	Transición	70	40	40	24+929.012	24+969.012	25+047.379	25+087.379	1.1	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.72	0.11	0.96	7.00	10.21	3.2
18	Transición	100	40	40	25+097.456	25+137.456	25+181.598	25+221.598	0.8	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.38	0.08	0.80	7.00	9.34	2.3
19	Transición	150	60	60	25+244.000	25+304.000	25+324.363	25+384.363	0.6	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.12	0.05	0.65	7.00	8.65	1.6
20	Transición	80	40	40	25+535.329	25+575.329	25+677.608	25+717.608	1.0	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.58	0.10	0.89	7.00	9.85	2.9
21	Transición	55	40	40	25+746.016	25+786.016	25+958.667	25+998.667	1.3	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	4.03	0.15	1.08	7.00	10.99	4.0
22	Transición	50	40	40	26+079.115	26+119.115	26+201.970	26+241.970	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	4.18	0.16	1.13	7.00	11.36	4.4
23	Transición	74	40	40	26+299.675	26+339.675	26+511.257	26+551.257	1.0	80	1.22	5.95	10.97	2	2.6	0.85	3.66	0.11	0.93	7.00	10.06	3.1

➤ **Ejemplo de aplicación**

A continuación, se mostrará como calcular los sobrecanchos utilizando las ecuaciones de AASHTO-2011, siguiéndose los pasos que se mostrarán a continuación tomando para este ejemplo los datos de la Curva 1:

1. Primero se calcula el ancho ocupado por el vehículo de diseño en curva (U), utilizando la ecuación (3-31) AASHTO-2011, (p.3-71).

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - \sum L_i^2}$$

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - (L_1^2 + L_2^2 + L_3^2)}$$

Dónde:

U = Ancho del vehículo en curva (m).

u = Ancho del vehículo en tangente (m).

R = Radio de la curva (m).

L_1, L_2 y L_3 = Dimensiones del vehículo en metros (Ver Figura)

Se utilizó un ancho normal del vehículo en tangente (u) de 2.60 metros como se ve en la Figura 7.

$$U = 2.60 + 70 - \sqrt{70^2 - (5.95^2 + 0^2 + 10.97^2)} = 3.72 \text{ m}$$

2. Se calcula el espacio lateral que necesita cada vehículo (C), el cual se interpola de la Tabla, teniendo en cuenta los valores que recomienda la AASHTO, este valor para vías de 7 m de ancho será igual a:

$$C = 0.83$$

3. Se calcula la anchura del voladizo o saliente frontal del vehículo sobre el carril adyacente (F_A), utilizando la ecuación (3-32) AASHTO-2011, (p. 3-72).

$$F_A = \sqrt{R^2 + A * (2 * L_1 + A)} - R$$

Dónde:

A = Voladizo o saliente delantero del vehículo (m).

L = Distancia entre el eje delantero y el eje trasero de la unidad tractora (m).

$$F_A = \sqrt{70^2 + 1.22 * (2 * 5.95 + 1.22)} - 70 = 0.11 \text{ m}$$

4. Se calcula el sobreebanco adicional de seguridad (factor de seguridad empírico) (Z), el cual se calcula de forma empírica en función de la velocidad de diseño y el radio. Esta se calcula con la fórmula (3-33) AASHTO-2011, (p. 3-74).

$$Z = \frac{V}{10 * \sqrt{R}}$$

$$Z = \frac{80}{10 * \sqrt{70}} = 0.96$$

5. Se calcula el sobreebanco teniendo en cuenta es la diferencia entre el ancho necesitado en curva y el ancho utilizado en tangente. Esto se puede realizar con la ecuación (3-34) AASHTO-2011, (p. 3-76).

$$W = W_c - W_n$$

En esta W_c representa el ancho en curva y W_n el ancho en tangente. Se obtiene que finalmente el sobreebanco en una curva en la que viene la calzada siendo de dos carriles de 3.5 m (7 m en total):

$$W = W_c - W_n = (2 * (U + C) + F_A + Z) - 7 \text{ m}$$

Reemplazando con los valores determinados anteriormente, se tiene:

$$W = 3.2 \text{ m}$$

El valor calculado del sobreebanco se debe redondear al decímetro superior. Todo el sobreebanco requerido por la calzada se debe construir en el interior de la curva.

➤ Cálculo de la transición del sobrancho en curvas circulares y de transición

$$S_n = \left(\frac{W}{L}\right) * I_n$$

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
1	Transición	TE	21+494.242	0.000	0.0
			21+500.000	5.758	0.5
			21+510.000	15.758	1.3
			21+520.000	25.758	2.1
			21+530.000	35.758	2.9
		EC	21+534.242	40	3.2
		CE	21+676.769	40	3.2
		ET	21+680.000	36.769	3.0
			21+690.000	26.769	2.2
			21+700.000	16.769	1.3
			21+710.000	6.769	0.5
21+716.769	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
2	Transición	TE	21+787.845	0.000	0.0
			21+790.000	2.155	0.2
			21+800.000	12.155	1.2
			21+810.000	22.155	2.2
			21+820.000	32.155	3.2
		EC	21+827.845	40	4.0
		CE	21+922.604	30	4.0
		ET	21+930.000	22.604	3.0
			21+940.000	12.604	1.7
			21+950.000	2.604	0.3
			21+952.604	0.000	0.0
N° de curva	Curva		Abscisa		Distancia (m)
3	Transición	TE	21+979.879	0.000	0.0
			21+980.000	0.121	0.0
			21+990.000	10.121	0.7
			22+000.000	20.121	1.4
		EC	22+009.879	30	2.2
		CE	22+012.843	30	2.2
		ET	22+020.000	22.843	1.6
			22+030.000	12.843	0.9
			22+040.000	2.843	0.2
			22+042.843	0.000	0.0
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
5	Transición	TE	22+463.657	0.000	0.0
			22+470.000	6.343	0.5
			22+480.000	16.343	1.3
			22+490.000	26.343	2.1
			22+500.000	36.343	2.9
		EC	22+503.657	40	3.2
		CE	22+579.806	40	3.2
		ET	22+580.000	39.806	3.2
			22+590.000	29.806	2.4
			22+600.000	19.806	1.6
			22+610.000	9.806	0.8
22+619.806	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
6	Transición	TE	22+691.054	0.000	0.0
			22+700.000	8.946	1.0
			22+710.000	18.946	2.1
			22+720.000	28.946	3.2
			22+730.000	38.946	4.2
		EC	22+731.054	40	4.4
		CE	22+790.709	40	4.4
		ET	22+800.000	30.709	3.3
			22+810.000	20.709	2.3
			22+820.000	10.709	1.2
22+830.000	0.709		0.1		
22+830.709	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
7	Transición	TE	22+833.680	0.000	0.0
			22+840.000	6.320	0.7
			22+850.000	16.320	1.8
			22+860.000	26.320	2.9
			22+870.000	36.320	4.0
		EC	22+873.680	40	4.4
		CE	22+888.887	40	4.4
		ET	22+890.000	38.887	4.2
			22+900.000	28.887	3.1
			22+910.000	18.887	2.1
22+920.000	8.887		1.0		
22+928.887	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
8	Transición	TE	22+931.697	0.000	0.0
			22+940.000	8.303	0.6
			22+950.000	18.303	1.3
			22+960.000	28.303	2.0
			22+970.000	38.303	2.7
		EC	22+971.697	40	2.9
		CE	22+987.635	40	2.9
		ET	22+990.000	37.635	2.7
			23+000.000	27.635	2.0
			23+010.000	17.635	1.3
23+020.000	7.635		0.5		
23+027.635	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
9	Transición	TE	23+033.918	0.000	0.0
			23+040.000	6.082	0.7
			23+050.000	16.082	1.8
			23+060.000	26.082	2.8
			23+070.000	36.082	3.9
		EC	23+073.918	40	4.4
		CE	23+084.749	40	4.4
		ET	23+090.000	34.749	3.8
			23+100.000	24.749	2.7
			23+110.000	14.749	1.6
23+120.000	4.749		0.5		
23+124.749	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
10	Transición	TE	23+157.294	0.000	0.0
			23+160.000	2.706	0.3
			23+170.000	12.706	1.4
			23+180.000	22.706	2.5
			23+190.000	32.706	3.6
		EC	23+197.294	40	4.4
		CE	23+232.781	40	4.4
		ET	23+240.000	32.781	3.6
			23+250.000	22.781	2.5
			23+260.000	12.781	1.4
23+270.000	2.781		0.3		
23+272.781	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
11	Transición	TE	23+291.928	0.000	0.0
			23+300.000	8.072	0.8
			23+310.000	18.072	1.8
			23+320.000	28.072	2.8
			23+330.000	38.072	3.8
		EC	23+331.928	40	4.0
		CE	23+440.022	40	4.0
		ET	23+450.000	30.022	3.0
			23+460.000	20.022	2.0
			23+470.000	10.022	1.0
23+480.000	0.022		0.0		
23+480.022	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
12	Transición	TE	23+646.212	0.000	0.0
			23+650.000	3.788	0.1
			23+660.000	13.788	0.4
			23+670.000	23.788	0.6
			23+680.000	33.788	0.9
		EC	23+686.212	40	1.0
		CE	23+888.755	40	1.0
		ET	23+890.000	38.755	1.0
			23+900.000	28.755	0.8
			23+910.000	18.755	0.5
23+920.000	8.755		0.2		
23+928.755	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
13	Transición	TE	23+929.026	0.000	0.0
			23+930.000	0.974	0.0
			23+940.000	10.974	0.4
			23+950.000	20.974	0.8
			23+960.000	30.974	1.1
		EC	23+969.026	40	1.4
		CE	24+085.317	40	1.4
		ET	24+090.000	35.317	1.3
			24+100.000	25.317	0.9
			24+110.000	15.317	0.6
24+120.000	5.317		0.2		
24+125.317	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
14	Transición	TE	24+164.771	0.000	0.0
			24+170.000	5.229	0.1
			24+180.000	15.229	0.3
			24+190.000	25.229	0.5
			24+200.000	35.229	0.8
			24+210.000	45.229	1.0
			24+220.000	55.229	1.2
		EC	24+224.771	60	1.3
		CE	24+250.402	60	1.3
		ET	24+260.000	50.402	1.1
			24+270.000	40.402	0.9
			24+280.000	30.402	0.7
			24+290.000	20.402	0.4
			24+300.000	10.402	0.2
24+310.000	0.402		0.0		
24+310.402	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
15	Transición	TE	24+551.608	0.000	0.0
			24+560.000	8.392	0.2
			24+570.000	18.392	0.5
			24+580.000	28.392	0.8
			24+590.000	38.392	1.0
		EC	24+591.608	40	1.1
		CE	24+604.699	40	1.1
		ET	24+610.000	34.699	0.9
			24+620.000	24.699	0.7
			24+630.000	14.699	0.4
			24+640.000	4.699	0.1
			24+644.699	0.000	0.0
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
16	Transición	TE	24+732.848	0.000	0.0
			24+740.000	7.152	0.2
			24+750.000	17.152	0.6
			24+760.000	27.152	0.9
			24+770.000	37.152	1.2
		EC	24+772.848	40	1.3
		CE	24+880.989	40	1.3
		ET	24+890.000	30.989	1.0
			24+900.000	20.989	0.7
			24+910.000	10.989	0.4
			24+920.000	0.989	0.0
24+920.989	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
17	Transición	TE	24+929.012	0.000	0.0
			24+930.000	0.988	0.1
			24+940.000	10.988	0.9
			24+950.000	20.988	1.7
			24+960.000	30.988	2.5
		EC	24+969.012	40	3.2
		CE	25+047.379	40	3.2
		ET	25+050.000	37.379	3.0
			25+060.000	27.379	2.2
			25+070.000	17.379	1.4
25+080.000	7.379		0.6		
25+087.379	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
18	Transición	TE	25+097.456	0.000	0.0
			25+100.000	2.544	0.1
			25+110.000	12.544	0.7
			25+120.000	22.544	1.3
			25+130.000	32.544	1.9
		EC	25+137.456	40	2.3
		CE	25+181.598	40	2.3
		ET	25+190.000	31.598	1.9
			25+200.000	21.598	1.3
			25+210.000	11.598	0.7
25+220.000	1.598		0.1		
25+221.598	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreancho (m)
19	Transición	TE	25+244.000	0.000	0.0
			25+250.000	6.000	0.2
			25+260.000	16.000	0.4
			25+270.000	26.000	0.7
			25+280.000	36.000	1.0
			25+290.000	46.000	1.3
			25+300.000	56.000	1.5
		EC	25+304.000	60	1.6
		CE	25+324.363	60	1.6
		ET	25+330.000	54.363	1.5
			25+340.000	44.363	1.2
			25+350.000	34.363	0.9
			25+360.000	24.363	0.7
25+370.000	14.363		0.4		
25+380.000	4.363		0.1		
25+384.363	0.000	0.0			

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
20	Transición	TE	25+535.329	0.000	0.0
			25+540.000	4.671	0.3
			25+550.000	14.671	1.0
			25+560.000	24.671	1.8
			25+570.000	34.671	2.5
		EC	25+575.329	40	2.9
		CE	25+677.608	40	2.9
		ET	25+680.000	37.608	2.7
			25+690.000	27.608	2.0
			25+700.000	17.608	1.3
25+710.000	7.608		0.5		
		25+717.608	0.000	0.0	
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
21	Transición	TE	25+746.016	0.000	0.0
			25+750.000	3.984	0.4
			25+760.000	13.984	1.4
			25+770.000	23.984	2.4
			25+780.000	33.984	3.4
		EC	25+786.016	40	4.0
		CE	25+958.667	40	4.0
		ET	25+960.000	38.667	3.9
			25+970.000	28.667	2.9
			25+980.000	18.667	1.9
25+990.000	8.667		0.9		
		25+998.667	0.000	0.0	
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
22	Transición	TE	26+079.115	0.000	0.0
			26+080.000	0.885	0.1
			26+090.000	10.885	1.2
			26+100.000	20.885	2.3
			26+110.000	30.885	3.4
		EC	26+119.115	40	4.4
		CE	26+201.970	40	4.4
		ET	26+210.000	31.97	3.5
			26+220.000	21.97	2.4
			26+230.000	11.97	1.3
26+240.000	1.97		0.2		
		26+241.970	0.000	0.0	
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
23	Transición	TE	26+299.675	0.000	0.0
			26+300.000	0.325	0.0
			26+310.000	10.325	0.8
			26+320.000	20.325	1.6
			26+330.000	30.325	2.3
		EC	26+339.675	40	3.1
		CE	26+511.257	40	3.1
		ET	26+520.000	31.257	2.4
			26+530.000	21.257	1.6
			26+540.000	11.257	0.9
26+550.000	1.257		0.1		
		26+551.257	0.000	0.0	

3.5.3. Diseño de sobreebanos y transición según normativa de España

Datos proporcionados por la ABC para el tramo en estudio										Asumido	Resultados			
Nº de curva	Tipo de curva	Radio (m)	L _{e1} (m)	L _{e2} (m)	Progresivas				Sa Actual (m)	V _p (km/h)	Semitrailer (18.6 m)			Sobreebano (m)
					TE ó PC	EC	CE	ET ó PT			A (m)	L ₁ (m)	L ₃ (m)	
1	Transición	70	40	40	21+494.242	21+534.242	21+676.769	21+716.769	1.1	80	1.22	5.95	10.97	2.4
2	Transición	55	40	30	21+787.845	21+827.845	21+922.604	21+952.604	1.3	80	1.22	5.95	10.97	3.0
3	Transición	110	30	30	21+979.879	22+009.879	22+012.843	22+042.843	0.7	80	1.22	5.95	10.97	1.5
4	Circular	360	-	-	22+256.919	-	-	22+315.598	-	80	1.22	5.95	10.97	0.5
5	Transición	70	40	40	22+463.657	22+503.657	22+579.806	22+619.806	1.1	80	1.22	5.95	10.97	2.4
6	Transición	50	40	40	22+691.054	22+731.054	22+790.709	22+830.709	1.4	80	1.22	5.95	10.97	3.3
7	Transición	50	40	40	22+833.680	22+873.680	22+888.887	22+928.887	1.4	80	1.22	5.95	10.97	3.3
8	Transición	80	40	40	22+931.697	22+971.697	22+987.635	23+027.635	1.0	80	1.22	5.95	10.97	2.1
9	Transición	50	40	40	23+033.918	23+073.918	23+084.749	23+124.749	1.4	80	1.22	5.95	10.97	3.3
10	Transición	50	40	40	23+157.294	23+197.294	23+232.781	23+272.781	1.4	80	1.22	5.95	10.97	3.3
11	Transición	55	40	40	23+291.928	23+331.928	23+440.022	23+480.022	1.3	80	1.22	5.95	10.97	3.0
12	Transición	255	40	40	23+646.212	23+686.212	23+888.755	23+928.755	-	80	1.22	5.95	10.97	0.6
13	Transición	175	40	40	23+929.026	23+969.026	24+085.317	24+125.317	0.6	80	1.22	5.95	10.97	0.9
14	Transición	200	60	60	24+164.771	24+224.771	24+250.402	24+310.402	0.5	80	1.22	5.95	10.97	0.8
15	Transición	250	40	40	24+551.608	24+591.608	24+604.699	24+644.699	0.5	80	1.22	5.95	10.97	0.7
16	Transición	200	40	40	24+732.848	24+772.848	24+880.989	24+920.989	0.5	80	1.22	5.95	10.97	0.8
17	Transición	70	40	40	24+929.012	24+969.012	25+047.379	25+087.379	1.1	80	1.22	5.95	10.97	2.4
18	Transición	100	40	40	25+097.456	25+137.456	25+181.598	25+221.598	0.8	80	1.22	5.95	10.97	1.6
19	Transición	150	60	60	25+244.000	25+304.000	25+324.363	25+384.363	0.6	80	1.22	5.95	10.97	1.1
20	Transición	80	40	40	25+535.329	25+575.329	25+677.608	25+717.608	1.0	80	1.22	5.95	10.97	2.1
21	Transición	55	40	40	25+746.016	25+786.016	25+958.667	25+998.667	1.3	80	1.22	5.95	10.97	3.0
22	Transición	50	40	40	26+079.115	26+119.115	26+201.970	26+241.970	1.4	80	1.22	5.95	10.97	3.3
23	Transición	74	40	40	26+299.675	26+339.675	26+511.257	26+551.257	1.0	80	1.22	5.95	10.97	2.2

➤ **Ejemplo de aplicación**

A continuación, se mostrará como calcular los sobreeanchos utilizando las ecuaciones de la Norma de España 3.1-IC-2016, siguiéndose los pasos que se mostrarán a continuación tomando para este ejemplo los datos de la Curva 1:

1. Con los valores del vehículo de diseño y el radio de curvatura, se procede a reemplazar los valores de la siguiente Ecuación, misma que expone la Norma en su página 85:

$$3.5 + \frac{L^2}{2 * R}$$

Dónde:

R = Radio de la curva horizontal (m).

L = Longitud del vehículo patrón característico, medida entre su extremo delantero y el eje de las ruedas traseras (m).

El valor de 3.5 es el ancho de carril siendo el ancho de calzada de 7 metros.

La sumatoria desde el parachoques delantero hasta el último eje del vehículo de diseño es igual a 18.14 metros.

$$\frac{18.14^2}{2 * 70} = 2.4 \text{ m}$$

➤ Cálculo de la transición del sobrancho en curvas circulares y de transición

$$S_{an} = \left(\frac{S_a}{L} \right) * l_n$$

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
1	Transición	TE	21+494.242	0.000	0.0
			21+500.000	5.758	0.3
			21+510.000	15.758	0.9
			21+520.000	25.758	1.5
			21+530.000	35.758	2.1
		EC	21+534.242	40	2.4
		CE	21+676.769	40	2.4
		ET	21+680.000	36.769	2.2
			21+690.000	26.769	1.6
			21+700.000	16.769	1.0
			21+710.000	6.769	0.4
			21+716.769	0.000	0.0
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
2	Transición	TE	21+787.845	0.000	0.0
			21+790.000	2.155	0.2
			21+800.000	12.155	0.9
			21+810.000	22.155	1.7
			21+820.000	32.155	2.4
		EC	21+827.845	40	3.0
		CE	21+922.604	30	3.0
		ET	21+930.000	22.604	2.3
			21+940.000	12.604	1.3
			21+950.000	2.604	0.3
			21+952.604	0.000	0.0
			N° de curva	Curva	Abscisa
3	Transición	TE	21+979.879	0.000	0.0
			21+980.000	0.121	0.0
			21+990.000	10.121	0.5
			22+000.000	20.121	1.0
		EC	22+009.879	30	1.5
		CE	22+012.843	30	1.5
		ET	22+020.000	22.843	1.1
			22+030.000	12.843	0.6
			22+040.000	2.843	0.1
			22+042.843	0.000	0.0
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
5	Transición	TE	22+463.657	0.000	0.0
			22+470.000	6.343	0.4
			22+480.000	16.343	1.0
			22+490.000	26.343	1.5
			22+500.000	36.343	2.1
		EC	22+503.657	40	2.4
		CE	22+579.806	40	2.4
		ET	22+580.000	39.806	2.3
			22+590.000	29.806	1.8
			22+600.000	19.806	1.2
			22+610.000	9.806	0.6
			22+619.806	0.000	0.0

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
6	Transición	TE	22+691.054	0.000	0.0
			22+700.000	8.946	0.7
			22+710.000	18.946	1.6
			22+720.000	28.946	2.4
			22+730.000	38.946	3.2
		EC	22+731.054	40	3.3
		CE	22+790.709	40	3.3
		ET	22+800.000	30.709	2.5
			22+810.000	20.709	1.7
			22+820.000	10.709	0.9
22+830.000	0.709		0.1		
22+830.709	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
7	Transición	TE	22+833.680	0.000	0.0
			22+840.000	6.320	0.5
			22+850.000	16.320	1.3
			22+860.000	26.320	2.2
			22+870.000	36.320	3.0
		EC	22+873.680	40	3.3
		CE	22+888.887	40	3.3
		ET	22+890.000	38.887	3.2
			22+900.000	28.887	2.4
			22+910.000	18.887	1.6
22+920.000	8.887		0.7		
22+928.887	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
8	Transición	TE	22+931.697	0.000	0.0
			22+940.000	8.303	0.4
			22+950.000	18.303	0.9
			22+960.000	28.303	1.5
			22+970.000	38.303	2.0
		EC	22+971.697	40	2.1
		CE	22+987.635	40	2.1
		ET	22+990.000	37.635	1.9
			23+000.000	27.635	1.4
			23+010.000	17.635	0.9
23+020.000	7.635		0.4		
23+027.635	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
9	Transición	TE	23+033.918	0.000	0.0
			23+040.000	6.082	0.5
			23+050.000	16.082	1.3
			23+060.000	26.082	2.1
			23+070.000	36.082	3.0
		EC	23+073.918	40	3.3
		CE	23+084.749	40	3.3
		ET	23+090.000	34.749	2.9
			23+100.000	24.749	2.0
			23+110.000	14.749	1.2
23+120.000	4.749		0.4		
23+124.749	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
10	Transición	TE	23+157.294	0.000	0.0
			23+160.000	2.706	0.2
			23+170.000	12.706	1.0
			23+180.000	22.706	1.9
			23+190.000	32.706	2.7
		EC	23+197.294	40	3.3
		CE	23+232.781	40	3.3
		ET	23+240.000	32.781	2.7
			23+250.000	22.781	1.9
			23+260.000	12.781	1.1
23+270.000	2.781		0.2		
23+272.781	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
11	Transición	TE	23+291.928	0.000	0.0
			23+300.000	8.072	0.6
			23+310.000	18.072	1.4
			23+320.000	28.072	2.1
			23+330.000	38.072	2.8
		EC	23+331.928	40	3.0
		CE	23+440.022	40	3.0
		ET	23+450.000	30.022	2.2
			23+460.000	20.022	1.5
			23+470.000	10.022	0.7
23+480.000	0.022		0.0		
23+480.022	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
12	Transición	TE	23+646.212	0.000	0.0
			23+650.000	3.788	0.1
			23+660.000	13.788	0.2
			23+670.000	23.788	0.4
			23+680.000	33.788	0.5
		EC	23+686.212	40	0.6
		CE	23+888.755	40	0.6
		ET	23+890.000	38.755	0.6
			23+900.000	28.755	0.5
			23+910.000	18.755	0.3
23+920.000	8.755		0.1		
23+928.755	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
13	Transición	TE	23+929.026	0.000	0.0
			23+930.000	0.974	0.0
			23+940.000	10.974	0.3
			23+950.000	20.974	0.5
			23+960.000	30.974	0.7
		EC	23+969.026	40	0.9
		CE	24+085.317	40	0.9
		ET	24+090.000	35.317	0.8
			24+100.000	25.317	0.6
			24+110.000	15.317	0.4
24+120.000	5.317		0.1		
24+125.317	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa	Distancia (m)	Sobreancho (m)	
14	Transición	TE	24+164.771	0.000	0.0
			24+170.000	5.229	0.1
			24+180.000	15.229	0.2
			24+190.000	25.229	0.3
			24+200.000	35.229	0.5
			24+210.000	45.229	0.6
		EC	24+224.771	60	0.8
			CE	24+250.402	60
		ET	24+260.000	50.402	0.7
			24+270.000	40.402	0.6
			24+280.000	30.402	0.4
			24+290.000	20.402	0.3
			24+300.000	10.402	0.1
			24+310.000	0.402	0.0
		24+310.402	0.000	0.0	
N° de curva	Curva	Abscisa	Distancia (m)	Sobreancho (m)	
15	Transición	TE	24+551.608	0.000	0.0
			24+560.000	8.392	0.1
			24+570.000	18.392	0.3
			24+580.000	28.392	0.5
			24+590.000	38.392	0.6
		EC	24+591.608	40	0.7
			CE	24+604.699	40
		ET	24+610.000	34.699	0.6
			24+620.000	24.699	0.4
			24+630.000	14.699	0.2
			24+640.000	4.699	0.1
24+644.699	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa	Distancia (m)	Sobreancho (m)	
16	Transición	TE	24+732.848	0.000	0.0
			24+740.000	7.152	0.1
			24+750.000	17.152	0.4
			24+760.000	27.152	0.6
			24+770.000	37.152	0.8
		EC	24+772.848	40	0.8
			CE	24+880.989	40
		ET	24+890.000	30.989	0.6
			24+900.000	20.989	0.4
			24+910.000	10.989	0.2
			24+920.000	0.989	0.0
24+920.989	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa	Distancia (m)	Sobreancho (m)	
17	Transición	TE	24+929.012	0.000	0.0
			24+930.000	0.988	0.1
			24+940.000	10.988	0.6
			24+950.000	20.988	1.2
			24+960.000	30.988	1.8
		EC	24+969.012	40	2.4
			CE	25+047.379	40
		ET	25+050.000	37.379	2.2
			25+060.000	27.379	1.6
			25+070.000	17.379	1.0
			25+080.000	7.379	0.4
25+087.379	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
18	Transición	TE	25+097.456	0.000	0.0
			25+100.000	2.544	0.1
			25+110.000	12.544	0.5
			25+120.000	22.544	0.9
			25+130.000	32.544	1.3
		EC	25+137.456	40	1.6
		CE	25+181.598	40	1.6
		ET	25+190.000	31.598	1.3
			25+200.000	21.598	0.9
			25+210.000	11.598	0.5
			25+220.000	1.598	0.1
25+221.598	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
19	Transición	TE	25+244.000	0.000	0.0
			25+250.000	6.000	0.1
			25+260.000	16.000	0.3
			25+270.000	26.000	0.5
			25+280.000	36.000	0.7
			25+290.000	46.000	0.8
			25+300.000	56.000	1.0
		EC	25+304.000	60	1.1
		CE	25+324.363	60	1.1
		ET	25+330.000	54.363	1.0
			25+340.000	44.363	0.8
			25+350.000	34.363	0.6
			25+360.000	24.363	0.4
			25+370.000	14.363	0.3
25+380.000	4.363		0.1		
25+384.363	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
20	Transición	TE	25+535.329	0.000	0.0
			25+540.000	4.671	0.2
			25+550.000	14.671	0.8
			25+560.000	24.671	1.3
			25+570.000	34.671	1.8
		EC	25+575.329	40	2.1
		CE	25+677.608	40	2.1
		ET	25+680.000	37.608	1.9
			25+690.000	27.608	1.4
			25+700.000	17.608	0.9
25+710.000	7.608		0.4		
25+717.608	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
21	Transición	TE	25+746.016	0.000	0.0
			25+750.000	3.984	0.3
			25+760.000	13.984	1.0
			25+770.000	23.984	1.8
			25+780.000	33.984	2.5
		EC	25+786.016	40	3.0
		CE	25+958.667	40	3.0
		ET	25+960.000	38.667	2.9
			25+970.000	28.667	2.1
			25+980.000	18.667	1.4
			25+990.000	8.667	0.6
25+998.667	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
22	Transición	TE	26+079.115	0.000	0.0
			26+080.000	0.885	0.1
			26+090.000	10.885	0.9
			26+100.000	20.885	1.7
			26+110.000	30.885	2.5
		EC	26+119.115	40	3.3
		CE	26+201.970	40	3.3
		ET	26+210.000	31.97	2.6
			26+220.000	21.97	1.8
			26+230.000	11.97	1.0
			26+240.000	1.97	0.2
26+241.970	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreebanco (m)
23	Transición	TE	26+299.675	0.000	0.0
			26+300.000	0.325	0.0
			26+310.000	10.325	0.6
			26+320.000	20.325	1.1
			26+330.000	30.325	1.7
		EC	26+339.675	40	2.2
		CE	26+511.257	40	2.2
		ET	26+520.000	31.257	1.7
			26+530.000	21.257	1.2
			26+540.000	11.257	0.6
			26+550.000	1.257	0.1
26+551.257	0.000		0.0		

3.5.4. Diseño de sobrecanchos y transición según normativa de Perú

Datos proporcionados por la ABC para el tramo en estudio										Asumido	Resultados				
N° de curva	Tipo de curva	Radio (m)	Le1 (m)	Le2 (m)	Progresivas				Sa Actual (m)	Vp (km/h)	Semitrailer (18.6 m)			n	Sobrecancho (m)
					TE ó PC	EC	CE	ET ó PT			A (m)	L1 (m)	L3 (m)		
1	Transición	70	40	40	21+494.242	21+534.242	21+676.769	21+716.769	1.1	80	1.22	5.95	10.97	2	3.2
2	Transición	55	40	30	21+787.845	21+827.845	21+922.604	21+952.604	1.3	80	1.22	5.95	10.97	2	4.0
3	Transición	110	30	30	21+979.879	22+009.879	22+012.843	22+042.843	0.7	80	1.22	5.95	10.97	2	2.2
4	Circular	360	-	-	22+256.919	-	-	22+315.598	-	80	1.22	5.95	10.97	2	0.9
5	Transición	70	40	40	22+463.657	22+503.657	22+579.806	22+619.806	1.1	80	1.22	5.95	10.97	2	3.2
6	Transición	50	40	40	22+691.054	22+731.054	22+790.709	22+830.709	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	4.3
7	Transición	50	40	40	22+833.680	22+873.680	22+888.887	22+928.887	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	4.3
8	Transición	80	40	40	22+931.697	22+971.697	22+987.635	23+027.635	1.0	80	1.22	5.95	10.97	2	2.9
9	Transición	50	40	40	23+033.918	23+073.918	23+084.749	23+124.749	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	4.3
10	Transición	50	40	40	23+157.294	23+197.294	23+232.781	23+272.781	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	4.3
11	Transición	55	40	40	23+291.928	23+331.928	23+440.022	23+480.022	1.3	80	1.22	5.95	10.97	2	4.0
12	Transición	255	40	40	23+646.212	23+686.212	23+888.755	23+928.755	-	80	1.22	5.95	10.97	2	1.1
13	Transición	175	40	40	23+929.026	23+969.026	24+085.317	24+125.317	0.6	80	1.22	5.95	10.97	2	1.5
14	Transición	200	60	60	24+164.771	24+224.771	24+250.402	24+310.402	0.5	80	1.22	5.95	10.97	2	1.4
15	Transición	250	40	40	24+551.608	24+591.608	24+604.699	24+644.699	0.5	80	1.22	5.95	10.97	2	1.1
16	Transición	200	40	40	24+732.848	24+772.848	24+880.989	24+920.989	0.5	80	1.22	5.95	10.97	2	1.4
17	Transición	70	40	40	24+929.012	24+969.012	25+047.379	25+087.379	1.1	80	1.22	5.95	10.97	2	3.2
18	Transición	100	40	40	25+097.456	25+137.456	25+181.598	25+221.598	0.8	80	1.22	5.95	10.97	2	2.4
19	Transición	150	60	60	25+244.000	25+304.000	25+324.363	25+384.363	0.6	80	1.22	5.95	10.97	2	1.7
20	Transición	80	40	40	25+535.329	25+575.329	25+677.608	25+717.608	1.0	80	1.22	5.95	10.97	2	2.9
21	Transición	55	40	40	25+746.016	25+786.016	25+958.667	25+998.667	1.3	80	1.22	5.95	10.97	2	4.0
22	Transición	50	40	40	26+079.115	26+119.115	26+201.970	26+241.970	1.4	80	1.22	5.95	10.97	2	4.3
23	Transición	74	40	40	26+299.675	26+339.675	26+511.257	26+551.257	1.0	80	1.22	5.95	10.97	2	3.1

➤ **Ejemplo de aplicación**

A continuación, se mostrará como calcular los sobreesaltos utilizando las ecuaciones de la Norma de Perú DG-2018, siguiéndose los pasos que se mostrarán a continuación tomando para este ejemplo los datos de la Curva 1:

1. Con los valores establecidos, se procede a reemplazar los mismos en la siguiente ecuación, establecida por la Norma en su página 161:

$$S_a = n * \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 * \sqrt{R}}$$

Dónde:

S_a = Sobreesalto (m).

n = Número de carriles.

R = Radio de curvatura circular (m).

L = Distancia entre eje posterior y parte frontal (m).

V = Velocidad de Diseño (km/h).

$$S_a = 2 * \left(70 - \sqrt{70^2 - 18.14^2} \right) + \frac{80}{10 * \sqrt{70}} = 3.2 \text{ m}$$

➤ Cálculo de la transición del sobrancho en curvas circulares y de transición

$$S_{an} = \left(\frac{S_a}{L} \right) * l_n$$

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
1	Transición	TE	21+494.242	0.000	0.0
			21+500.000	5.758	0.5
			21+510.000	15.758	1.3
			21+520.000	25.758	2.1
			21+530.000	35.758	2.9
		EC	21+534.242	40	3.2
		CE	21+676.769	40	3.2
		ET	21+680.000	36.769	3.0
			21+690.000	26.769	2.2
			21+700.000	16.769	1.4
21+710.000	6.769		0.5		
21+716.769	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
2	Transición	TE	21+787.845	0.000	0.0
			21+790.000	2.155	0.2
			21+800.000	12.155	1.2
			21+810.000	22.155	2.2
			21+820.000	32.155	3.2
		EC	21+827.845	40	4.0
		CE	21+922.604	30	4.0
		ET	21+930.000	22.604	3.0
			21+940.000	12.604	1.7
			21+950.000	2.604	0.3
21+952.604	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
3	Transición	TE	21+979.879	0.000	0.0
			21+980.000	0.121	0.0
			21+990.000	10.121	0.7
			22+000.000	20.121	1.5
		EC	22+009.879	30	2.2
		CE	22+012.843	30	2.2
		ET	22+020.000	22.843	1.7
			22+030.000	12.843	0.9
			22+040.000	2.843	0.2
			22+042.843	0.000	0.0
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
5	Transición	TE	22+463.657	0.000	0.0
			22+470.000	6.343	0.5
			22+480.000	16.343	1.3
			22+490.000	26.343	2.1
			22+500.000	36.343	2.9
		EC	22+503.657	40	3.2
		CE	22+579.806	40	3.2
		ET	22+580.000	39.806	3.2
			22+590.000	29.806	2.4
			22+600.000	19.806	1.6
22+610.000	9.806		0.8		
22+619.806	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
6	Transición	TE	22+691.054	0.000	0.0
			22+700.000	8.946	1.0
			22+710.000	18.946	2.0
			22+720.000	28.946	3.1
			22+730.000	38.946	4.2
		EC	22+731.054	40	4.3
		CE	22+790.709	40	4.3
		ET	22+800.000	30.709	3.3
			22+810.000	20.709	2.2
			22+820.000	10.709	1.2
22+830.000	0.709		0.1		
		22+830.709	0.000	0.0	
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
7	Transición	TE	22+833.680	0.000	0.0
			22+840.000	6.320	0.7
			22+850.000	16.320	1.8
			22+860.000	26.320	2.8
			22+870.000	36.320	3.9
		EC	22+873.680	40	4.3
		CE	22+888.887	40	4.3
		ET	22+890.000	38.887	4.2
			22+900.000	28.887	3.1
			22+910.000	18.887	2.0
22+920.000	8.887		1.0		
		22+928.887	0.000	0.0	
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
8	Transición	TE	22+931.697	0.000	0.0
			22+940.000	8.303	0.6
			22+950.000	18.303	1.3
			22+960.000	28.303	2.0
			22+970.000	38.303	2.8
		EC	22+971.697	40	2.9
		CE	22+987.635	40	2.9
		ET	22+990.000	37.635	2.7
			23+000.000	27.635	2.0
			23+010.000	17.635	1.3
23+020.000	7.635		0.5		
		23+027.635	0.000	0.0	
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
9	Transición	TE	23+033.918	0.000	0.0
			23+040.000	6.082	0.7
			23+050.000	16.082	1.7
			23+060.000	26.082	2.8
			23+070.000	36.082	3.9
		EC	23+073.918	40	4.3
		CE	23+084.749	40	4.3
		ET	23+090.000	34.749	3.8
			23+100.000	24.749	2.7
			23+110.000	14.749	1.6
23+120.000	4.749		0.5		
		23+124.749	0.000	0.0	

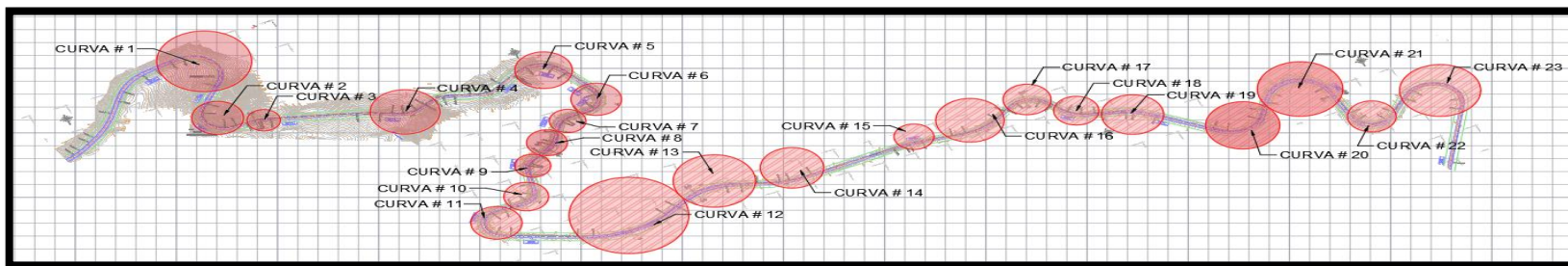
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
10	Transición	TE	23+157.294	0.000	0.0
			23+160.000	2.706	0.3
			23+170.000	12.706	1.4
			23+180.000	22.706	2.5
			23+190.000	32.706	3.5
		EC	23+197.294	40	4.3
		CE	23+232.781	40	4.3
		ET	23+240.000	32.781	3.5
			23+250.000	22.781	2.5
			23+260.000	12.781	1.4
23+270.000	2.781		0.3		
		23+272.781	0.000	0.0	
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
11	Transición	TE	23+291.928	0.000	0.0
			23+300.000	8.072	0.8
			23+310.000	18.072	1.8
			23+320.000	28.072	2.8
			23+330.000	38.072	3.8
		EC	23+331.928	40	4.0
		CE	23+440.022	40	4.0
		ET	23+450.000	30.022	3.0
			23+460.000	20.022	2.0
			23+470.000	10.022	1.0
23+480.000	0.022		0.0		
23+480.022	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
12	Transición	TE	23+646.212	0.000	0.0
			23+650.000	3.788	0.1
			23+660.000	13.788	0.4
			23+670.000	23.788	0.7
			23+680.000	33.788	0.9
		EC	23+686.212	40	1.1
		CE	23+888.755	40	1.1
		ET	23+890.000	38.755	1.1
			23+900.000	28.755	0.8
			23+910.000	18.755	0.5
23+920.000	8.755		0.2		
23+928.755	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
13	Transición	TE	23+929.026	0.000	0.0
			23+930.000	0.974	0.0
			23+940.000	10.974	0.4
			23+950.000	20.974	0.8
			23+960.000	30.974	1.2
		EC	23+969.026	40	1.5
		CE	24+085.317	40	1.5
		ET	24+090.000	35.317	1.3
			24+100.000	25.317	1.0
			24+110.000	15.317	0.6
24+120.000	5.317		0.2		
24+125.317	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
14	Transición	TE	24+164.771	0.000	0.0
			24+170.000	5.229	0.1
			24+180.000	15.229	0.3
			24+190.000	25.229	0.6
			24+200.000	35.229	0.8
			24+210.000	45.229	1.0
		24+220.000	55.229	1.2	
		EC	24+224.771	60	1.4
		CE	24+250.402	60	1.4
		ET	24+260.000	50.402	1.1
			24+270.000	40.402	0.9
			24+280.000	30.402	0.7
			24+290.000	20.402	0.5
			24+300.000	10.402	0.2
24+310.000	0.402		0.0		
24+310.402	0.000	0.0			
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
15	Transición	TE	24+551.608	0.000	0.0
			24+560.000	8.392	0.2
			24+570.000	18.392	0.5
			24+580.000	28.392	0.8
			24+590.000	38.392	1.1
		EC	24+591.608	40	1.1
		CE	24+604.699	40	1.1
		ET	24+610.000	34.699	1.0
			24+620.000	24.699	0.7
			24+630.000	14.699	0.4
			24+640.000	4.699	0.1
24+644.699	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
16	Transición	TE	24+732.848	0.000	0.0
			24+740.000	7.152	0.2
			24+750.000	17.152	0.6
			24+760.000	27.152	0.9
			24+770.000	37.152	1.3
		EC	24+772.848	40	1.4
		CE	24+880.989	40	1.4
		ET	24+890.000	30.989	1.0
			24+900.000	20.989	0.7
			24+910.000	10.989	0.4
			24+920.000	0.989	0.0
24+920.989	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreecho (m)
17	Transición	TE	24+929.012	0.000	0.0
			24+930.000	0.988	0.1
			24+940.000	10.988	0.9
			24+950.000	20.988	1.7
			24+960.000	30.988	2.5
		EC	24+969.012	40	3.2
		CE	25+047.379	40	3.2
		ET	25+050.000	37.379	3.0
			25+060.000	27.379	2.2
			25+070.000	17.379	1.4
25+080.000	7.379		0.6		
25+087.379	0.000		0.0		

N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreechanco (m)
18	Transición	TE	25+097.456	0.000	0.0
			25+100.000	2.544	0.2
			25+110.000	12.544	0.7
			25+120.000	22.544	1.3
			25+130.000	32.544	1.9
		EC	25+137.456	40	2.4
		CE	25+181.598	40	2.4
		ET	25+190.000	31.598	1.9
			25+200.000	21.598	1.3
			25+210.000	11.598	0.7
25+220.000	1.598		0.1		
25+221.598	0.000	0.0			
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreechanco (m)
19	Transición	TE	25+244.000	0.000	0.0
			25+250.000	6.000	0.2
			25+260.000	16.000	0.5
			25+270.000	26.000	0.7
			25+280.000	36.000	1.0
			25+290.000	46.000	1.3
			25+300.000	56.000	1.6
		EC	25+304.000	60	1.7
		CE	25+324.363	60	1.7
		ET	25+330.000	54.363	1.5
			25+340.000	44.363	1.3
			25+350.000	34.363	1.0
			25+360.000	24.363	0.7
			25+370.000	14.363	0.4
25+380.000	4.363		0.1		
25+384.363	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobreechanco (m)
20	Transición	TE	25+535.329	0.000	0.0
			25+540.000	4.671	0.3
			25+550.000	14.671	1.1
			25+560.000	24.671	1.8
			25+570.000	34.671	2.5
		EC	25+575.329	40	2.9
		CE	25+677.608	40	2.9
		ET	25+680.000	37.608	2.7
			25+690.000	27.608	2.0
			25+700.000	17.608	1.3
25+710.000	7.608		0.5		
25+717.608	0.000		0.0		

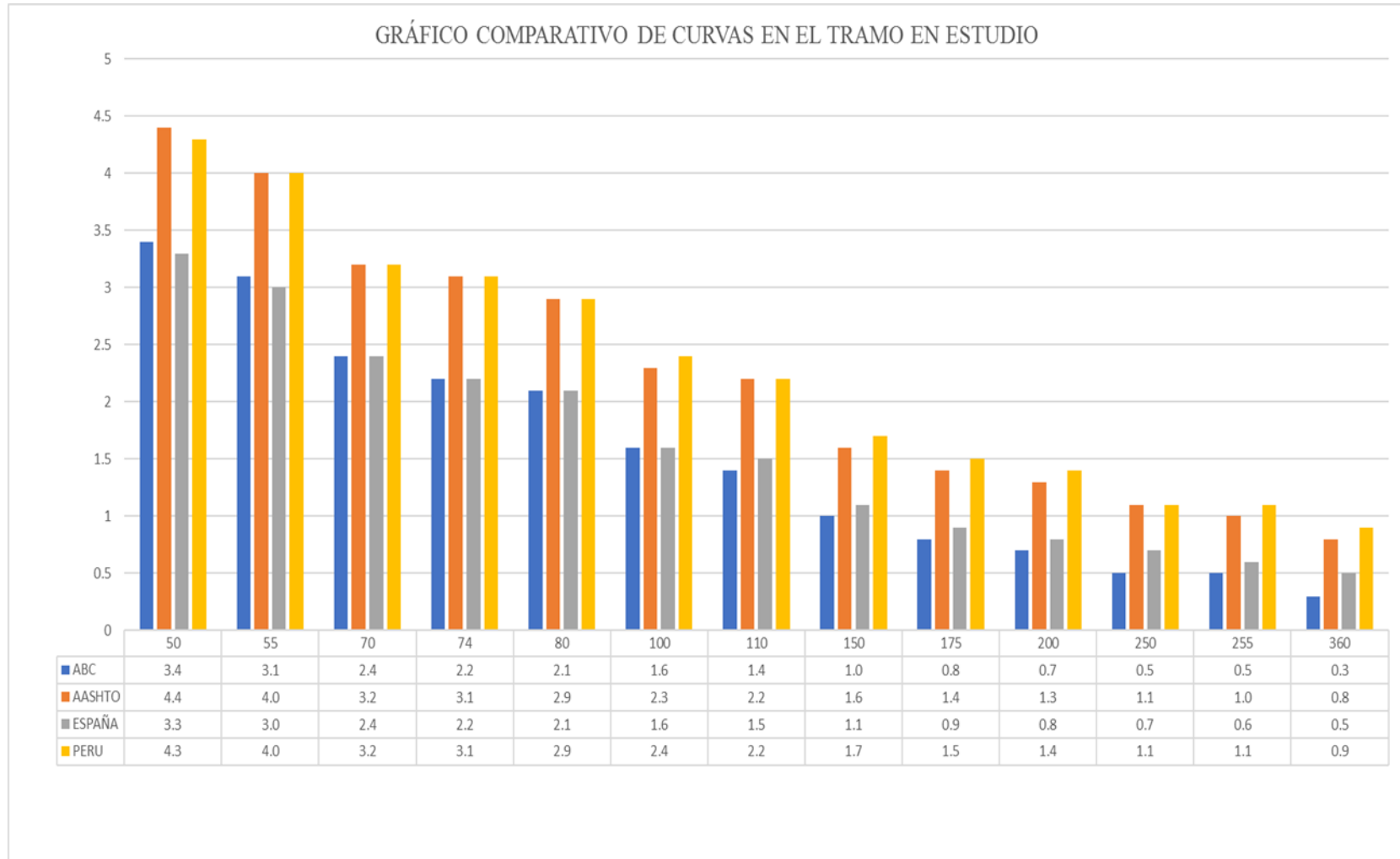
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
21	Transición	TE	25+746.016	0.000	0.0
			25+750.000	3.984	0.4
			25+760.000	13.984	1.4
			25+770.000	23.984	2.4
			25+780.000	33.984	3.4
		EC	25+786.016	40	4.0
		CE	25+958.667	40	4.0
		ET	25+960.000	38.667	3.8
			25+970.000	28.667	2.8
			25+980.000	18.667	1.9
			25+990.000	8.667	0.9
25+998.667	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
22	Transición	TE	26+079.115	0.000	0.0
			26+080.000	0.885	0.1
			26+090.000	10.885	1.2
			26+100.000	20.885	2.3
			26+110.000	30.885	3.3
		EC	26+119.115	40	4.3
		CE	26+201.970	40	4.3
		ET	26+210.000	31.97	3.5
			26+220.000	21.97	2.4
			26+230.000	11.97	1.3
			26+240.000	1.97	0.2
26+241.970	0.000		0.0		
N° de curva	Curva	Abscisa		Distancia (m)	Sobrancho (m)
23	Transición	TE	26+299.675	0.000	0.0
			26+300.000	0.325	0.0
			26+310.000	10.325	0.8
			26+320.000	20.325	1.6
			26+330.000	30.325	2.3
		EC	26+339.675	40	3.1
		CE	26+511.257	40	3.1
		ET	26+520.000	31.257	2.4
			26+530.000	21.257	1.6
			26+540.000	11.257	0.9
			26+550.000	1.257	0.1
26+551.257	0.000		0.0		

3.6. Cuadro comparativo de los sobreamchos en curvas del tramo en estudio



	Radio (m)	N° de curva	Tipo de curva	Le1 (m)	Le2 (m)	Sobreamcho calculado (m)			
						ABC	AASHTO	ESPAÑA	PERU
1	50	6	Transición	40	40	3.4	4.4	3.3	4.3
2	50	7	Transición	40	40	3.4	4.4	3.3	4.3
3	50	9	Transición	40	40	3.4	4.4	3.3	4.3
4	50	10	Transición	40	40	3.4	4.4	3.3	4.3
5	50	22	Transición	40	40	3.4	4.4	3.3	4.3
6	55	2	Transición	40	30	3.1	4.0	3.0	4.0
7	55	11	Transición	40	40	3.1	4.0	3.0	4.0
8	55	21	Transición	40	40	3.1	4.0	3.0	4.0
9	70	1	Transición	40	40	2.4	3.2	2.4	3.2
10	70	5	Transición	40	40	2.4	3.2	2.4	3.2
11	70	17	Transición	40	40	2.4	3.2	2.4	3.2
12	74	23	Transición	40	40	2.2	3.1	2.2	3.1
13	80	8	Transición	40	40	2.1	2.9	2.1	2.9
14	80	20	Transición	40	40	2.1	2.9	2.1	2.9
15	100	18	Transición	40	40	1.6	2.3	1.6	2.4
16	110	3	Transición	30	30	1.4	2.2	1.5	2.2
17	150	19	Transición	60	60	1.0	1.6	1.1	1.7
18	175	13	Transición	40	40	0.8	1.4	0.9	1.5
19	200	14	Transición	60	60	0.7	1.3	0.8	1.4
20	200	16	Transición	40	40	0.7	1.3	0.8	1.4
21	250	15	Transición	40	40	0.5	1.1	0.7	1.1
22	255	12	Transición	40	40	0.5	1.0	0.6	1.1
23	360	4	Circular	-	-	0.3	0.8	0.5	0.9

Gráfico 1. Resultados de sobrecargos agrupados por radios de menor a mayor



De acuerdo al cuadro comparativo se puede agrupar las curvas según su radio, obteniendo la siguiente lista:

- 5 curvas con radio de 50 metros (6, 7, 9,10,22), todas son curvas de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros.
- 3 curvas con radio de 55 metros (2,11,21), todas son curvas de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros a excepción de la curva 2 que tiene una longitud de transición d entrada de 40 metros y una transición de salida de 30 metros.
- 3 curvas con radio de 70 metros (1, 5,17), todas son curvas de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros.
- 1 curva con radio de 74 metros (23), es curva de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros.
- 2 curvas con radio de 80 metros (8,20), son curvas de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros.
- 1 curva con radio de 100 metros (18), es curva de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros.
- 1 curva con radio de 110 metros (3), es curva de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 30 metros.
- 1 curva con radio de 150 metros (19), es curva de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 60 metros.
- 1 curva con radio de 175 metros (9), es curva de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros.
- 2 curvas con radio de 200 metros (14,16), son curvas de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 60 metros para la curva 14 y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros para la curva 16.
- 1 curva con radio de 250 metros (15), es curva de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros.

- 1 curva con radio de 255 metros (12), es curva de transición y con una longitud de transición tanto a la entrada como a la salida de 40 metros.
- 1 curva con radio de 360 metros (4), es curva circular no cuenta con longitud de transición.

Los valores de los sobreeanchos calculados del Gráfico 1, se muestran constantes en cada uno de los radios, esto debido a que el sobreeancho depende del radio de curva y longitud del vehículo para las normativas ABC y España y para las normativas AASHTO y Perú depende además del radio de curva y la longitud del vehículo de diseño depende de la velocidad de proyecto, ancho de carril y del sobreeancho empírico y no así del desarrollo de la curva.

La metodología del trabajo se realizó a partir de la evaluación previa de expresiones matemáticas que permitieran determinar valores de sobreeancho en radios de giro que demandaran ensanchamiento de curva, garantizando el tráfico seguro de vehículos de carga, dicho estudio fue la base para desarrollar un procedimiento de cálculo manual, cuyos resultados fueron coincidentes entre sí.

Los resultados geométricos, fueron los que tuvieron el comportamiento más adecuado con respecto a sobreeanchos empíricos (Gráfico 2), y, por ende, el análisis de resultados que se presenta después de dicho análisis se enfocó en estudiar el comportamiento de sobreeanchos geométricos, obtenidos con las formulaciones vigentes, con la finalidad de seleccionar la técnica que reflejara valores óptimos.

Posteriormente, con el análisis de resultados y la información adquirida, se elaboraron herramientas gráficas que permiten con alta aproximación determinar el sobreeancho requerido por vehículos de transporte de carga para radios de giro que demanden ensanchamiento de vía.

Se establecen los radios a partir de los cuales, el sobreeancho empírico deja de incidir en el valor de sobreeancho, y, finalmente, se define el rango de valores de radio, en los que dicho sobreeancho de curva alcanza a alterar la cantidad de sobreeancho.

3.7. Análisis comparativo de resultados

A continuación, se explicará el análisis que se realizará en el proyecto, de tal forma se pueda obtener, conclusiones importantes respecto al diseño de sobrecanchos con el vehículo articulado Tracto Camión con Semirremolque.

Los datos solicitados por dichas metodologías son: distancia entre ejes del tractor, longitud del voladizo posterior del tractor, radio de curva, velocidad de proyecto, ancho del vehículo de diseño. Las expresiones para calcular el valor total del desvío nos presentan los siguientes resultados.

Para la interpretación de resultados se debe tener en cuenta las siguientes condiciones de cálculo bajo las cuales se determinó el valor de sobrecancho:

- El valor de sobrecancho se calcula para la circulación de vehículos en un solo sentido o carril.
- La cantidad de sobrecancho que se analizó, corresponde al ancho total de camino requerido por un vehículo al realizar una maniobra de giro, es decir, solo se calculó el ancho adicional que requiere un vehículo para describir la curva.
- Se evaluó la cantidad de ampliación de calzada requerida, ya que, dicha cantidad está en función de anchos adicionales de diseño, como, por ejemplo, ancho de carril, o anchos adicionales de seguridad, que, para ser implementados, dependen de características de diseño de la vía.
- La formulación para calcular el valor de sobrecancho en vehículos articulados por los diferentes métodos, parten del análisis de la trayectoria de giro de los vehículos al describir una curva, planteando las normas ABC y España ecuaciones simplificadas.
- El método AASHTO para vehículos articulados, garantiza la circulación segura de vehículos en curva, a partir de la determinación de cuatro (4) tipos de ancho:

- a. Ancho de vía de los vehículos de diseño que pueden encontrarse o pasar en la curva “U”.
 - b. Anchura lateral por vehículo “C”.
 - c. Ancho del voladizo delantero del vehículo que ocupa el carril “F_A”.
 - d. Margen de ancho de seguridad para la dificultad de conducir en curvas “Z”.
- Los sobreechamientos calculados con las normas ABC y España, no incluyen anchos adicionales de seguridad o sobreechamiento empírico.
 - Los sobreechamientos calculados con las normas AASHTO y Perú, incluyen el ancho adicional de seguridad o sobreechamiento empírico.
 - Los valores de sobreechamiento se calcularon para las dimensiones de un vehículo representativo del transporte de carga que circulan actualmente por las carreteras del departamento.
 - Conforme a los resultados obtenidos por la metodología nacional e internacionales, evidenciados en la Tabla 7, se pueden objetar similitudes en el cálculo de la variable del sobreechamiento en el caso de las normativas AASHTO y la Norma de PERÚ y similitudes entre las Normas ABC y la de ESPAÑA, mediante el uso de expresiones matemáticas anteriormente descritas de las variables evaluadas.

Se exponen los resultados del sobreechamiento, obtenidos a partir de ecuaciones matemáticas, en relación a las dimensiones del vehículo articulado de diseño, radio de curvatura, velocidad de proyecto y el ancho de carril de la vía.

En este apartado se describe lo que se necesita mostrar como resultados de dicho trabajo, identificación, así como las tablas, gráficas e interpretaciones que este conlleve tal y como se muestra a continuación:

3.7.1. Resultados de sobreanchos por diferentes metodologías

Tabla 7. Resultados de sobreanchos

Radio (m)	Sobreancho calculado(m)			
	ABC	AASHTO	ESPAÑA	PERU
50	3.4	4.4	3.3	4.3
50	3.4	4.4	3.3	4.3
50	3.4	4.4	3.3	4.3
50	3.4	4.4	3.3	4.3
50	3.4	4.4	3.3	4.3
55	3.1	4.0	3.0	4.0
55	3.1	4.0	3.0	4.0
55	3.1	4.0	3.0	4.0
70	2.4	3.2	2.4	3.2
70	2.4	3.2	2.4	3.2
70	2.4	3.2	2.4	3.2
74	2.2	3.1	2.2	3.1
80	2.1	2.9	2.1	2.9
80	2.1	2.9	2.1	2.9
100	1.6	2.3	1.6	2.4
110	1.4	2.2	1.5	2.2
150	1.0	1.6	1.1	1.7
175	0.8	1.4	0.9	1.5
200	0.7	1.3	0.8	1.4
200	0.7	1.3	0.8	1.4
250	0.5	1.1	0.7	1.1
255	0.5	1.0	0.6	1.1
360	0.3	0.8	0.5	0.9

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7, se encuentran los valores de sobreanchos calculados versus el sobreancho actual, con cada uno de los métodos seleccionados para evaluación de resultados. Cabe aclarar que para análisis de resultados se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:

- Los sobreesanchos actuales fueron proporcionados por la ABC mediante una solicitud dirigida a su gerente regional, misma que fue entregada por autorización de dicha autoridad. Los respaldos se presentan en el Anexo 1.
- El valor del sobreesancho corresponde al radio de la curva, longitud del vehículo de diseño y características de la vía.
- El valor del sobreesancho calculado con la normativa AASHTO, al igual que la normativa de Perú, los resultados de las ecuaciones implementadas son similares, ambas normativas toman en cuenta el ancho empírico de seguridad.
- El valor de sobreesancho, para las normativas ABC y España, se generan mediante ecuaciones simplificadas, tomando en cuenta la longitud del vehículo y los radios de curvatura del tramo, pero coinciden en ser cantidades con sobreesanchos similares entre metodologías.
- Se hace notar que, con los resultados expuestos, existe un déficit en el sobreesancho para el actual vehículo de diseño. Estos podrían deberse a la gran dificultad de adaptar las restricciones particulares de estos vehículos (Semitrailer) a las vías por diseñar, teniendo en cuenta es difícil conocer de forma teórica el comportamiento de estos a medida que transitan por curvas horizontales, y realizar comparaciones haciendo pruebas con diferentes vehículos conllevaría tiempos excesivos.
- En la Tabla 7, se puede observar que el sobreesancho actual para un radio de 50 metros comparado con los resultados del cálculo de la norma ABC y España, tienen una diferencia porcentual aproximada del 142.9%, a medida que el radio crece esta diferencia porcentual va disminuyendo, en radio de 70 metros la diferencia porcentual es de 118.2%, para un radio de 100 metros la diferencia es del 100%, y para radios de 250 metros la diferencia porcentual es de 0.0%.
- Los valores de sobreesanchos obtenidos con los métodos AASHTO y Perú, son mayores a los sobreesanchos actuales en radios de 50 metros, aproximadamente con una diferencia porcentual de 214.3%, para radios de 70 metros se tiene una diferencia porcentual de 190.9%, para radios de 100 metros se tiene una

diferencia porcentual de 187.5% y para radios de 250 metros la diferencia porcentual es de 120.0%.

- La diferencia entre metodologías calculadas, nos presentan diferencias porcentuales aproximadamente para radios de 50 metros de 29.4%, para radios de 70 metros la diferencia entre normas es de 33.3%, para radios de 100 metros la diferencia es de 43.7% y para radios de 250 metros la diferencia es de 120.0%
- Los 3 anteriores puntos nos indican que estas formulaciones y resultados tienen las siguientes diferencias:
 - El diseño actual de sobreanchos fue realizado con una longitud de vehículo menor a la del presente proyecto, lo que nos indica que el actual vehículo de diseño es una variable que influye en el cálculo del sobreancho, y a partir de las diferencias porcentuales se establece que el sobreancho requiere mayor ampliación a menor radio de giro.
 - La diferencia entre los resultados de las normas calculadas nos indica que el valor del sobreancho varía de forma ascendente a medida que aumenta el radio, se recuerda que para este análisis se estableció que para las normas AASHTO y Perú se tomará en cuenta el ancho de seguridad empírico, estableciendo que dicho sobreancho empírico afecta al valor del sobreancho.
 - Con respecto al método AASHTO y Perú, arroja valores de sobreancho entre un 120.0% y 214.3% mayores que los datos de la ABC y España, lo que hasta el momento las convierte en metodologías poco viables de implementación para este tipo de automotores, por el impacto presupuestal que dichos valores tendrían en el campo de la construcción.
 - Los resultados obtenidos, no son concluyentes para indicar un comportamiento esperado de sobreancho, por tanto, se requiere evaluar las condiciones de curva en las que implementar dicha metodología arrojaría valores inusuales de ensanchamiento.
 - Esta condición suscita un análisis adicional acerca del comportamiento de los valores del sobreancho. Finalmente, de acuerdo con lo descrito

en párrafos anteriores, se requiere evaluar cada uno de los métodos de cálculo, bajo las mismas condiciones para realizar un análisis más objetivo de datos, siendo estos analizados desde las mismas condiciones, esto quiere decir sin tomar en cuenta el sobreebanco de seguridad y solo calcular el valor del sobreebanco de forma geométrica.

Si solo tomamos los valores de los resultados sin adicionar el factor de seguridad empírico a las normas mencionadas, los resultados serían los siguientes:

Tabla 8. Resultados de sobreebanchos calculados por geometría

Radio (m)	Sobreebanco Calculado (m)			
	ABC	AASHTO	ESPAÑA	PERU
50	3.4	3.3	3.3	3.2
50	3.4	3.3	3.3	3.2
50	3.4	3.3	3.3	3.2
50	3.4	3.3	3.3	3.2
50	3.4	3.3	3.3	3.2
55	3.1	2.9	3.0	2.9
55	3.1	2.9	3.0	2.9
55	3.1	2.9	3.0	2.9
70	2.4	2.2	2.4	2.2
70	2.4	2.2	2.4	2.2
70	2.4	2.2	2.4	2.2
74	2.2	2.2	2.2	2.2
80	2.1	2.0	2.1	2.0
80	2.1	2.0	2.1	2.0
100	1.6	1.4	1.6	1.5
110	1.4	1.4	1.5	1.4
150	1.0	1.0	1.1	1.1
175	0.8	0.8	0.9	0.9
200	0.7	0.7	0.8	0.8
200	0.7	0.7	0.8	0.8
250	0.5	0.6	0.7	0.6
255	0.5	0.5	0.6	0.6
360	0.3	0.4	0.5	0.5

Fuente: Elaboración Propia.

- En la Tabla 8, se registran los nuevos valores de sobreebanco calculados con cada uno de los métodos seleccionados. Cabe aclarar que, debido a que los métodos AASHTO y Perú, presentan la misma formulación para determinar el sobreebanco empírico, sus resultados se registrarán únicamente con la expresión geométrica de su ecuación.
- En la Tabla anterior se puede observar que los nuevos valores de sobreebanco, son similares a los calculados con los métodos AASHTO, ABC, España y Perú, se puede concluir entonces, que, dichos métodos garantizan valores de sobreebanco en curvas.
- Los resultados presentan una diferencia porcentual entre normas, para un radio de 50 metros de 6.2%, para radios de 70 metros la diferencia porcentual es de 9.2%, para radios de 100 metros la diferencia porcentual es de 6.7% y para radios de 250 metros la diferencia porcentual es de 20%.
- La literatura nos indica que a medida que crece el radio el sobreebanco disminuye y de acuerdo a nuestra norma a partir de un radio de 250 metros, el sobreebanco puede dejar de ser imprescindible, algo que comparado con los resultados de las siguientes normas si se cumple.
- En conclusión, se puede decir que es necesario, por una parte, evaluar el comportamiento que presenta cada método bajo iguales condiciones para un rango de radios de curva, y por otra, se requiere determinar la incidencia que tiene el sobreebanco empírico de curva en el valor de sobreebanco, para distintos radios de giro.

3.7.2. Gráficos comparativos

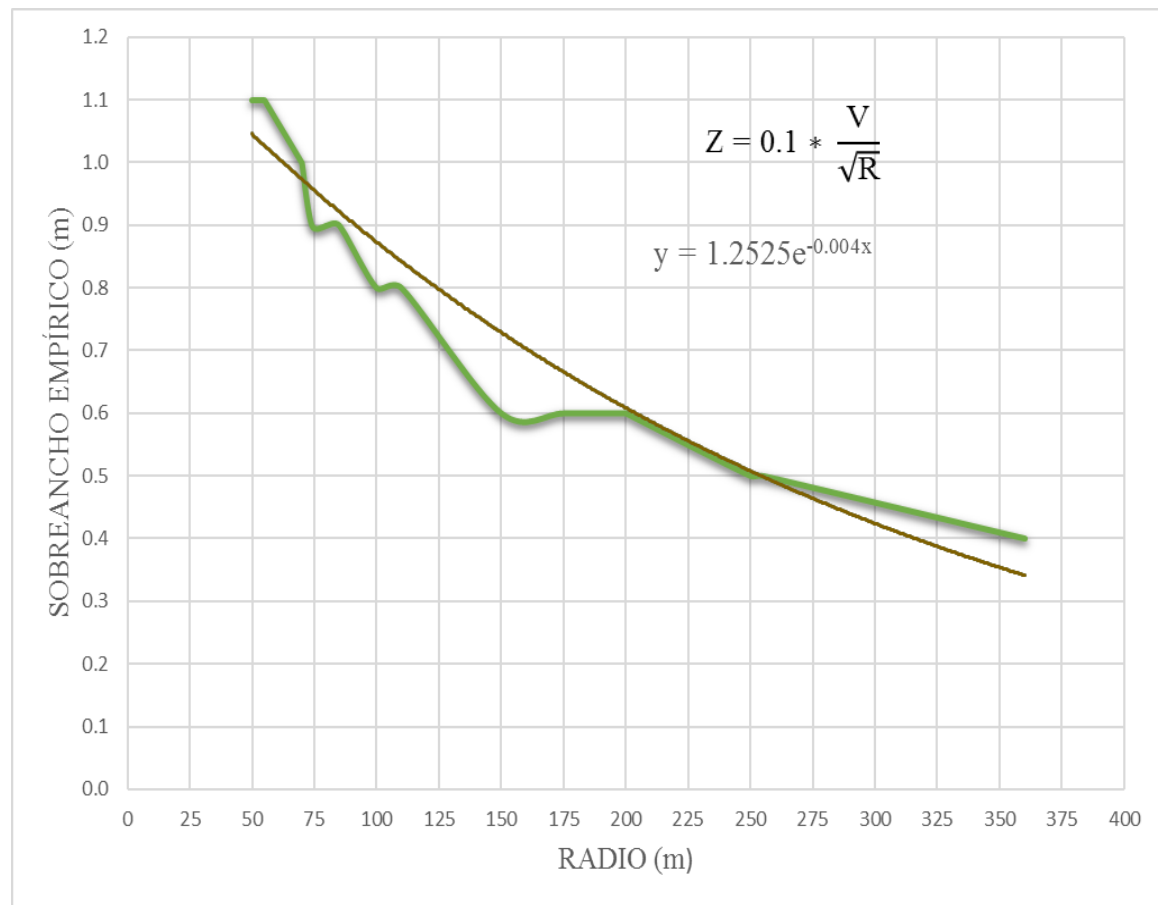
Es importante evaluar el comportamiento de ensanchamiento de calzada en presencia de radios de giro cortos y circulación de vehículos de carga, debido a que dichas condiciones de circulación, se presentan con frecuencia en las vías nacionales.

A partir de las gráficas, junto con la información de los resultados organizados se puede identificar el patrón de comportamiento efectuado por los valores de dichas variables de sobreebanco, por esta razón, se diseñaron los siguientes gráficos de análisis.

➤ **Análisis del sobrancho empírico y su influencia en radio de giro corto**

Gráfico 2. Influencia del ancho adicional de seguridad en radios de giro corto

Radio (m)	Sobrancho empírico (m)	
	AASHTO	PERU
50	1.1	1.1
50	1.1	1.1
50	1.1	1.1
50	1.1	1.1
50	1.1	1.1
55	1.1	1.1
55	1.1	1.1
55	1.1	1.1
70	1.0	1.0
70	1.0	1.0
70	1.0	1.0
74	0.9	0.9
80	0.9	0.9
80	0.9	0.9
100	0.9	0.9
110	0.8	0.8
150	0.7	0.7
175	0.6	0.6
200	0.6	0.6
200	0.6	0.6
250	0.5	0.5
255	0.5	0.5
360	0.4	0.4



Fuente: Elaboración propia.

El valor de sobreancho empírico de acuerdo a las normativas AASHTO y Perú incide tanto en la seguridad vial para la circulación adecuada de vehículos, como en la inversión requerida para la construcción de carreteras, por este motivo, los proyectistas deben conocer la formulación adecuada que permita determinar de manera óptima, segura y económica el cálculo de dicho parámetro geométrico.

El análisis de esta ecuación inicia evaluando la incidencia que tendría el término conocido como sobreancho adicional de seguridad o empírico, en el valor de sobreancho.

En el Gráfico 2, se muestra el comportamiento del sobreancho adicional de seguridad para radios con valores entre 50 a 360 metros y la velocidad escogida para el proyecto de 80 km/h. La grafica indica que el sobreancho adicional de seguridad es inversamente proporcional a la longitud del radio, y su valor converge a 1.1 metros en radios mínimos.

Lo que quiere decir que dicha variable puede generar ensanchamientos de calzada importante, en radios cortos.

Se presenta además en el Gráfico 2 la Línea de tendencia exponencial que es una línea curva que es muy útil cuando los valores de los datos aumentan o disminuyen a intervalos cada vez mayores. Una línea de tendencia de media móvil atenúa las fluctuaciones en los datos para mostrar con mayor claridad la tendencia y su respectiva ecuación.

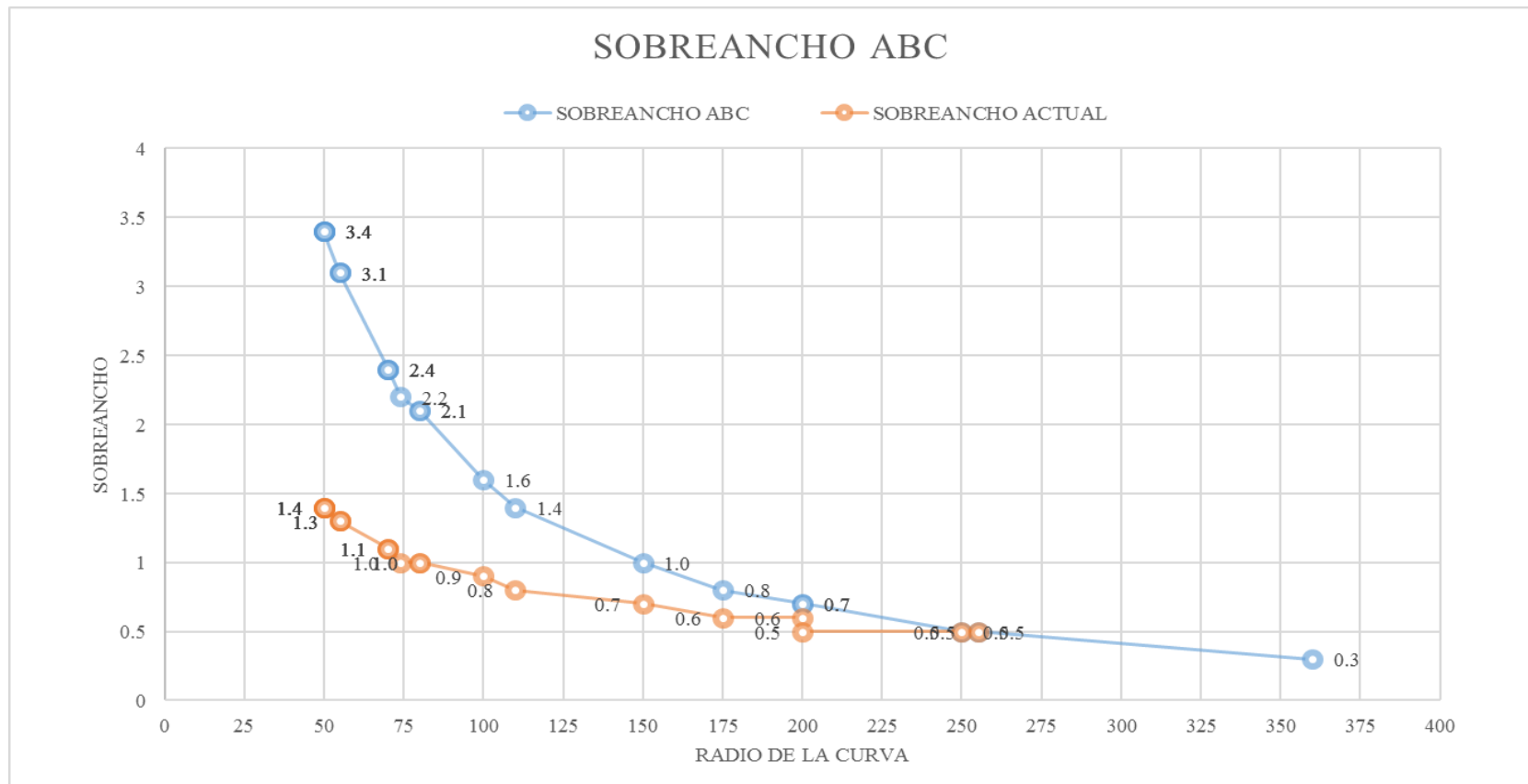
Por consiguiente, es necesario realizar un análisis de las formulaciones establecidas, a partir de la comparación de sobreanchos calculados con el fin de determinar las variables que influyen en el valor de ensanchamiento de calzada, y de esta manera establecer los lineamientos técnicos con los cuales recomendar una metodología óptima.

Los anteriores gráficos y análisis nos indican que, para el área de estudio, la adición de este sobreancho empírico podría no cumplir en lo económico, y es sabido que para que un proyecto sea factible este punto es importante de cumplir.

En los siguientes puntos se realizará un análisis de costos, mismos que nos ayudarán a definir cuanto es el incremento que se debe realizar si asumimos dicho sobreancho empírico.

➤ **Sobreancho actual vs sobreancho calculado ABC-2008**

Gráfico 3. Sobreancho actual vs sobreancho calculado normativa ABC



Fuente: Elaboración propia.

Aunque ambas curvas emplean la misma estructura en la expresión matemática, se evidencia un cambio significativo en la suma de las distancias de los ejes para el cálculo de la variable del sobreancho, reflejando diferencias acordes al radio de curvatura empleado para dicha evaluación y el actual diseño desarrollado con un vehículo de mayor dimensión. Teniendo resultados aproximados a partir del radio de 250 metros.

En el menor radio del proyecto (50 metros) se tiene una diferencia porcentual para los resultados calculado con dicho radio de 142.9% y para radios de 250 metros una diferencia porcentual de 0.0%.

Se puede notar también que la correlación entre las variables tiene una tendencia negativa con los radios inferiores al mínimo y esta tendencia cambia a partir de ese radio donde se ven valores próximos generando una tendencia positiva.

Lo último nos indica que debemos tener muy en cuenta los radios inferiores al mínimo, siendo estos los que mayor dificultad generan al momento de que los vehículos circulen por curvas con estas características.

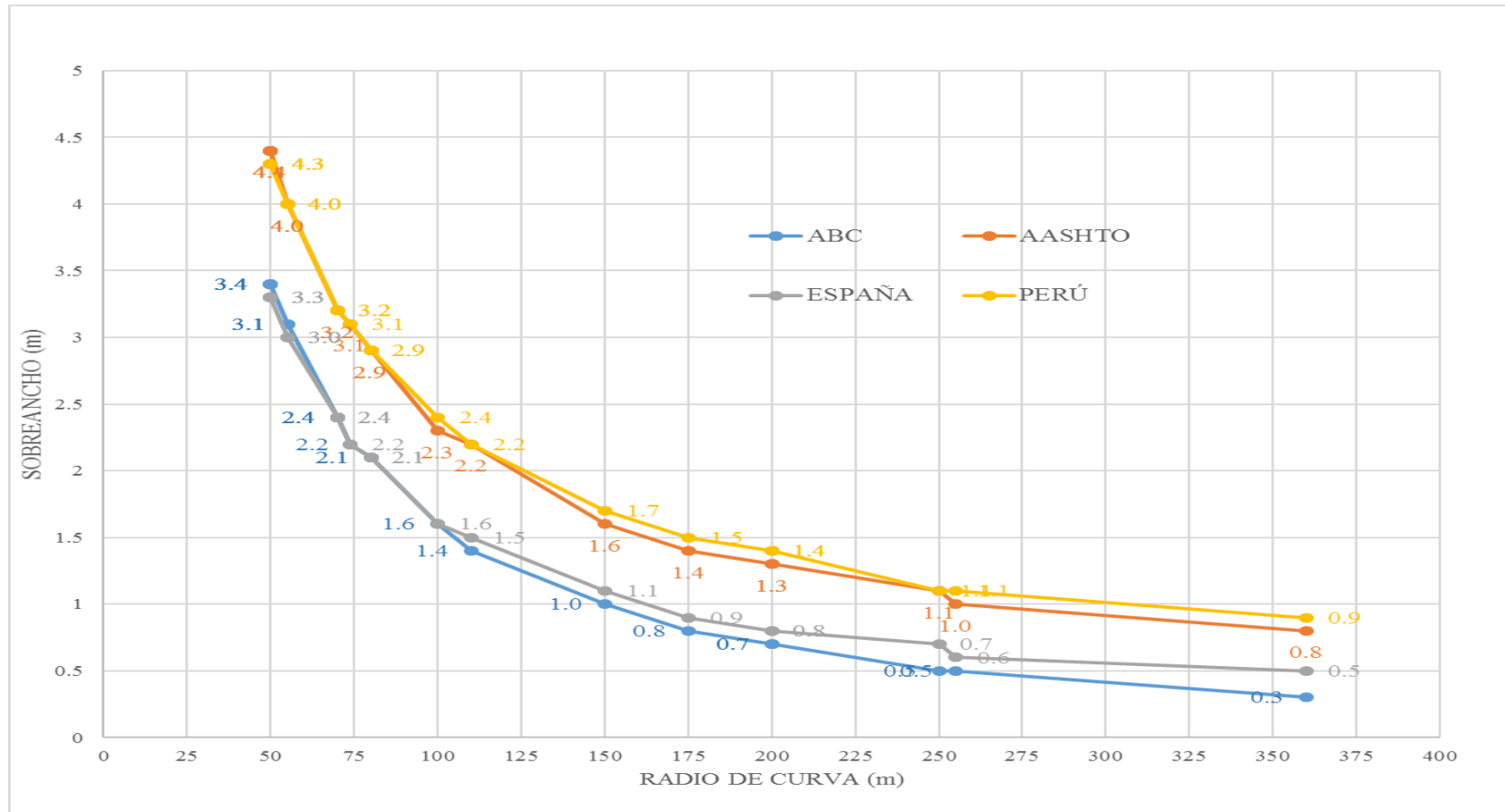
Para radios superiores al mínimo, podemos indicar de acuerdo a nuestra norma que el sobreancho mínimo es de 0.5 metros y con ayuda del gráfico, observamos que a partir de ese radio los valores son próximos a 0.5 metros disminuyendo el sobreancho a partir del crecimiento del radio.

Nuestra norma también señala el sobreancho máximo que debería usarse en el diseño es de 3 metros, algo que no ocurre debido a los radios de curvatura y la longitud del vehículo de diseño, dejando la validación de los mismos al no cumplir con los rangos de radio de límite.

Estos resultados reflejan que es la distancia entre ejes, la variable que presenta incidencia en la obtención de sobreancho por afectar directamente. De manera que, al implementar este tipo de vehículos, se podrían generar sobreanchos funcionales, pero no óptimos, ya que se requeriría mayor inversión de recursos para construir las cantidades de ensanchamiento calculadas

➤ Gráfico comparativo de los sobreelevamientos calculados

Gráfico 4. Comparación de resultados



Fuente: Elaboración propia.

Para dar más claridad al análisis de datos de la Tabla 7, a continuación, se genera el Gráfico para observar la tendencia de dichos resultados.

La información estructurada en la Tabla 7 de resultados del estudio, se proyectaron mediante gráficos de dispersión con los valores obtenidos del cálculo del sobreancho, puesto que los resultados no presentaron altos rangos de desigualdad entre la norma ABC y la norma de ESPAÑA, siendo que ambas no toman en cuenta el factor de seguridad empírico, a diferencia de la norma AASHTO y la norma de PERÚ, ambas toman en cuenta dicho factor.

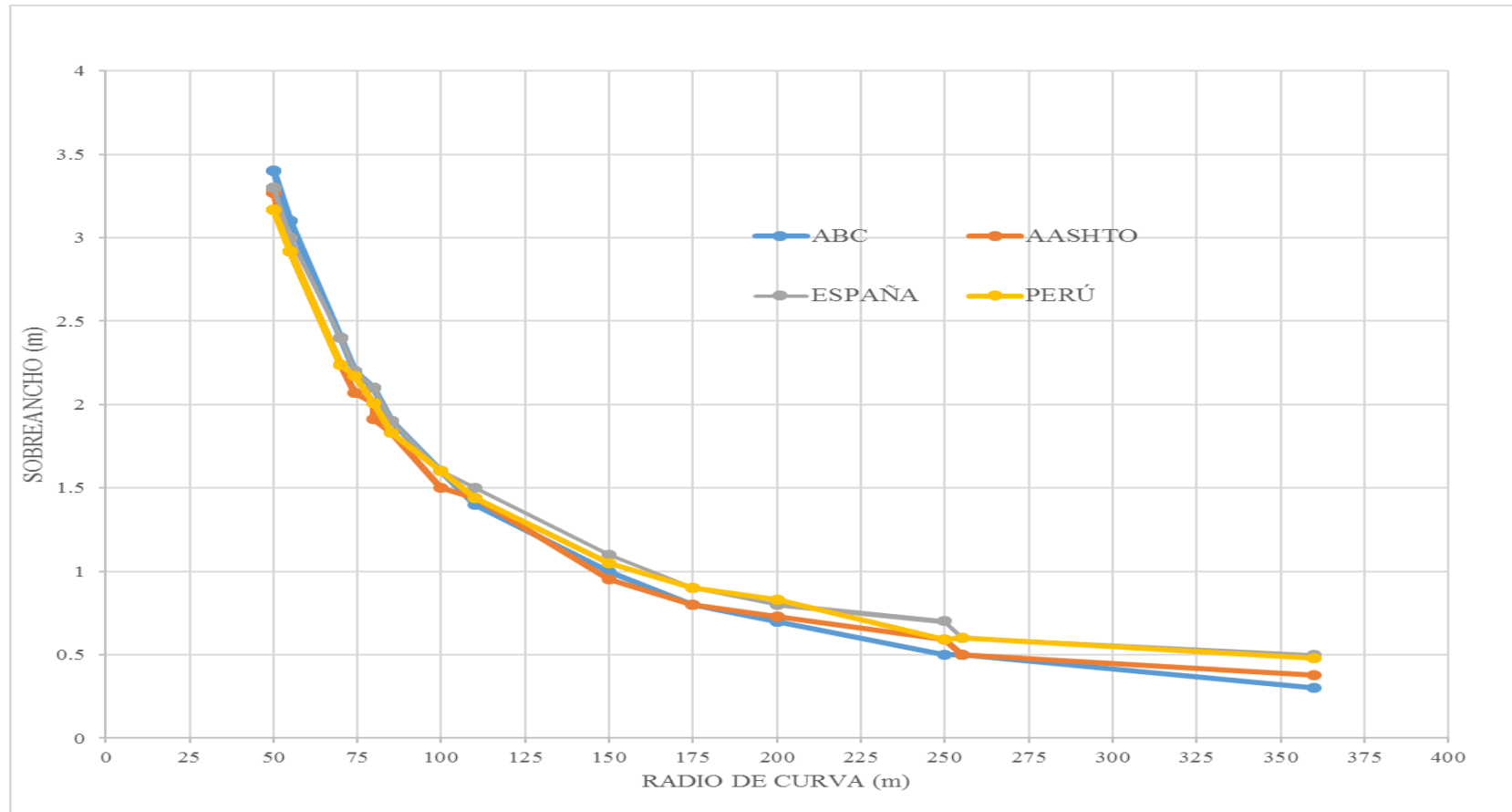
Las diferencias porcentuales entre los valores para el radio de 50 metros varían del 30.3% al 33.3%. Para el radio de 250 metros la diferencia porcentual varía entre el 57.1% al 120%.

Por otra parte, si solo se comparan los sobreanchos de la metodología AASHTO con respecto a la metodología de Perú, se podría decir que es una buena metodología en curvas con radios mayores a 250 metros, no obstante, hay que tener presente que es una formulación poco práctica porque requiere la determinación de diferentes anchos y adicionando el sobreancho de seguridad, convirtiéndose de esta manera, en un procedimiento tedioso, en especial cuando la unidad tractora del vehículo es más larga que la unidad de remolque, es decir, cuando el punto de articulación del vehículo se sitúa lejano del parachoques delantero.

A razón de lo anterior, en la Tabla 8, se registran las cantidades de sobreanchos calculados a partir del método geométrico (metodología que presenta mayor precisión en la obtención de resultados), requerido por el vehículo de diseño. En el Gráfico 5, se especifican los radios mínimos de giro para los cuales, dejan de afectar el valor de sobreancho.

➤ **Gráfico comparativo de los sobreeschancos calculados (sin sobreeschanco empírico)**

Gráfico 5. Comparación de resultados (sin sobreeschanco empírico)



Fuente: Elaboración propia.

El análisis de información requerida se realizará por medio de la comparación de sobreamchos calculados, teniendo presente que las ventajas claras del método de la ABC son: primero, la ecuación planteada para el cálculo de sobreamchos parte de los lineamientos expuestos por la AASHTO, y segundo, la ecuación planteada para el vehículo de diseño del presente proyecto parte de un análisis de trayectoria de giro con las características de dicho vehículo, es decir, permite la obtención de sobreamchos de forma simplificada.

En las formulaciones expuestas en el Capítulo II, se observa que la diferencia entre las mismas es el sobreamcho empírico, se procedió a realizar una comparación tomando únicamente los sobreamchos geométricos que proponen las 4 normas. Con los resultados expuestos en la Tabla 8, y con la ayuda del gráfico de dispersión se puede observar que los rangos, no tienen altas las diferencias porcentuales, varían para el radio de 50 metros entre 3.0% y 6.2 %. Y para los radios a partir del mínimo de 250 metros la diferencia porcentual varía un 20% y 40 %.

Comparando los Gráficos 4 y 5, se indica que el sobreamcho empírico incide con altos rangos de diferencia porcentual los resultados del cálculo del sobreamcho, afectando principalmente a los radios de curva inferiores a los mínimos (>250 metros).

Se observa que, para curvas de radios pequeños, se tiene una mayor diferencia cuando solo se comparó los resultados sin tomar en cuenta el sobreamcho empírico conforme a los parámetros de evaluación. Por ello, una proyección de los resultados permite un mejor análisis del comportamiento que genera las variables de sobreamcho para un vehículo articulado.

Para una mejor visualización se presenta los siguientes gráficos en forma de barras para observar la diferencia porcentual que existe en los resultados de los sobreamchos adicionando el sobreamcho empírico y sin tomarlo en cuenta. Esto solo se hará notar para los radios inferiores al mínimo en un rango de 50 a 100 metros. Siendo estos los que mayor dificultad presentan en sus resultados.

La diferencia porcentual se la hará comparando los resultados de las normas internacionales con nuestra norma.

En la figura anterior se evidencia que el valor de sobreancho tiende a ser la misma cantidad en radios de curva mayor a 250 metros.

También se puede observar que, en radios de giro cortos, es importante tener en cuenta el sobreancho de seguridad, ya que, para un radio de 50 metros, se requiere un ensanchamiento de 4.3 metros, pero, para un radio de 250 metros se requiere un sobreancho de 1.1 metros. Lo que significa que, para radios de giro corto, el sobreancho puede variar hasta 3.2 metros. Asimismo, en la gráfica se destaca que, en radios mayores a 250 metros, el valor de sobreancho deja de depender de la longitud del vehículo de diseño.

Se podría decir entonces que para vehículos con dimensiones del Semitrailer analizado, el valor sobreancho puede ser calculado con las formulaciones de la normativa AASHTO y Perú, en curvas cuyo valor de radio sea mayor a 250 metros, de lo contrario, su valor debe ser generado con una formulación simple sino se desea sobrestimar valores de sobreancho.

Referente a la normativa ABC, nuevamente se puede decir que es una formulación que presenta buen comportamiento con respecto a los datos, incluso hasta en radios cortos, donde sus valores no difieren más de 10 cm para radios de 50 metros.

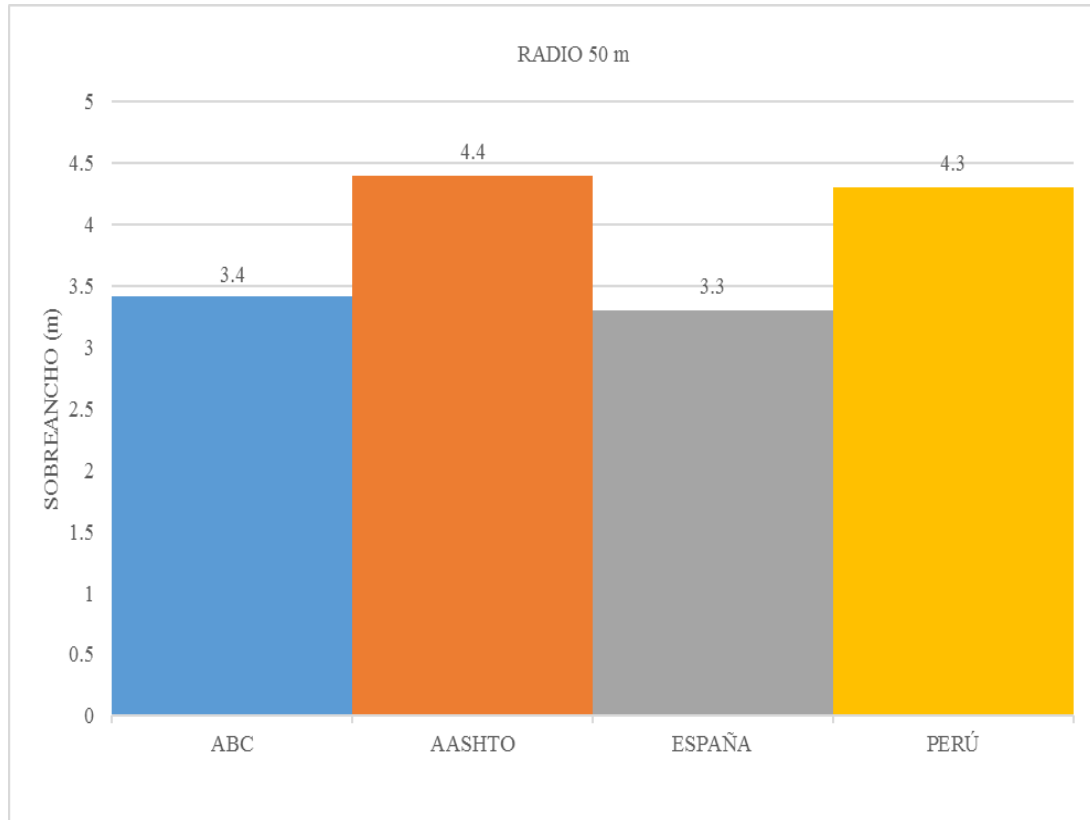
Por otra parte, si solo se comparan los sobreanchos del método AASHTO con respecto a la normativa de Perú, se podría decir que es una buena metodología en curvas con radios mayores a 250 metros, no obstante, hay que tener presente que es una formulación poco práctica porque requiere la determinación de acuerdo con lo descrito, diferentes anchos y adicionar el sobreancho de seguridad.

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos tanto para vehículos articulados, se puede concluir; por una parte, que la normativa ABC es el procedimiento recomendado para obtener sobreancho en cualquier tipo de vehículo por la precisión

de resultados y por no condicionar la implementación de sobrecanchos adicionales de seguridad, y por otra, se requiere establecer por qué en los radios menores a 250 metros la cantidad de sobrecancho varía de forma significativa con respecto a los resultados presentados por las normativas AASHTO y Perú para cualquier tipo de vehículo en cada una de las formulaciones.

➤ **Gráfico comparativo para radios con un rango de 50 a 100 metros**

Gráfico 6. Gráfico comparativo radio de 50 metros



Fuente: Elaboración propia.

Se observa la similitud en los resultados de las normas ABC y ESPAÑA, lo mismo se presenta para las normas AASHTO Y PERÚ.

En este gráfico se toma en cuenta el sobreebanco empírico.

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma AASHTO es:

29.4%

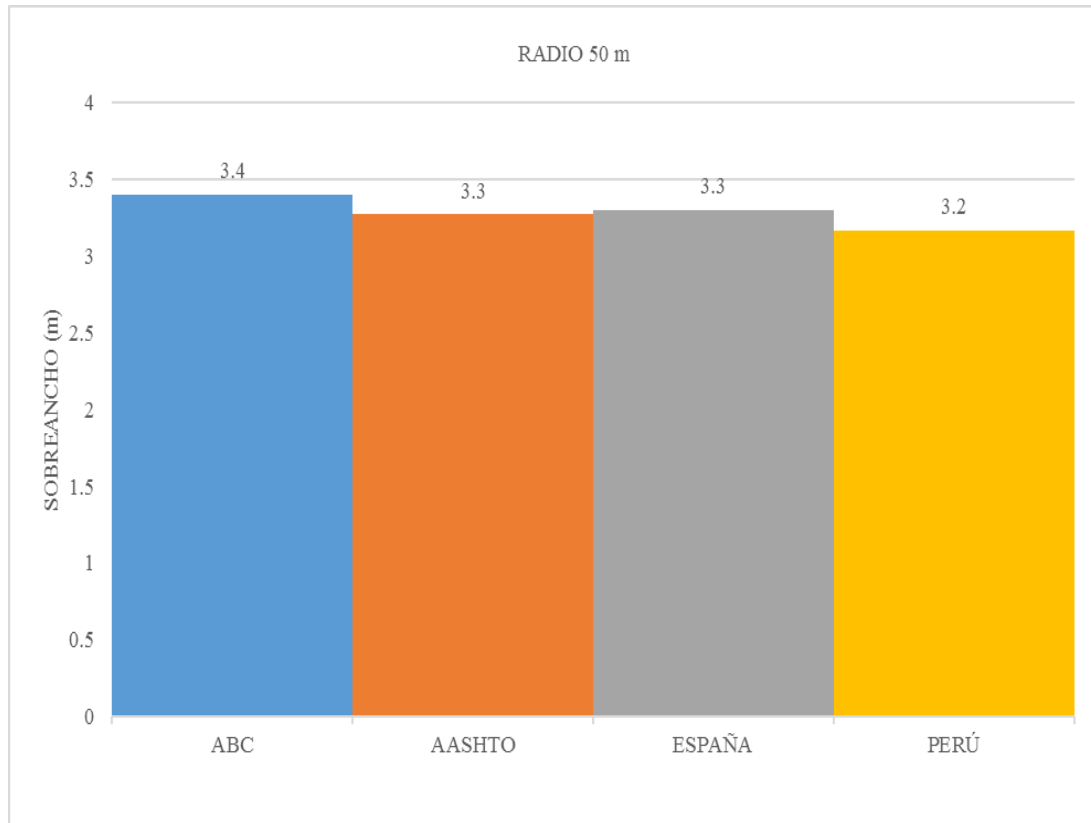
La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de ESPAÑA es:

2.9%

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de PERÚ es:

26.5%

Gráfico 7. Gráfico comparativo radio de 50 metros



Fuente: Elaboración propia.

Se observa la similitud en los resultados de las normas.

En este gráfico no se toma en cuenta el sobreebancho empírico.

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma AASHTO es:

2.9%

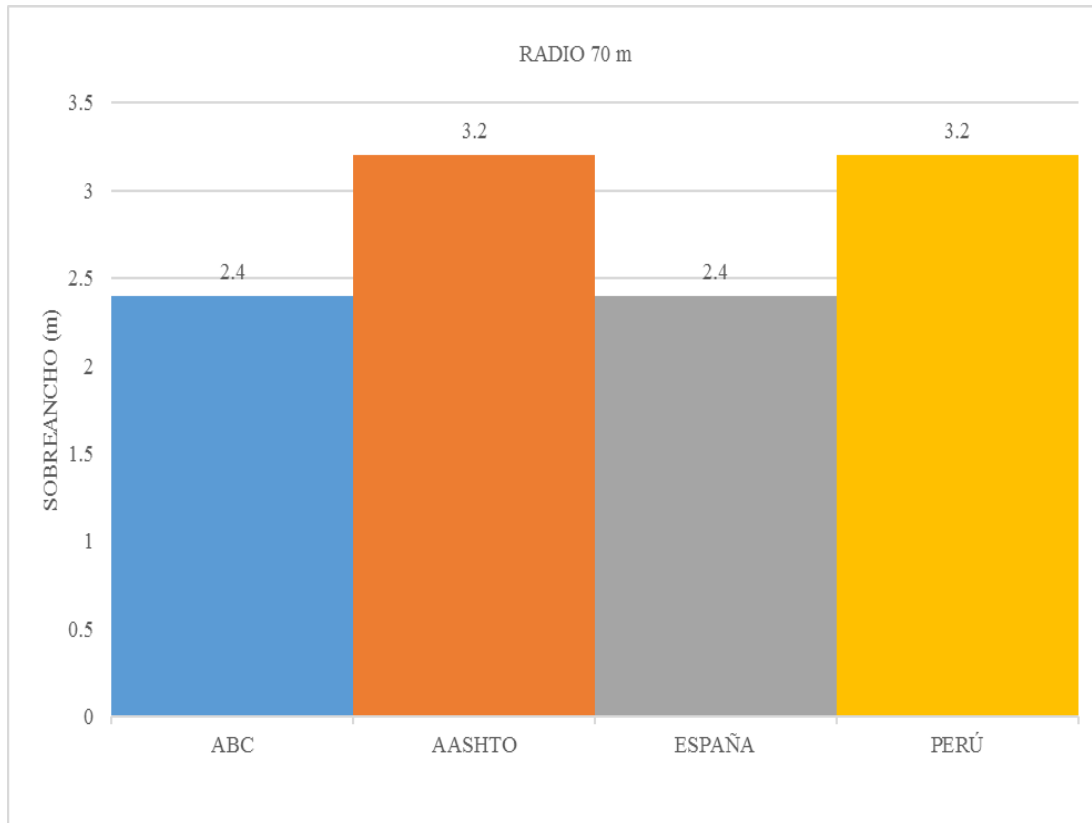
La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de ESPAÑA es:

2.9%

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de PERÚ es:

5.9%

Gráfico 8. Gráfico comparativo radio de 70 metros



Fuente: Elaboración propia.

Se observa la similitud en los resultados de las normas ABC y ESPAÑA, lo mismo se presenta para las normas AASHTO Y PERÚ.

En este gráfico se toma en cuenta el sobreelevación empírico.

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma AASHTO es:

33.3%

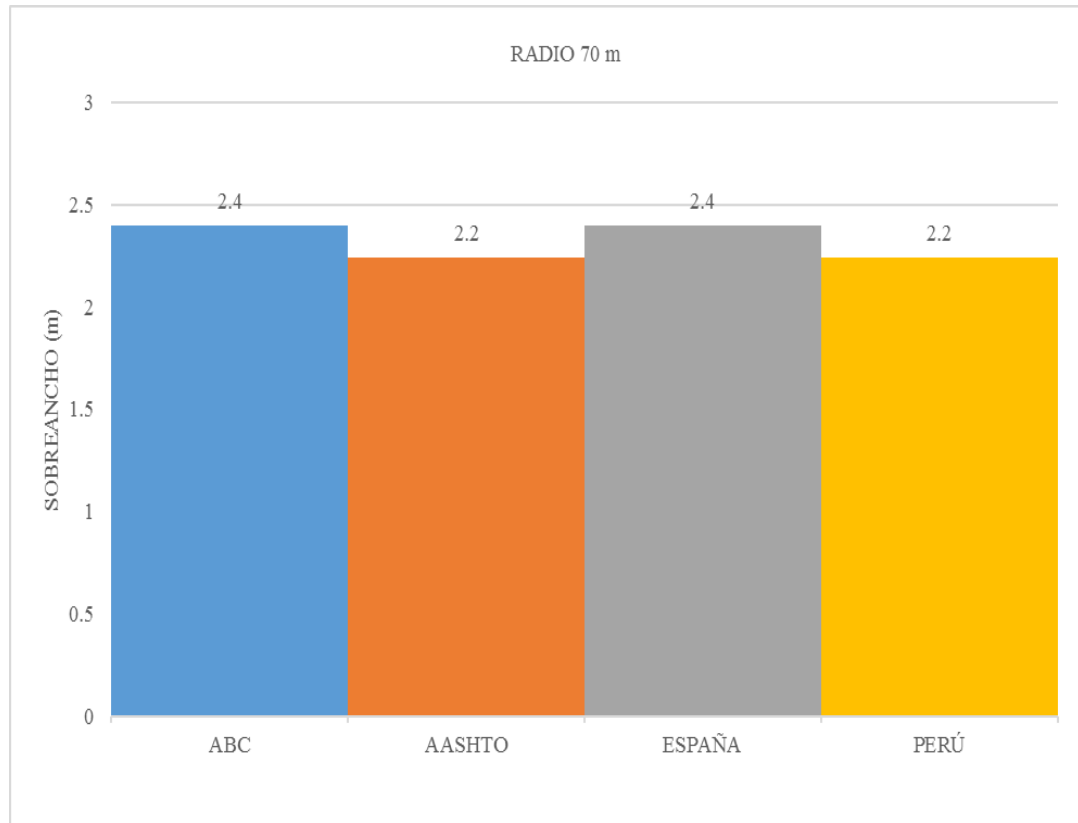
La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de ESPAÑA es:

0.0%

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de PERÚ es:

33.3%

Gráfico 9. Gráfico comparativo radio de 70 metros



Fuente: Elaboración propia.

Se observa la similitud en los resultados de las normas.

En este gráfico no se toma en cuenta el sobreebancho empírico.

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma AASHTO es:

8.3%

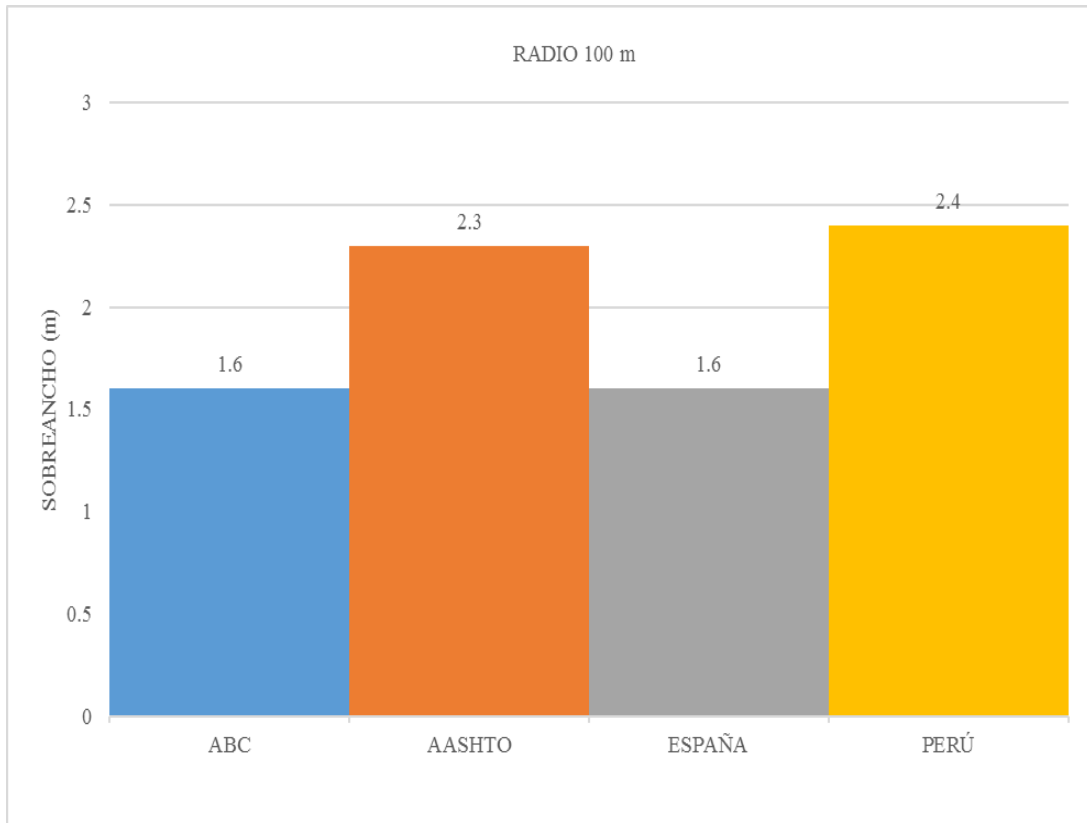
La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de ESPAÑA es:

0.0%

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de PERÚ es:

8.3%

Gráfico 10. Gráfico comparativo radio de 100 metros



Fuente: Elaboración propia.

Se observa la similitud en los resultados de las normas ABC y ESPAÑA, lo mismo se presenta para las normas AASHTO Y PERÚ.

En este gráfico se toma en cuenta el sobreelevamiento empírico.

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma AASHTO es:

42.1%

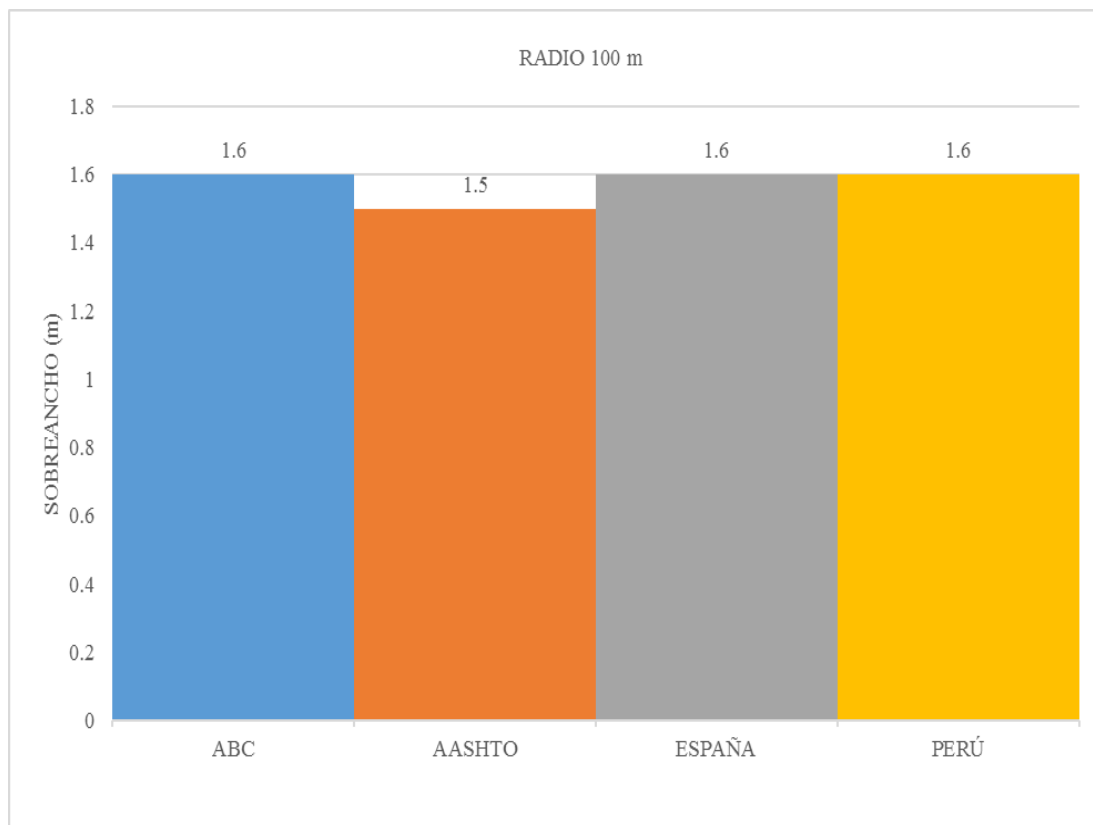
La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de ESPAÑA es:

0.0%

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de PERÚ es:

42.1%

Gráfico 11. Gráfico comparativo radio de 100 metros



Fuente: Elaboración propia.

Se observa la similitud en los resultados de las normas.

En este gráfico no se toma en cuenta el sobreebancho empírico.

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma AASHTO es:

6.3%

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de ESPAÑA es:

0.0%

La diferencia porcentual entre nuestra norma y la norma de PERÚ es:

0.0%

Con estos gráficos podemos observar que la tendencia de sobreanchos con altos rangos de diferencia ocurre con la aplicación del sobreancho empírico y radios de curvatura inferiores al mínimo.

Para los gráficos con resultados en los cuales no se toma en cuenta el sobreancho empírico, podemos observar la similitud en las 4 normas y a medida que el radio crece los valores se asemejan hasta obtener diferencias porcentuales de 0.0%.

3.8. Análisis comparativo de costos debido al incremento del sobreancho

En este punto, se realizará un análisis comparativo de costos debido al incremento del sobreancho de acuerdo a los resultados de cálculo de las metodologías seleccionadas para el proyecto.

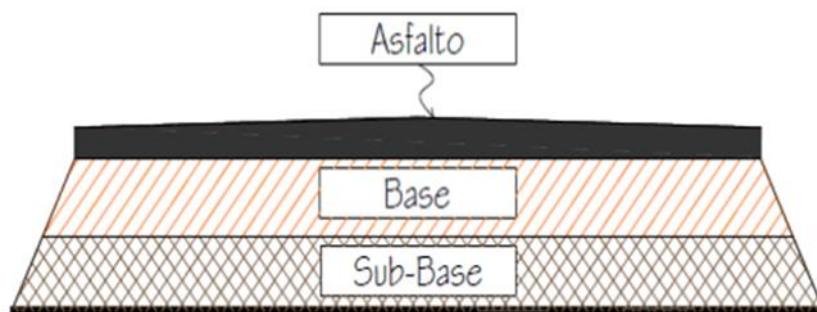
Para llevar a cabo el estudio comparativo de costos, se tomaron en cuenta únicamente los costos de ejecución que llevaría a cabo la ampliación del sobreancho. Es así como se analizará, con los resultados determinados del proyecto; obteniéndose el costo total de ejecución y, por consiguiente, concluyendo con la mejor alternativa.

3.8.1. Especificaciones

3.8.1.1. Sección del pavimento

Se establecen las características de las capas que conforman el pavimento en el tramo en estudio:

Figura 33. Sección del pavimento en el tramo en estudio



Fuente: Google.

- Espesor de capa sub base de 0.20 metros, según diseño y especificaciones de la ABC.
- Espesor de capa de base de 0.15 metros, según diseño y especificaciones de la ABC.
- Capa de rodadura de concreto asfáltico en caliente, según diseño y especificaciones de la ABC, 6 centímetros de espesor.

De acuerdo con las anteriores especificaciones, el espesor de la carpeta no varía para para ninguna de las curvas, al igual que en el caso de la base y la sub-base que poseen los mismos espesores.

3.8.1.2. Secciones transversales

A partir de las secciones transversales se podrá obtener las siguientes secciones:

- De corte, de relleno, de corte y relleno.

De acuerdo a la normativa ABC, las secciones transversales deben dibujarse cada 10 metros, asumiendo este criterio se presenta las secciones de las 3 curvas que se desarrolló para el análisis de costos.

3.8.1.3. Cálculo de áreas

Con las secciones transversales se calcula el área mediante el empleo del programa AutoCAD Civil 3d, método computarizado basado en el método Aritmético.

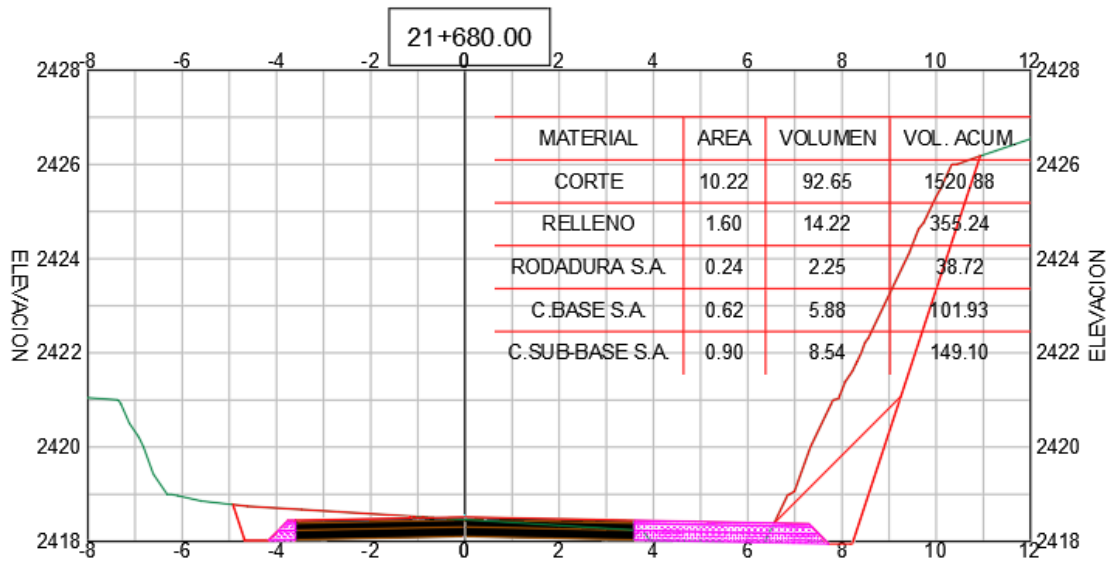
3.8.1.4. Cálculo de volúmenes

Una vez obtenidos las áreas de corte/relleno de las secciones transversales, se procede a determinar los volúmenes de corte y/o relleno, necesarios entre cada abscisa para la que exista una sección transversal.

A continuación, se muestra como ejemplo del trabajo realizado, una sección transversal de la curva 1, generada con los resultados de la normativa ABC y el levantamiento topográfico del punto 3.2.

Todas las secciones transversales que se generaron con los resultados de las normativas empleadas para el proyecto, cuentan con una tabla donde se indica la cantidad de movimiento de tierra y los volúmenes de las caspas sub base, base y rodadura (Anexo 8 –Anexo 11).

Figura 34. Sección transversal para análisis de costos



Fuente: Elaboración propia.

➤ **Datos de Curvas:**

Tabla 9. Datos de las curvas para análisis de costos

Curva	Tipo de curva	Radio (m)	L _{e1} (m)	L _{e2} (m)	Progresivas de sobreebanco			
					TE	EC	CE	ET
1	Transición	70	40	40	21+500	21+540	21+680	21+720
11	Transición	55	40	40	23+300	23+340	23+440	23+480
21	Transición	55	40	40	25+750	25+790	25+740	26+000

Fuente: Elaboración propia.

3.8.2. Cómputos métricos para ampliación de sobrancho norma ABC

➤ **Curva 1:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobrancho			Capa base para sobrancho			Rodadura para sobrancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
21+470.00	0.32	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+480.00	0.32	0.74	3.25	3.93	3.25	3.93	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+500.00	0.10	1.36	4.29	20.98	7.54	24.91	17.37	0.27	2.66	2.66	0.15	1.46	1.46	0.05	0.46	0.46
21+510.00	0.24	0.47	1.71	9.13	9.25	34.04	24.79	0.39	3.27	5.93	0.24	1.92	3.37	0.08	0.64	1.10
21+520.00	1.63	0.71	9.20	5.69	18.44	39.73	21.28	0.51	4.41	10.35	0.33	2.77	6.15	0.12	0.99	2.09
21+530.00	1.76	5.56	16.39	29.31	34.83	69.03	34.21	0.66	5.63	15.98	0.44	3.69	9.84	0.17	1.36	3.45
21+540.00	2.88	1.70	22.06	33.63	56.89	102.66	45.78	0.67	6.32	22.30	0.45	4.22	14.06	0.17	1.57	5.02
21+550.00	3.13	1.63	28.46	16.00	85.34	118.66	33.31	0.67	6.36	28.66	0.45	4.24	18.30	0.17	1.58	6.61
21+560.00	2.37	1.79	26.01	16.38	111.35	135.04	23.69	0.67	6.36	35.01	0.45	4.24	22.54	0.17	1.58	8.19
21+570.00	1.72	2.11	19.37	18.83	130.72	153.87	23.14	0.67	6.36	41.37	0.45	4.24	26.78	0.17	1.58	9.77
21+580.00	2.12	2.14	18.20	20.67	148.92	174.53	25.61	0.67	6.36	47.72	0.45	4.24	31.02	0.17	1.58	11.36
21+590.00	2.46	2.20	21.66	21.02	170.58	195.55	24.97	0.67	6.36	54.08	0.45	4.24	35.27	0.17	1.58	12.94
21+600.00	2.75	2.32	24.48	21.97	195.06	217.52	22.46	0.67	6.36	60.44	0.45	4.24	39.51	0.17	1.58	14.53
21+610.00	2.01	2.18	22.35	21.86	217.41	239.38	21.97	0.67	6.36	66.79	0.45	4.24	43.75	0.17	1.58	16.11
21+620.00	1.30	2.65	15.63	23.43	233.04	262.80	29.76	0.67	6.36	73.15	0.45	4.24	47.99	0.17	1.58	17.69
21+630.00	2.00	2.41	15.61	24.49	248.65	287.30	38.64	0.67	6.36	79.50	0.45	4.24	52.23	0.17	1.58	19.28
21+640.00	2.44	2.30	21.01	22.66	269.66	309.95	40.29	0.67	6.36	85.86	0.45	4.24	56.47	0.17	1.58	20.86
21+650.00	2.89	2.16	25.10	21.47	294.76	331.42	36.66	0.67	6.36	92.21	0.45	4.24	60.72	0.17	1.58	22.44
21+660.00	1.34	2.26	19.93	21.34	314.69	352.77	38.08	0.67	6.36	98.57	0.45	4.24	64.96	0.17	1.58	24.03
21+670.00	1.34	2.52	12.71	23.07	327.40	375.84	48.44	0.67	6.36	104.93	0.45	4.24	69.20	0.17	1.58	25.61
21+680.00	1.54	2.50	13.63	24.18	341.03	400.02	58.99	0.67	6.35	111.28	0.45	4.24	73.44	0.17	1.58	27.19
21+690.00	1.36	0.87	13.89	16.65	354.92	416.67	61.75	0.52	5.70	116.98	0.33	3.75	77.18	0.12	1.38	28.58
21+700.00	0.14	1.16	7.29	10.31	362.21	426.98	64.77	0.42	4.56	121.54	0.26	2.88	80.07	0.09	1.03	29.61
21+710.00	0.09	0.77	1.13	9.66	363.34	436.64	73.30	0.28	3.46	124.99	0.16	2.06	82.12	0.05	0.70	30.31
21+720.00	0.19	0.37	1.42	5.68	364.77	442.32	77.56	0.00	1.41	126.41	0.00	0.79	82.91	0.00	0.25	30.56
21+740.00	0.26	0.13	4.53	4.96	369.30	447.29	77.99	0.00	0.00	126.41	0.00	0.00	82.91	0.00	0.00	30.56
21+760.00	0.00	0.68	2.59	8.04	371.89	455.32	83.44	0.00	0.00	126.41	0.00	0.00	82.91	0.00	0.00	30.56
21+760.09	0.00	0.69	0.00	0.06	371.89	455.39	83.50	0.00	0.00	126.41	0.00	0.00	82.91	0.00	0.00	30.56

Cálculos pavimentación curva 1	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	126.41 m ³
Base de Material Granular	82.91 m ³
Carpeta de Concreto Asfáltico	30.56 m ³
Imprimación Ejecución:	
Esesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volúmen de Carpeta / Espesor	407.47 m ²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	81.49 m ²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación:	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m ²)	488.96 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga:	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m ²)	48.90 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga:	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m ³)	4.58 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
Item		Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m ³]	126.41	16.10	2035.20
2	Base de Material Granular	[m ³]	82.91	20.84	1727.84
3	Imprimación - Ejecución	[m ²]	407.47	0.35	142.61
4	Riego de Liga - Ejecución	[m ²]	81.49	0.30	24.45
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m ³]	30.56	125.27	3828.25
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	488.96	1.02	498.74
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	48.90	1.11	54.27
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros	[ton]	4.58	1116.98	5120.24
9	Transporte de Material Granular	[m ³ -km]	239.88	0.29	69.57
					\$13,501.17

➤ **Curva 11:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreancho			Capa base para sobreancho			Rodadura para sobreancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
23+280.00	0.01	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23+300.00	0.55	0.77	5.58	12.53	5.58	12.53	6.95	0.32	3.23	3.23	0.19	1.89	1.89	0.06	0.63	0.63
23+310.00	0.83	0.85	6.75	8.29	12.32	20.82	8.49	0.50	4.05	7.28	0.32	2.50	4.39	0.12	0.88	1.51
23+320.00	1.57	1.01	11.44	9.65	23.77	30.47	6.70	0.64	5.47	12.76	0.42	3.58	7.96	0.16	1.31	2.82
23+330.00	2.92	1.44	20.58	12.90	44.35	43.37	-0.98	0.81	6.80	19.56	0.56	4.58	12.54	0.21	1.72	4.54
23+340.00	2.80	1.57	25.49	15.96	69.84	59.33	-10.51	0.81	7.46	27.02	0.56	5.08	17.62	0.21	1.92	6.47
23+350.00	2.25	1.66	22.50	17.15	92.33	76.48	-15.85	0.81	7.45	34.47	0.56	5.07	22.69	0.21	1.92	8.39
23+360.00	2.44	1.71	20.84	17.87	113.17	94.35	-18.82	0.81	7.45	41.91	0.56	5.07	27.76	0.21	1.92	10.31
23+370.00	2.16	1.66	20.43	17.83	133.60	112.18	-21.42	0.81	7.45	49.36	0.56	5.07	32.82	0.21	1.92	12.22
23+380.00	2.30	1.80	19.83	18.34	153.43	130.52	-22.91	0.81	7.45	56.80	0.56	5.07	37.89	0.21	1.92	14.14
23+390.00	1.42	1.83	16.55	19.23	169.97	149.75	-20.22	0.81	7.45	64.25	0.56	5.07	42.96	0.21	1.92	16.06
23+400.00	2.14	1.86	15.96	19.55	185.93	169.29	-16.63	0.81	7.45	71.69	0.56	5.07	48.03	0.21	1.92	17.98
23+410.00	2.13	1.85	19.11	19.68	205.04	188.97	-16.06	0.81	7.45	79.14	0.56	5.07	53.09	0.21	1.92	19.90
23+420.00	1.03	2.44	14.16	21.78	219.20	210.75	-8.45	0.81	7.45	86.59	0.56	5.07	58.16	0.21	1.92	21.82
23+430.00	1.53	1.66	11.64	20.77	230.84	231.52	0.68	0.81	7.45	94.03	0.56	5.07	63.23	0.21	1.92	23.74
23+440.00	2.17	1.47	16.76	16.65	247.60	248.17	0.57	0.81	7.45	101.48	0.56	5.07	68.29	0.21	1.92	25.66
23+450.00	2.01	1.28	19.07	14.58	266.67	262.75	-3.93	0.72	7.10	108.58	0.48	4.81	73.10	0.18	1.81	27.47
23+460.00	0.18	1.13	10.25	12.41	276.92	275.16	-1.76	0.55	6.05	114.62	0.36	4.01	77.11	0.13	1.49	28.96
23+470.00	0.10	1.53	1.36	13.41	278.29	288.57	10.28	0.36	4.47	119.09	0.22	2.82	79.92	0.08	1.01	29.96
23+480.00	0.00	1.96	0.52	17.46	278.80	306.03	27.23	0.20	2.79	121.88	0.09	1.55	81.48	0.02	0.50	30.46
23+500.00	0.00	1.87	0.00	38.25	278.80	344.28	65.48	0.00	1.97	123.85	0.00	0.94	82.42	0.00	0.25	30.71
23+520.00	0.00	1.75	0.00	36.18	278.80	380.46	101.66	0.00	0.00	123.85	0.00	0.00	82.42	0.00	0.00	30.71
23+540.00	0.00	0.63	0.01	23.78	278.81	404.24	125.43	0.00	0.00	123.85	0.00	0.00	82.42	0.00	0.00	30.71
23+540.92	0.00	0.55	0.00	0.55	278.81	404.78	125.97	0.00	0.00	123.85	0.00	0.00	82.42	0.00	0.00	30.71

Cálculos pavimentación curva 11	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	123.85 m ³
Base de Material Granular	82.42 m ³
Carpeta de Concreto Asfáltico	30.71 m ³
Imprimación Ejecución:	
Espesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volúmen de Carpeta / Espesor	409.47 m ²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	81.89 m ²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m ²)	491.36 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m ²)	49.14 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m ³)	4.61 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
Item		Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m ³]	123.85	16.10	1993.99
2	Base de Material Granular	[m ³]	82.42	20.84	1717.63
3	Imprimación - Ejecución	[m ²]	409.47	0.35	143.31
4	Riego de Liga - Ejecución	[m ²]	81.89	0.30	24.57
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m ³]	30.71	125.27	3847.04
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	491.36	1.02	501.19
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	49.14	1.11	54.54
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros	[ton]	4.61	1116.98	5145.37
9	Transporte de Material Granular	[m ³ -km]	236.98	0.29	68.72
					\$13,496.36

➤ **Curva 21:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreancho			Capa base para sobreancho			Rodadura para sobreancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
25+720.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25+740.00	0.00	0.63	0.05	14.87	0.05	14.87	14.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25+750.00	0.03	0.73	0.15	6.80	0.20	21.67	21.47	0.24	1.20	1.20	0.13	0.63	0.63	0.04	0.19	0.19
25+760.00	0.12	1.07	0.70	9.02	0.90	30.69	29.78	0.39	3.15	4.35	0.24	1.83	2.46	0.08	0.61	0.80
25+770.00	0.12	2.20	1.15	16.21	2.05	46.90	44.85	0.57	4.73	9.09	0.37	3.01	5.47	0.14	1.09	1.88
25+780.00	0.01	4.68	0.60	33.36	2.65	80.26	77.60	0.74	6.37	15.45	0.51	4.24	9.72	0.19	1.58	3.47
25+790.00	0.34	9.29	1.65	65.51	4.30	145.77	141.46	0.81	7.42	22.87	0.56	5.04	14.76	0.21	1.91	5.37
25+800.00	0.47	12.73	3.86	101.35	8.16	247.11	238.95	0.81	7.70	30.58	0.56	5.26	20.01	0.21	1.99	7.37
25+810.00	0.83	12.01	6.14	113.56	14.31	360.67	346.36	0.81	7.70	38.28	0.56	5.26	25.27	0.21	1.99	9.36
25+820.00	0.38	12.03	5.71	110.46	20.02	471.13	451.11	0.81	7.70	45.98	0.56	5.26	30.52	0.21	1.99	11.35
25+830.00	0.12	11.14	2.38	106.32	22.40	577.45	555.04	0.81	7.70	53.69	0.56	5.26	35.78	0.21	1.99	13.35
25+840.00	0.35	10.54	2.24	99.76	24.64	677.21	652.57	0.81	7.70	61.39	0.56	5.26	41.03	0.21	1.99	15.34
25+850.00	0.52	9.56	4.11	92.73	28.75	769.94	741.19	0.81	7.70	69.10	0.56	5.26	46.29	0.21	1.99	17.33
25+860.00	1.01	9.06	7.18	85.88	35.92	855.82	819.89	0.81	7.70	76.80	0.56	5.26	51.54	0.21	1.99	19.33
25+870.00	0.77	6.67	8.38	72.84	44.30	928.66	884.36	0.81	7.70	84.50	0.56	5.26	56.80	0.21	1.99	21.32
25+880.00	0.29	3.22	5.04	46.57	49.35	975.23	925.89	0.81	7.70	92.21	0.56	5.26	62.05	0.21	1.99	23.31
25+890.00	0.32	4.75	2.94	38.18	52.28	1013.41	961.12	0.81	7.70	99.91	0.56	5.26	67.31	0.21	1.99	25.31
25+900.00	0.54	3.68	4.10	40.07	56.39	1053.48	997.09	0.81	7.70	107.62	0.56	5.26	72.56	0.21	1.99	27.30
25+910.00	0.99	1.95	7.23	27.20	63.62	1080.67	1017.05	0.81	7.70	115.32	0.56	5.26	77.82	0.21	1.99	29.29
25+920.00	0.48	2.79	6.94	23.32	70.56	1103.99	1033.43	0.81	7.70	123.02	0.56	5.26	83.07	0.21	1.99	31.29
25+930.00	1.21	1.53	7.94	21.47	78.50	1125.46	1046.96	0.81	7.70	130.73	0.56	5.26	88.33	0.21	1.99	33.28
25+940.00	1.62	1.45	13.24	15.43	91.74	1140.89	1049.16	0.81	7.70	138.43	0.56	5.26	93.59	0.21	1.99	35.27
25+950.00	2.17	1.34	17.68	14.47	109.42	1155.37	1045.95	0.81	7.70	146.14	0.56	5.26	98.84	0.21	1.99	37.27
25+960.00	1.63	1.31	17.69	13.75	127.11	1169.12	1042.01	0.81	7.70	153.83	0.55	5.25	104.09	0.21	1.99	39.26
25+970.00	0.71	1.33	11.01	13.64	138.11	1182.76	1044.64	0.68	7.12	160.95	0.45	4.81	108.91	0.17	1.81	41.07
25+980.00	0.35	1.22	5.09	13.00	143.20	1195.76	1052.56	0.52	5.82	166.77	0.33	3.83	112.74	0.12	1.42	42.49
25+990.00	0.00	1.51	1.71	13.69	144.91	1209.45	1064.54	0.34	4.27	171.04	0.20	2.66	115.40	0.07	0.94	43.43
26+000.00	0.00	1.17	0.00	13.40	144.91	1222.85	1077.94	0.00	1.72	172.76	0.00	1.02	116.42	0.00	0.35	43.78
26+020.00	0.00	1.93	0.00	30.97	144.91	1253.81	1108.9	0.00	0.00	172.76	0.00	0.00	116.42	0.00	0.00	43.78
26+040.00	0.00	0.93	0.00	28.51	144.91	1282.32	1137.42	0.00	0.00	172.76	0.00	0.00	116.42	0.00	0.00	43.78
26+042.00	0.00	1.01	0.00	1.93	144.91	1284.25	1139.35	0.00	0.00	172.76	0.00	0.00	116.42	0.00	0.00	43.78

Cálculos pavimentación curva 21	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	172.76 m³
Base de Material Granular	116.42 m³
Carpeta de Concreto Asfáltico	43.78 m³
Imprimación Ejecución:	
Espesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volúmen de Carpeta / Espesor	583.73 m²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	116.75 m²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m²)	700.48 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m²)	70.05 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m³)	6.57 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
Item		Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m³]	172.76	16.1	2781.44
2	Base de Material Granular	[m³]	116.42	20.84	2426.19
3	Imprimación - Ejecución	[m²]	583.73	0.35	204.31
4	Riego de Liga - Ejecución	[m²]	116.75	0.30	35.02
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m³]	43.78	125.27	5484.32
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	700.48	1.02	714.49
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	70.05	1.11	77.75
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polimeros	[ton]	6.57	1116.98	7335.21
9	Transporte de Material Granular	[m³-km]	332.96	0.29	96.56
					\$19,155.29

3.8.3. Cómputos métricos para ampliación de sobrecancho norma AASHTO

➤ **Curva 1:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobrecancho			Capa base para sobrecancho			Rodadura para sobrecancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
21+470.00	0.32	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+480.00	0.32	0.74	3.25	3.93	3.25	3.93	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+500.00	0.17	1.36	4.99	21.01	8.24	24.94	16.70	0.30	3.02	3.02	0.17	1.72	1.72	0.06	0.56	0.56
21+510.00	0.31	1.91	2.39	16.17	10.63	41.11	30.48	0.49	3.93	6.95	0.32	2.41	4.14	0.11	0.84	1.41
21+520.00	1.88	6.60	10.74	40.33	21.36	81.44	60.08	0.67	5.66	12.60	0.45	3.71	7.85	0.17	1.37	2.77
21+530.00	1.80	13.35	17.73	91.53	39.09	172.97	133.88	0.89	7.42	20.02	0.61	5.04	12.89	0.23	1.91	4.68
21+540.00	2.98	10.14	22.65	104.88	61.74	277.84	216.10	0.92	8.47	28.50	0.64	5.84	18.72	0.24	2.23	6.91
21+550.00	3.22	9.94	29.27	89.20	91.01	367.05	276.04	0.92	8.62	37.12	0.64	5.95	24.67	0.24	2.27	9.18
21+560.00	2.44	9.84	26.72	87.88	117.73	454.93	337.20	0.92	8.62	45.74	0.64	5.95	30.62	0.24	2.27	11.46
21+570.00	1.82	9.70	20.16	87.25	137.89	542.18	404.29	0.92	8.62	54.36	0.64	5.95	36.57	0.24	2.27	13.73
21+580.00	2.22	9.48	19.06	86.07	156.95	628.25	471.30	0.92	8.62	62.98	0.64	5.95	42.51	0.24	2.27	16.01
21+590.00	2.54	9.02	22.41	83.10	179.36	711.35	531.99	0.92	8.62	71.60	0.64	5.95	48.46	0.24	2.27	18.28
21+600.00	2.82	9.01	25.15	81.25	204.51	792.60	588.09	0.92	8.62	80.22	0.64	5.95	54.41	0.24	2.27	20.55
21+610.00	2.07	9.35	22.97	82.68	227.48	875.29	647.81	0.92	8.62	88.84	0.64	5.95	60.36	0.24	2.27	22.83
21+620.00	1.39	10.32	16.30	88.46	243.78	963.74	719.96	0.92	8.62	97.46	0.64	5.95	66.31	0.24	2.27	25.10
21+630.00	2.06	10.61	16.28	93.90	260.06	1057.65	797.59	0.92	8.62	106.09	0.64	5.95	72.25	0.24	2.27	27.38
21+640.00	2.51	10.43	21.56	94.05	281.63	1151.70	870.07	0.92	8.62	114.71	0.64	5.95	78.20	0.24	2.27	29.65
21+650.00	2.96	10.22	25.71	92.29	307.34	1243.99	936.65	0.92	8.62	123.33	0.64	5.95	84.15	0.24	2.27	31.93
21+660.00	1.38	10.26	20.45	91.62	327.79	1335.61	1007.82	0.92	8.62	131.95	0.64	5.95	90.10	0.24	2.27	34.20
21+670.00	1.41	10.41	13.24	92.63	341.03	1428.23	1087.20	0.92	8.62	140.57	0.64	5.95	96.04	0.24	2.27	36.47
21+680.00	1.60	10.22	14.22	92.65	355.24	1520.88	1165.64	0.90	8.54	149.10	0.62	5.88	101.93	0.24	2.25	38.72
21+690.00	1.69	3.66	15.63	64.20	370.87	1585.08	1214.21	0.69	7.56	156.66	0.46	5.14	107.07	0.17	1.95	40.67
21+700.00	0.14	1.41	8.80	24.61	379.67	1609.69	1230.02	0.52	5.87	162.53	0.34	3.87	110.94	0.12	1.43	42.10
21+710.00	0.10	0.78	1.18	10.89	380.85	1620.59	1239.74	0.33	4.19	166.73	0.19	2.61	113.55	0.06	0.92	43.03
21+720.00	0.19	0.37	1.47	5.73	382.32	1626.32	1244.00	0.00	1.63	168.36	0.00	0.95	114.51	0.00	0.32	43.35
21+740.00	0.26	0.13	4.53	4.96	386.85	1631.28	1244.43	0.00	0.00	168.36	0.00	0.00	114.51	0.00	0.00	43.35
21+760.00	0.00	0.68	2.59	8.04	389.44	1639.32	1249.88	0.00	0.00	168.36	0.00	0.00	114.51	0.00	0.00	43.35
21+760.09	0.00	0.69	0.00	0.06	389.44	1639.38	1249.94	0.00	0.00	168.36	0.00	0.00	114.51	0.00	0.00	43.35

Cómputos pavimentación curva 1	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	168.36 m³
Base de Material Granular	114.51 m³
Carpeta de Concreto Asfáltico	43.35 m³
Imprimación Ejecución:	
Espesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volúmen de Carpeta / Espesor	578.00 m²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	115.60 m²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m²)	693.60 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m²)	69.36 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m³)	6.50 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
	Item	Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m³]	168.36	16.10	2710.60
2	Base de Material Granular	[m³]	114.51	20.84	2386.39
3	Imprimación - Ejecución	[m²]	578.00	0.35	202.30
4	Riego de Liga - Ejecución	[m²]	115.60	0.30	34.68
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m³]	43.35	125.27	5430.45
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	693.6	1.02	707.47
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	69.36	1.11	76.99
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros	[ton]	6.50	1116.98	7263.16
9	Transporte de Material Granular	[m³-km]	326.22	0.29	94.60
					\$18,906.65

➤ **Curva 11:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreancho			Capa base para sobreancho			Rodadura para sobreancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
23+280.00	0.01	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23+300.00	0.66	0.77	6.68	12.53	6.68	12.53	5.85	0.36	3.61	3.61	0.22	2.17	2.17	0.07	0.75	0.75
23+310.00	1.08	0.85	8.47	8.29	15.15	20.82	5.67	0.59	4.66	8.27	0.39	2.96	5.13	0.14	1.06	1.81
23+320.00	2.22	1.01	15.62	9.65	30.77	30.47	-0.30	0.77	6.52	14.79	0.53	4.36	9.50	0.20	1.63	3.44
23+330.00	4.42	1.44	30.04	12.90	60.81	43.37	-17.44	1.00	8.23	23.03	0.70	5.66	15.15	0.27	2.16	5.60
23+340.00	4.54	1.57	39.20	15.96	100.01	59.33	-40.68	1.01	9.10	32.13	0.70	6.32	21.47	0.27	2.42	8.02
23+350.00	3.64	1.66	35.77	17.15	135.78	76.48	-59.30	1.01	9.13	41.26	0.70	6.34	27.81	0.27	2.43	10.46
23+360.00	4.34	1.71	34.78	17.87	170.56	94.35	-76.21	1.01	9.13	50.39	0.70	6.34	34.14	0.27	2.43	12.89
23+370.00	3.42	1.66	33.83	17.83	204.39	112.18	-92.21	1.01	9.13	59.52	0.70	6.34	40.48	0.27	2.43	15.32
23+380.00	4.01	1.80	32.44	18.34	236.83	130.52	-106.31	1.01	9.13	68.65	0.70	6.34	46.82	0.27	2.43	17.76
23+390.00	2.00	1.83	26.29	19.23	263.12	149.75	-113.37	1.01	9.13	77.87	70.00	6.34	53.16	0.27	2.43	20.19
23+400.00	2.72	1.86	20.91	19.55	284.03	169.29	-114.74	1.01	9.13	86.91	0.70	6.34	59.50	0.27	2.43	22.63
23+410.00	2.81	2.46	24.50	22.20	308.53	191.50	-117.03	1.01	9.13	96.04	0.70	6.34	65.84	0.27	2.43	25.06
23+420.00	1.11	4.50	17.45	32.86	325.98	224.35	-101.63	1.01	9.13	105.17	0.70	6.34	72.17	0.27	2.43	27.49
23+430.00	1.86	3.90	13.39	38.60	339.38	262.95	-76.43	1.01	9.13	114.30	0.70	6.34	78.51	0.27	2.43	29.93
23+440.00	2.36	6.88	18.98	48.45	358.36	311.40	-46.96	1.01	9.13	123.43	0.70	6.34	84.85	0.27	2.43	32.36
23+450.00	2.65	1.28	22.71	37.62	381.06	349.02	-32.04	0.87	8.62	132.06	0.60	5.95	90.80	0.23	2.28	34.64
23+460.00	0.21	1.71	13.33	15.07	394.40	364.09	-30.31	0.65	7.21	139.26	0.43	4.88	95.68	0.16	1.84	36.48
23+470.00	0.19	1.53	1.94	16.18	396.34	380.28	-16.06	0.42	5.20	144.46	0.26	3.37	99.05	0.09	1.23	37.71
23+480.00	0.00	1.95	0.92	17.46	397.26	397.74	0.48	0.20	3.06	147.52	0.10	1.76	100.81	0.03	0.58	38.29
23+500.00	0.00	1.87	0.00	38.22	397.26	435.96	38.70	0.00	2.00	149.52	0.00	0.96	101.77	0.00	0.25	38.54
23+520.00	0.00	1.75	0.00	36.18	397.26	472.14	74.88	0.00	0.00	149.52	0.00	0.00	101.77	0.00	0.00	38.54
23+540.00	0.00	0.63	0.01	23.78	397.27	495.92	98.65	0.00	0.00	149.52	0.00	0.00	101.77	0.00	0.00	38.54
23+540.92	0.00	0.55	0.00	0.55	397.27	496.46	99.19	0.00	0.00	149.52	0.00	0.00	101.77	0.00	0.00	38.54

Cálculos pavimentación curva 11	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	149.52 m ³
Base de Material Granular	101.77 m ³
Carpeta de Concreto Asfáltico	38.54 m ³
Imprimación Ejecución:	
Esesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volúmen de Carpeta / Espesor	513.87 m ²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	102.77 m ²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m ²)	616.64 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m ²)	61.66 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m ³)	5.78 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
	Item	Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m ³]	149.52	16.10	2407.27
2	Base de Material Granular	[m ³]	101.77	20.84	2120.89
3	Imprimación - Ejecución	[m ²]	513.87	0.35	179.85
4	Riego de Liga - Ejecución	[m ²]	102.77	0.30	30.83
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m ³]	38.54	125.27	4827.91
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	616.64	1.02	628.97
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	61.66	1.11	68.45
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros	[ton]	5.78	1116.98	6457.26
9	Transporte de Material Granular	[m ³ -km]	289.83	0.29	84.05
					\$16,805.48

➤ **Curva 21:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreancho			Capa base para sobreancho			Rodadura para sobreancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
25+720.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25+740.00	0.00	0.63	0.05	14.87	0.05	14.87	14.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25+750.00	0.03	0.73	0.17	6.79	0.22	21.66	21.44	0.25	1.25	1.25	0.13	0.66	0.66	0.04	0.20	0.20
25+760.00	0.12	1.12	0.74	9.27	0.96	30.93	29.97	0.43	3.37	4.62	0.27	1.99	2.65	0.09	0.67	0.87
25+770.00	0.12	2.93	1.17	20.00	2.13	50.93	48.80	0.63	5.21	9.83	0.42	3.38	6.03	0.16	1.23	2.11
25+780.00	0.01	6.03	0.60	43.08	2.73	94.01	91.28	0.84	7.10	16.93	0.57	4.80	10.83	0.22	1.81	3.92
25+790.00	0.34	12.99	1.65	88.20	4.38	182.21	177.83	0.92	8.35	25.28	0.64	5.74	16.57	0.24	2.19	6.10
25+800.00	0.48	18.68	3.88	144.17	8.26	326.39	318.13	0.92	8.71	33.99	0.64	6.01	22.58	0.24	2.30	8.41
25+810.00	0.85	18.47	6.23	168.47	14.49	494.85	480.36	0.92	8.71	42.71	0.64	6.01	28.60	0.24	2.30	10.71
25+820.00	0.39	18.97	5.81	169.66	20.30	664.51	644.21	0.92	8.71	51.42	0.64	6.01	34.61	0.24	2.30	13.01
25+830.00	0.12	18.43	2.41	169.14	22.71	833.65	810.94	0.92	8.71	60.13	0.64	6.01	40.63	0.24	2.30	15.31
25+840.00	0.35	17.49	2.24	162.58	24.95	996.23	971.28	0.92	8.71	68.84	0.64	6.01	46.64	0.24	2.30	17.61
25+850.00	0.55	18.00	4.26	160.54	29.21	1156.78	1127.56	0.92	8.71	77.56	0.64	6.01	52.66	0.24	2.30	19.91
25+860.00	1.07	16.42	7.63	155.50	36.84	1312.27	1275.44	0.92	8.71	86.27	0.64	6.01	58.67	0.24	2.30	22.21
25+870.00	0.78	11.25	8.71	125.61	45.55	1437.88	1392.34	0.92	8.71	94.98	0.64	6.01	64.69	0.24	2.30	24.51
25+880.00	0.29	4.81	5.08	74.00	50.63	1511.88	1461.26	0.92	8.71	103.69	0.64	6.01	70.70	0.24	2.30	26.81
25+890.00	0.32	8.49	2.94	61.96	53.57	1573.85	1520.28	0.92	8.71	112.41	0.64	6.01	76.72	0.24	2.30	29.11
25+900.00	0.59	7.54	4.30	73.93	57.87	1647.78	1589.91	0.92	8.71	121.12	0.64	6.01	82.73	0.24	2.30	31.41
25+910.00	1.06	4.56	7.72	56.03	65.59	1703.81	1638.23	0.92	8.71	129.83	0.64	6.01	88.75	0.24	2.30	33.71
25+920.00	0.49	4.18	7.25	41.18	72.84	1745.00	1672.16	0.92	8.71	138.55	0.64	6.01	94.76	0.24	2.30	36.01
25+930.00	1.58	1.53	9.61	27.69	82.45	1772.69	1690.24	0.92	8.71	147.26	0.64	6.01	100.77	0.24	2.30	38.31
25+940.00	2.10	1.45	17.07	15.43	99.52	1788.12	1688.60	0.92	8.71	155.97	0.64	6.01	106.79	0.24	2.30	40.61
25+950.00	2.88	1.34	23.10	14.47	122.63	1802.59	1679.97	0.92	8.71	164.68	0.64	6.01	112.80	0.24	2.30	42.91
25+960.00	2.49	1.31	24.87	13.75	147.50	1816.35	1668.85	0.92	8.70	173.38	0.64	6.01	118.81	0.24	2.30	45.21
25+970.00	1.06	1.33	16.64	13.64	164.14	1829.98	1665.85	0.76	8.01	181.39	0.51	5.48	124.29	0.19	2.08	47.30
25+980.00	0.50	1.22	7.46	13.00	171.60	1842.99	1671.39	0.57	6.46	187.85	0.38	4.32	128.61	0.14	1.61	48.91
25+990.00	0.00	1.52	2.42	13.75	174.02	1856.74	1682.72	0.37	4.66	192.51	0.22	2.96	131.57	0.08	1.06	49.97
26+000.00	0.00	1.17	0.00	13.46	174.02	1870.20	1696.18	0.00	1.86	194.37	0.00	1.12	132.69	0.00	0.39	50.36
26+020.00	0.00	1.93	0.00	30.97	174.02	1901.16	1727.14	0.00	0.00	194.37	0.00	0.00	132.69	0.00	0.00	50.36
26+040.00	0.00	0.93	0.00	28.51	174.02	1929.68	1755.66	0.00	0.00	194.37	0.00	0.00	132.69	0.00	0.00	50.36
26+042.00	0.00	1.01	0.00	1.93	174.02	1931.61	1757.59	0.00	0.00	194.37	0.00	0.00	132.69	0.00	0.00	50.36

Cómputos pavimentación curva 21	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	194.37 m³
Base de Material Granular	132.69 m³
Carpeta de Concreto Asfáltico	50.36 m³
Imprimación Ejecución:	
Espesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volúmen de Carpeta / Espesor	671.47 m²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	134.29 m²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m²)	805.76 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m²)	80.58 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m³)	7.55 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
Item		Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m³]	194.37	16.10	3129.36
2	Base de Material Granular	[m³]	132.69	20.84	2765.26
3	Imprimación - Ejecución	[m²]	671.47	0.35	235.01
4	Riego de Liga - Ejecución	[m²]	134.29	0.30	40.29
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m³]	50.36	125.27	6308.60
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	805.76	1.02	821.88
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	80.58	1.11	89.44
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polimeros	[ton]	7.55	1116.98	8437.67
9	Transporte de Material Granular	[m³-km]	377.42	0.29	109.45
					\$21,936.95

3.8.4. Cómputos métricos para ampliación de sobreebanco norma España

➤ **Curva 1:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreebanco			Capa base para sobreebanco			Rodadura para sobreebanco		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
21+470.00	0.32	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+480.00	0.32	0.74	3.25	3.93	3.25	3.93	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+500.00	0.17	1.36	4.91	21.00	8.15	24.93	16.78	0.30	2.97	2.97	0.17	1.69	1.69	0.06	0.55	0.55
21+510.00	0.30	1.49	2.29	14.13	10.45	39.06	28.61	0.48	3.85	6.83	0.31	2.35	4.04	0.11	0.82	1.37
21+520.00	1.86	5.90	10.59	35.08	21.04	74.15	53.11	0.65	5.51	12.33	0.43	3.60	7.64	0.16	1.32	2.69
21+530.00	1.80	12.39	17.64	84.08	38.67	158.22	119.55	0.86	7.21	19.54	0.59	4.88	12.52	0.23	1.84	4.53
21+540.00	2.98	8.84	22.65	95.07	61.32	253.29	191.97	0.89	8.22	27.76	0.62	5.64	18.17	0.24	2.15	6.68
21+550.00	3.22	8.69	29.27	78.17	90.59	331.46	240.87	0.89	8.35	36.11	0.62	5.74	23.91	0.24	2.19	8.88
21+560.00	2.44	8.63	26.72	77.27	117.32	408.72	291.41	0.89	8.35	44.46	0.62	5.74	29.66	0.24	2.19	11.07
21+570.00	1.82	8.65	20.16	77.47	137.47	486.19	348.72	0.89	8.35	52.81	0.62	5.74	35.40	0.24	2.19	13.26
21+580.00	2.22	8.48	19.06	77.14	156.54	563.34	406.80	0.89	8.35	61.16	0.62	5.74	41.14	0.24	2.19	15.45
21+590.00	2.54	8.10	22.41	74.76	178.94	638.09	459.15	0.89	8.35	69.51	0.62	5.74	46.89	0.24	2.19	17.64
21+600.00	2.82	8.11	25.15	73.33	204.09	711.42	507.33	0.89	8.35	77.87	0.62	5.74	52.63	0.24	2.19	19.84
21+610.00	2.07	8.42	22.97	74.71	227.06	786.13	559.07	0.89	8.35	86.22	0.62	5.74	58.38	0.24	2.19	22.03
21+620.00	1.39	9.28	16.30	79.89	243.36	866.03	622.66	0.89	8.35	94.57	0.62	5.74	64.12	0.24	2.19	24.22
21+630.00	2.06	9.44	16.28	84.36	259.65	950.39	690.74	0.89	8.35	102.92	0.62	5.74	69.87	0.24	2.19	26.41
21+640.00	2.51	9.28	21.56	84.05	281.21	1034.44	753.23	0.89	8.35	111.27	0.62	5.74	75.61	0.24	2.19	28.60
21+650.00	2.96	9.10	25.71	82.47	306.92	1116.91	809.99	0.89	8.35	119.62	0.62	5.74	81.36	0.24	2.19	30.80
21+660.00	1.38	9.16	20.45	82.00	327.37	1198.91	871.54	0.89	8.35	127.97	0.62	5.74	87.10	0.24	2.19	32.99
21+670.00	1.41	9.30	13.24	83.02	340.61	1281.93	941.33	0.89	8.35	136.32	0.62	5.74	92.85	0.24	2.19	35.18
21+680.00	1.60	9.13	14.22	83.08	354.83	1365.02	1010.19	0.87	8.28	144.60	0.60	5.69	98.53	0.23	2.17	37.35
21+690.00	1.67	3.13	15.57	56.95	370.40	1421.96	1051.56	0.66	7.33	151.94	0.45	4.98	103.51	0.17	1.88	39.23
21+700.00	0.14	1.32	8.74	21.73	379.14	1443.69	1064.55	0.51	5.71	157.65	0.33	3.75	107.27	0.12	1.39	40.62
21+710.00	0.10	0.78	1.17	10.46	380.31	1454.15	1073.84	0.32	4.11	161.75	0.19	2.54	109.81	0.06	0.90	41.51
21+720.00	0.19	0.37	1.47	5.72	381.78	1459.87	1078.10	0.00	1.60	163.36	0.00	0.93	110.74	0.00	0.31	41.82
21+740.00	0.26	0.13	4.53	4.96	386.30	1464.83	1078.53	0.00	0.00	163.36	0.00	0.00	110.74	0.00	0.00	41.82
21+760.00	0.00	0.68	2.59	8.04	388.90	1472.87	1083.98	0.00	0.00	163.36	0.00	0.00	110.74	0.00	0.00	41.82
21+760.09	0.00	0.69	0.00	0.06	388.90	1472.94	1084.04	0.00	0.00	163.36	0.00	0.00	110.74	0.00	0.00	41.82

Cómputos pavimentación curva 1	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	163.36 m³
Base de Material Granular	110.74 m³
Carpeta de Concreto Asfáltico	41.82 m³
Imprimación Ejecución:	
Espesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volumen de Carpeta / Espesor	557.60 m²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	111.52 m²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m²)	669.12 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m²)	66.91 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m³)	6.27 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
	Item	Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m³]	163.36	16.10	2630.10
2	Base de Material Granular	[m³]	110.74	20.84	2307.82
3	Imprimación - Ejecución	[m²]	557.60	0.35	195.16
4	Riego de Liga - Ejecución	[m²]	111.52	0.30	33.46
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m³]	41.82	125.27	5238.79
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	669.12	1.02	682.50
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	66.91	1.11	74.27
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polimeros	[ton]	6.27	1116.98	7006.82
9	Transporte de Material Granular	[m³-km]	315.92	0.29	91.62
					\$18,260.53

➤ **Curva 11:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreancho			Capa base para sobreancho			Rodadura para sobreancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
23+280.00	0.01	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23+300.00	0.54	0.77	5.47	12.53	5.47	12.53	7.06	0.32	3.19	3.19	0.19	1.86	1.86	0.06	0.62	0.62
23+310.00	0.81	0.85	6.59	8.29	12.06	20.82	8.76	0.49	3.99	7.18	0.31	2.45	4.31	0.11	0.86	1.48
23+320.00	1.51	1.01	11.07	9.65	23.13	30.47	7.34	0.62	5.37	12.55	0.41	3.50	7.81	0.15	1.28	2.76
23+330.00	2.79	1.44	19.72	12.90	42.85	43.37	0.52	0.80	6.65	19.20	0.54	4.47	12.27	0.21	1.68	4.44
23+340.00	2.66	1.57	24.29	15.96	67.14	59.33	-7.81	0.79	7.29	26.50	0.54	4.95	17.23	0.21	1.87	6.31
23+350.00	2.14	1.66	21.39	17.15	88.54	76.48	-12.06	0.79	7.27	33.77	0.54	4.94	22.16	0.21	1.87	8.17
23+360.00	2.29	1.71	19.73	17.87	108.27	94.35	-13.92	0.79	7.27	41.04	0.54	4.94	27.10	0.21	1.87	10.04
23+370.00	2.05	1.66	19.35	17.83	127.62	112.18	-15.44	0.79	7.27	48.31	0.54	4.94	32.04	0.21	1.87	11.91
23+380.00	2.17	1.80	18.80	18.34	146.42	130.52	-15.90	0.79	7.27	55.59	0.54	4.94	36.97	0.21	1.87	13.77
23+390.00	1.36	1.83	15.73	19.23	162.15	149.75	-12.40	0.79	7.27	62.86	0.54	4.94	41.91	0.21	1.87	15.64
23+400.00	2.08	1.86	15.44	19.55	177.59	169.29	-8.30	0.79	7.27	70.13	0.54	4.94	46.85	0.21	1.87	17.50
23+410.00	2.05	1.85	18.51	19.68	196.10	188.97	-7.12	0.79	7.27	77.40	0.54	4.94	51.78	0.21	1.87	19.37
23+420.00	1.01	2.23	13.75	20.91	209.85	209.88	0.04	0.79	7.27	84.67	0.54	4.94	56.72	0.21	1.87	21.24
23+430.00	1.50	1.66	11.42	19.90	221.27	229.78	8.52	0.79	7.27	91.95	0.54	4.94	61.65	0.21	1.87	23.10
23+440.00	2.11	1.47	16.34	16.64	237.61	246.43	8.82	0.79	7.27	99.22	0.54	4.94	66.59	0.21	1.87	24.97
23+450.00	1.94	1.28	18.51	14.58	256.12	261.00	4.89	0.70	6.94	106.16	0.47	4.69	71.28	0.18	1.76	26.73
23+460.00	0.17	1.13	9.93	12.42	266.04	273.42	7.38	0.54	5.93	112.09	0.35	3.92	75.20	0.13	1.45	28.18
23+470.00	0.10	1.53	1.30	13.41	267.35	286.83	19.48	0.36	4.39	116.48	0.21	2.76	77.96	0.07	0.98	29.17
23+480.00	0.00	1.96	0.47	17.46	267.82	304.29	36.47	0.20	2.76	119.25	0.09	1.53	79.49	0.02	0.49	29.66
23+500.00	0.00	1.87	0.00	38.25	267.82	342.54	74.72	0.00	1.97	121.22	0.00	0.94	80.43	0.00	0.25	29.90
23+520.00	0.00	1.75	0.00	36.18	267.82	378.73	110.91	0.00	0.00	121.22	0.00	0.00	80.43	0.00	0.00	29.90
23+540.00	0.00	0.63	0.01	23.78	267.83	402.50	134.67	0.00	0.00	121.22	0.00	0.00	80.43	0.00	0.00	29.90
23+540.92	0.00	0.55	0.00	0.55	267.83	403.05	135.21	0.00	0.00	121.22	0.00	0.00	80.43	0.00	0.00	29.90

Cómputos pavimentación curva 11	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	121.22 m³
Base de Material Granular	80.43 m³
Carpeta de Concreto Asfáltico	29.90 m³
Imprimación Ejecución:	
Espesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volúmen de Carpeta / Espesor	398.67 m²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	79.73 m²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m²)	478.40 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m²)	47.84 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m³)	4.49 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
Item		Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m³]	121.22	16.10	1951.64
2	Base de Material Granular	[m³]	80.43	20.84	1676.16
3	Imprimación - Ejecución	[m²]	398.67	0.35	139.53
4	Riego de Liga - Ejecución	[m²]	79.73	0.30	23.92
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m³]	29.9	125.27	3745.57
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	478.4	1.02	487.97
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	47.84	1.11	53.10
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros	[ton]	4.49	1116.98	5009.66
9	Transporte de Material Granular	[m³-km]	231.55	0.29	67.15
					\$13,154.70

➤ **Curva 21:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreancho			Capa base para sobreancho			Rodadura para sobreancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
25+720.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25+740.00	0.00	0.63	0.05	14.87	0.05	14.87	14.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25+750.00	0.02	0.73	0.15	6.81	0.19	21.67	21.48	0.24	1.20	1.20	0.13	0.63	0.63	0.04	0.19	0.19
25+760.00	0.12	1.07	0.69	8.99	0.89	30.67	29.78	0.39	3.11	4.31	0.24	1.80	2.42	0.08	0.59	0.78
25+770.00	0.12	2.08	1.14	15.62	2.03	46.29	44.26	0.56	4.64	8.95	0.36	2.95	5.37	0.13	1.06	1.84
25+780.00	0.01	4.45	0.60	31.72	2.64	78.01	75.37	0.73	6.23	15.18	0.49	4.14	9.51	0.19	1.54	3.38
25+790.00	0.34	8.65	1.65	61.59	4.28	139.60	135.31	0.79	7.25	22.43	0.54	4.91	14.43	0.21	1.86	5.24
25+800.00	0.46	12.88	3.82	99.14	8.10	238.74	230.63	0.79	7.52	29.95	0.54	5.12	19.55	0.21	1.94	7.18
25+810.00	0.81	12.32	6.01	115.48	14.11	354.21	340.10	0.79	7.52	37.47	0.54	5.12	24.66	0.21	1.94	9.11
25+820.00	0.37	12.72	5.56	114.74	19.67	468.95	449.28	0.79	7.52	44.99	0.54	5.12	29.78	0.21	1.94	11.05
25+830.00	0.12	11.95	2.33	112.78	22.00	581.74	559.73	0.79	7.52	52.51	0.54	5.12	34.89	0.21	1.94	12.99
25+840.00	0.35	11.14	2.24	105.83	24.24	687.56	663.32	0.79	7.52	60.03	0.54	5.12	40.01	0.21	1.94	14.93
25+850.00	0.51	10.77	4.07	100.55	28.30	788.11	759.81	0.79	7.52	67.55	0.54	5.12	45.13	0.21	1.94	16.86
25+860.00	0.98	9.59	7.01	93.37	35.31	881.48	846.17	0.79	7.52	75.07	0.54	5.12	50.24	0.21	1.94	18.80
25+870.00	0.76	6.02	8.20	72.20	43.51	953.68	910.17	0.79	7.52	82.59	0.54	5.12	55.36	0.21	1.94	20.74
25+880.00	0.29	3.01	4.99	42.74	48.50	996.43	947.92	0.79	7.52	90.11	0.54	5.12	60.48	0.21	1.94	22.67
25+890.00	0.32	4.20	2.94	34.82	51.44	1031.24	979.80	0.79	7.52	97.63	0.54	5.12	65.59	0.21	1.94	24.61
25+900.00	0.53	1.62	4.06	28.43	55.50	1059.67	1004.17	0.79	7.52	105.15	0.54	5.12	70.71	0.21	1.94	26.55
25+910.00	0.97	1.86	7.07	17.54	62.57	1077.21	1014.64	0.79	7.52	112.67	0.54	5.12	75.83	0.21	1.94	28.49
25+920.00	0.47	2.57	6.77	21.90	69.34	1099.10	1029.76	0.79	7.52	120.19	0.54	5.12	80.94	0.21	1.94	30.42
25+930.00	1.15	1.53	7.60	20.49	76.95	1119.59	1042.65	0.79	7.52	127.71	0.54	5.12	86.06	0.21	1.94	32.36
25+940.00	1.54	1.45	12.58	15.43	89.52	1135.03	1045.50	0.79	7.52	135.23	0.54	5.12	91.18	0.21	1.94	34.30
25+950.00	2.05	1.34	16.79	14.47	106.31	1149.50	1043.19	0.79	7.52	142.75	0.54	5.12	96.29	0.21	1.94	36.24
25+960.00	1.46	1.31	16.39	13.75	122.70	1163.25	1040.56	0.79	7.49	150.24	0.54	5.10	101.39	0.20	1.93	38.16
25+970.00	0.57	1.33	9.55	13.64	132.24	1176.89	1044.65	0.63	6.79	157.03	0.42	4.57	105.95	0.16	1.71	39.88
25+980.00	0.28	1.22	4.05	13.00	136.29	1189.89	1053.60	0.49	5.45	162.49	0.31	3.56	109.51	0.11	1.31	41.18
25+990.00	0.00	1.50	1.35	13.64	137.64	1203.53	1065.89	0.32	4.01	166.49	0.19	2.47	111.98	0.06	0.87	42.05
26+000.00	0.00	1.17	0.00	13.35	137.64	1216.87	1079.23	0.00	1.61	168.10	0.00	0.94	112.92	0.00	0.31	42.36
26+020.00	0.00	1.93	0.00	30.97	137.64	1247.84	1110.20	0.00	0.00	168.10	0.00	0.00	112.92	0.00	0.00	42.36
26+040.00	0.00	0.93	0.00	28.51	137.64	1276.35	1138.71	0.00	0.00	168.10	0.00	0.00	112.92	0.00	0.00	42.36
26+042.00	0.00	1.01	0.00	1.93	137.64	1278.28	1140.64	0.00	0.00	168.10	0.00	0.00	112.92	0.00	0.00	42.36

Cálculos pavimentación curva 21	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	168.10 m³
Base de Material Granular	112.92 m³
Carpeta de Concreto Asfáltico	42.36 m³
Imprimación Ejecución:	
Espesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volumen de Carpeta / Espesor	564.80 m²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	112.96 m²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m²)	677.76 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m²)	67.78 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m³)	6.35 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
Item		Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m³]	168.1	16.10	2706.41
2	Base de Material Granular	[m³]	112.92	20.84	2353.25
3	Imprimación - Ejecución	[m²]	564.80	0.35	197.68
4	Riego de Liga - Ejecución	[m²]	112.96	0.30	33.89
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m³]	42.36	125.27	5306.44
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	677.76	1.02	691.32
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	67.78	1.11	75.23
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros	[ton]	6.35	1116.98	7097.29
9	Transporte de Material Granular	[m³-km]	323.38	0.29	93.78
					\$18,555.29

3.8.5. Cómputos métricos para ampliación de sobreebanco norma Perú

➤ **Curva 1:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreebanco			Capa base para sobreebanco			Rodadura para sobreebanco		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
21+470.00	0.32	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+480.00	0.32	0.74	3.25	3.93	3.25	3.93	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21+500.00	0.15	1.36	4.74	20.99	7.99	24.92	16.93	0.29	2.89	2.89	0.16	1.63	1.63	0.05	0.53	0.53
21+510.00	0.28	0.66	2.12	10.08	10.10	35.00	24.90	0.46	3.69	6.58	0.29	2.23	3.86	0.10	0.77	1.30
21+520.00	1.81	4.51	10.24	24.60	20.34	59.59	39.26	0.61	5.21	11.79	0.40	3.37	7.24	0.15	1.23	2.53
21+530.00	1.80	10.50	17.39	69.20	37.72	128.80	91.08	0.81	6.78	18.57	0.55	4.56	11.79	0.21	1.71	4.24
21+540.00	2.98	6.30	22.65	75.73	60.37	204.53	144.16	0.83	7.70	26.27	0.57	5.26	17.05	0.22	1.99	6.23
21+550.00	3.22	6.22	29.27	56.44	89.64	260.97	171.33	0.83	7.81	34.08	0.57	5.34	22.39	0.22	2.03	8.26
21+560.00	2.44	6.24	26.72	56.15	116.37	317.13	200.76	0.83	7.81	41.89	0.57	5.34	27.72	0.22	2.03	10.29
21+570.00	1.82	6.56	20.16	58.00	136.52	375.12	238.60	0.83	7.81	49.70	0.57	5.34	33.06	0.22	2.03	12.31
21+580.00	2.22	6.49	19.06	59.42	155.59	434.54	278.96	0.83	7.81	57.52	0.57	5.34	38.40	0.22	2.03	14.34
21+590.00	2.54	6.32	22.41	58.35	177.99	492.89	314.90	0.83	7.81	65.33	0.57	5.34	43.74	0.22	2.03	16.37
21+600.00	2.82	6.35	25.15	57.92	203.14	550.81	347.67	0.83	7.81	73.14	0.57	5.34	49.07	0.22	2.03	18.40
21+610.00	2.07	6.57	22.97	58.99	226.11	609.80	383.69	0.83	7.81	80.95	0.57	5.34	54.41	0.22	2.03	20.42
21+620.00	1.39	7.23	16.30	62.91	242.42	672.71	430.29	0.83	7.81	88.76	0.57	5.34	59.75	0.22	2.03	22.45
21+630.00	2.06	7.13	16.28	65.40	258.70	738.11	479.41	0.83	7.81	96.57	0.57	5.34	65.08	0.22	2.03	24.48
21+640.00	2.51	7.01	21.56	64.17	280.26	802.28	522.01	0.83	7.81	104.38	0.57	5.34	70.42	0.22	2.03	26.50
21+650.00	2.96	6.88	25.71	63.01	305.97	865.28	559.31	0.83	7.81	112.19	0.57	5.34	75.76	0.22	2.03	28.53
21+660.00	1.38	6.99	20.45	62.95	326.42	928.23	601.81	0.83	7.81	120.00	0.57	5.34	81.10	0.22	2.03	30.56
21+670.00	1.41	7.13	13.24	64.16	339.66	992.39	652.73	0.83	7.81	127.81	0.57	5.34	86.43	0.22	2.03	32.59
21+680.00	1.60	6.83	14.22	63.59	353.88	1055.99	702.11	0.81	7.74	135.55	0.56	5.28	91.72	0.21	2.00	34.59
21+690.00	1.61	2.05	15.30	41.68	369.18	1097.66	728.49	0.62	6.83	142.38	0.41	4.60	96.31	0.15	1.73	36.32
21+700.00	0.14	1.21	8.46	16.13	377.64	1113.79	736.16	0.47	5.31	147.69	0.30	3.45	99.76	0.11	1.26	37.58
21+710.00	0.10	0.77	1.15	9.93	378.79	1123.72	744.93	0.30	3.84	151.53	0.17	2.34	102.10	0.06	0.82	38.39
21+720.00	0.19	0.37	1.45	5.70	380.24	1129.42	749.18	0.00	1.51	153.04	0.00	0.87	102.97	0.00	0.28	38.68
21+740.00	0.26	0.13	4.53	4.96	384.77	1134.38	749.62	0.00	0.00	153.04	0.00	0.00	102.97	0.00	0.00	38.68
21+760.00	0.00	0.68	2.59	8.04	387.36	1142.42	755.06	0.00	0.00	153.04	0.00	0.00	102.97	0.00	0.00	38.68
21+760.09	0.00	0.69	0.00	0.06	387.36	1142.49	755.13	0.00	0.00	153.04	0.00	0.00	102.97	0.00	0.00	38.68

Cálculos pavimentación curva 1	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	153.04 m ³
Base de Material Granular	102.97 m ³
Carpeta de Concreto Asfáltico	38.68 m ³
Imprimación Ejecución:	
Espesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volúmen de Carpeta / Espesor	515.73 m ²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	103.15 m ²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m ²)	618.88 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m ²)	61.89 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m ³)	5.80 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
Item		Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m ³]	153.04	16.10	2463.94
2	Base de Material Granular	[m ³]	102.97	20.84	2145.89
3	Imprimación - Ejecución	[m ²]	515.73	0.35	180.51
4	Riego de Liga - Ejecución	[m ²]	103.15	0.30	30.94
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m ³]	38.68	125.27	4845.44
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	618.88	1.02	631.26
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	61.89	1.11	68.70
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros	[ton]	5.80	1116.98	6480.72
9	Transporte de Material Granular	[m ³ -km]	294.69	0.29	85.46
					\$16,932.86

➤ **Curva 11:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreancho			Capa base para sobreancho			Rodadura para sobreancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
23+280.00	0.01	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
23+300.00	0.65	0.77	6.58	12.53	6.58	12.53	5.95	0.36	3.58	3.58	0.21	2.15	2.15	0.07	0.74	0.74
23+310.00	1.05	0.85	8.32	8.29	14.90	20.82	5.92	0.58	4.61	8.19	0.38	2.92	5.07	0.14	1.05	1.78
23+320.00	2.16	1.01	15.23	9.65	30.13	30.47	0.34	0.76	6.43	14.62	0.52	4.30	9.37	0.20	1.61	3.39
23+330.00	4.27	1.44	29.14	12.90	59.28	43.37	-15.90	0.98	8.11	22.74	0.69	5.57	14.93	0.26	2.12	5.51
23+340.00	4.37	1.57	37.87	15.96	97.14	59.33	-37.81	0.99	8.96	31.70	0.69	6.21	21.15	0.27	2.38	7.89
23+350.00	3.50	1.66	34.42	17.15	131.56	76.48	-55.08	0.99	8.99	40.69	0.69	6.23	27.38	0.27	2.39	10.29
23+360.00	4.14	1.71	33.35	17.87	164.92	94.35	-70.57	0.99	8.99	49.68	0.69	6.23	33.61	0.27	2.39	12.68
23+370.00	3.29	1.66	32.47	17.83	197.38	112.18	-85.20	0.99	8.99	58.67	0.69	6.23	39.85	0.27	2.39	15.07
23+380.00	3.84	1.80	31.16	18.34	228.54	130.52	-98.03	0.99	8.99	67.66	0.69	6.23	46.08	0.27	2.39	17.46
23+390.00	1.95	1.83	25.36	19.23	253.90	149.75	-104.15	0.99	8.99	76.66	0.69	6.23	52.31	0.27	2.39	19.85
23+400.00	2.67	1.86	20.51	19.55	274.41	169.29	-105.11	0.99	8.99	85.65	0.69	6.23	58.54	0.27	2.39	22.24
23+410.00	2.78	2.36	24.18	21.80	298.59	191.10	-107.49	0.99	8.99	94.64	0.69	6.23	64.78	0.27	2.39	24.63
23+420.00	1.11	4.33	17.32	31.77	315.91	222.87	-93.04	0.99	8.99	103.63	0.69	6.23	71.01	0.27	2.39	27.02
23+430.00	1.83	3.62	13.28	36.77	329.19	259.64	-69.55	0.99	8.99	112.62	0.69	6.23	77.24	0.27	2.39	29.41
23+440.00	2.36	6.59	18.87	46.15	348.06	305.79	-42.27	0.99	8.99	121.61	0.69	6.23	83.48	0.27	2.39	31.80
23+450.00	2.61	1.28	22.53	36.44	370.59	342.23	-28.36	0.86	8.50	130.11	0.59	5.86	89.34	0.22	2.24	34.04
23+460.00	0.21	1.12	13.13	12.38	383.72	354.61	-29.11	0.64	7.12	137.23	0.43	4.81	94.15	0.16	1.81	35.86
23+470.00	0.18	1.53	1.90	13.39	385.62	368.00	-17.62	0.41	5.15	142.38	0.26	3.33	97.48	0.09	1.21	37.07
23+480.00	0.00	1.95	0.90	17.46	386.51	385.45	-1.06	0.20	3.05	145.43	0.10	1.75	99.23	0.03	0.57	37.65
23+500.00	0.00	1.87	0.00	38.21	386.51	423.66	37.15	0.00	2.00	147.43	0.00	0.96	100.19	0.00	0.26	37.90
23+520.00	0.00	1.75	0.00	36.18	386.51	459.84	73.33	0.00	0.00	147.43	0.00	0.00	100.19	0.00	0.00	37.90
23+540.00	0.00	0.63	0.01	23.78	386.53	483.62	97.10	0.00	0.00	147.43	0.00	0.00	100.19	0.00	0.00	37.90
23+540.92	0.00	0.55	0.00	0.55	386.53	484.17	97.64	0.00	0.00	147.43	0.00	0.00	100.19	0.00	0.00	37.90

Cálculos pavimentación curva 11	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	147.43 m ³
Base de Material Granular	100.19 m ³
Carpeta de Concreto Asfáltico	37.90 m ³
Imprimación Ejecución:	
Esesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volumen de Carpeta / Espesor	505.33 m ²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	101.07 m ²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m ²)	606.40 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m ²)	60.64 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m ³)	5.69 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
Item		Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m ³]	147.43	16.10	2373.62
2	Base de Material Granular	[m ³]	100.19	20.84	2087.96
3	Imprimación - Ejecución	[m ²]	505.33	0.35	176.87
4	Riego de Liga - Ejecución	[m ²]	101.07	0.30	30.32
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m ³]	37.90	125.27	4747.73
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	606.4	1.02	618.53
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	60.64	1.11	67.31
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polímeros	[ton]	5.69	1116.98	6350.03
9	Transporte de Material Granular	[m ³ -km]	285.52	0.29	82.80
					\$16,535.17

➤ **Curva 21:**

Prog.	Tabla de volumen total de corte - relleno							Capa sub base para sobreancho			Capa base para sobreancho			Rodadura para sobreancho		
	Área de relleno (m ²)	Área de corte (m ²)	Volumen de relleno (m ³)	Volumen de corte (m ³)	Volumen acumulado de relleno (m ³)	Volumen acumulado de corte (m ³)	Volumen neto (m ³)	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado	Área m ²	Volumen m ³	Volumen acumulado
25+720.00	0.00	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25+740.00	0.00	0.63	0.05	14.87	0.05	14.87	14.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25+750.00	0.03	0.73	0.18	6.79	0.23	21.65	21.42	0.25	1.27	1.27	0.14	0.68	0.68	0.04	0.21	0.21
25+760.00	0.12	1.16	0.76	9.46	0.99	31.11	30.12	0.45	3.51	4.78	0.28	2.10	2.78	0.10	0.71	0.93
25+770.00	0.12	3.47	1.17	22.75	2.15	53.86	51.70	0.67	5.52	10.30	0.45	3.61	6.39	0.17	1.33	2.25
25+780.00	0.01	6.94	0.60	49.80	2.76	103.66	100.90	0.89	7.56	17.87	0.62	5.15	11.54	0.24	1.95	4.20
25+790.00	0.34	15.50	1.65	103.50	4.41	207.16	202.75	0.99	8.94	26.81	0.69	6.18	17.72	0.27	2.37	6.57
25+800.00	0.48	21.84	3.88	169.15	8.29	376.30	368.02	0.99	9.35	36.16	0.69	6.50	24.22	0.27	2.50	9.06
25+810.00	0.85	21.83	6.23	197.11	14.52	573.42	558.90	0.99	9.35	45.51	0.69	6.50	30.71	0.27	2.50	11.56
25+820.00	0.39	22.32	5.81	199.19	20.33	772.60	752.27	0.99	9.35	54.86	0.69	6.50	37.21	0.27	2.50	14.05
25+830.00	0.12	21.99	2.41	199.52	22.74	972.13	949.39	0.99	9.35	64.21	0.69	6.50	43.70	0.27	2.50	16.55
25+840.00	0.35	20.97	2.24	193.51	24.98	1165.63	1140.66	0.99	9.35	73.56	0.69	6.50	50.20	0.27	2.50	19.04
25+850.00	0.55	22.11	4.26	193.84	29.24	1359.47	1330.23	0.99	9.35	82.91	0.69	6.50	56.69	0.27	2.50	21.54
25+860.00	1.07	20.30	7.63	190.50	36.87	1549.96	1513.10	0.99	9.35	92.26	0.69	6.50	63.19	0.27	2.50	24.03
25+870.00	0.78	14.54	8.71	157.11	45.58	1707.08	1661.50	0.99	9.35	101.61	0.69	6.50	69.68	0.27	2.50	26.53
25+880.00	0.29	6.66	5.08	96.74	50.65	1803.82	1753.16	0.99	9.35	110.97	0.69	6.50	76.18	0.27	2.50	29.02
25+890.00	0.32	11.29	2.94	82.56	53.59	1886.37	1832.78	0.99	9.35	120.32	0.69	6.50	82.67	0.27	2.50	31.52
25+900.00	0.61	10.09	4.41	97.57	58.00	1983.95	1925.95	0.99	9.35	129.67	0.69	6.50	89.17	0.27	2.50	34.01
25+910.00	1.06	6.32	7.82	75.15	65.82	2059.10	1993.28	0.99	9.35	139.02	0.69	6.50	95.66	0.27	2.50	36.51
25+920.00	0.49	5.14	7.25	53.30	73.07	2112.40	2039.33	0.99	9.35	148.37	0.69	6.50	102.16	0.27	2.50	39.00
25+930.00	1.81	1.53	10.67	31.99	83.74	2144.39	2060.65	0.99	9.35	157.72	0.69	6.50	108.65	0.27	2.50	41.50
25+940.00	2.44	1.45	19.66	15.43	103.39	2159.82	2056.43	0.99	9.35	167.07	0.69	6.50	115.15	0.27	2.50	43.99
25+950.00	3.41	1.34	27.03	14.47	130.43	2174.29	2043.87	0.99	9.35	176.42	0.69	6.50	121.64	0.27	2.50	46.49
25+960.00	3.15	1.31	30.21	13.75	160.64	2188.05	2027.41	0.99	9.33	185.76	0.69	6.48	128.13	0.26	2.49	48.98
25+970.00	1.34	1.33	20.93	13.64	181.57	2201.68	2020.11	0.81	8.57	194.32	0.55	5.90	134.03	0.21	2.26	51.24
25+980.00	0.60	1.22	9.31	13.00	190.88	2214.69	2023.81	0.61	6.88	201.2	0.40	4.63	138.66	0.15	1.74	52.97
25+990.00	0.00	1.53	2.94	13.79	193.82	2228.48	2034.66	0.39	4.91	206.11	0.24	3.15	141.80	0.08	1.14	54.11
26+000.00	0.00	1.17	0.00	13.51	193.82	2241.99	2048.17	0.00	1.94	208.05	0.00	1.19	142.99	0.00	0.41	54.53
26+020.00	0.00	1.93	0.00	30.97	193.82	2272.95	2079.13	0.00	0.00	208.05	0.00	0.00	142.99	0.00	0.00	54.53
26+040.00	0.00	0.93	0.00	28.51	193.82	2301.46	2107.65	0.00	0.00	208.05	0.00	0.00	142.99	0.00	0.00	54.53
26+042.00	0.00	1.01	0.00	1.93	193.82	2303.39	2109.58	0.00	0.00	208.05	0.00	0.00	142.99	0.00	0.00	54.53

Cómputos pavimentación curva 21	
Sobreancho:	
Sub Base Granular	208.05 m³
Base de Material Granular	142.99 m³
Carpeta de Concreto Asfáltico	54.53 m³
Imprimación Ejecución:	
Espesor de la carpeta	0.075
Área de Imprimación Carpeta: Volúmen de Carpeta / Espesor	727.07 m²
Riego de Liga - Ejecución:	
Se considera un 20% de la Imprimación	145.41 m²
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	
Cantidad de Aplicación 1.2 (lt/m²)	872.48 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.6 (lt/m²)	87.25 lt
Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	
Cantidad de Aplicación 0.15 (ton/m³)	8.18 ton

Planilla pavimentación sobreancho					
Item		Unidad	Cantidad	P.U. (\$US)	Total
1	Sub Base de Material Granular	[m³]	208.05	16.10	3349.61
2	Base de Material Granular	[m³]	142.99	20.84	2979.91
3	Imprimación - Ejecución	[m²]	727.07	0.35	254.47
4	Riego de Liga - Ejecución	[m²]	145.41	0.30	43.62
5	Carpeta de Concreto Asfáltico en Caliente con Polímero - Ejecución	[m³]	54.53	125.27	6830.97
6	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Imprimación	[lt]	872.48	1.02	889.93
7	Suministro de Asf. Diluido/Emulsión p/Riego de Liga	[lt]	87.25	1.11	96.85
8	Suministro de Cemento Asfáltico Modificado con Polimeros	[ton]	8.18	1116.98	9136.34
9	Transporte de Material Granular	[m³-km]	405.57	0.29	117.62
					\$23,699.32

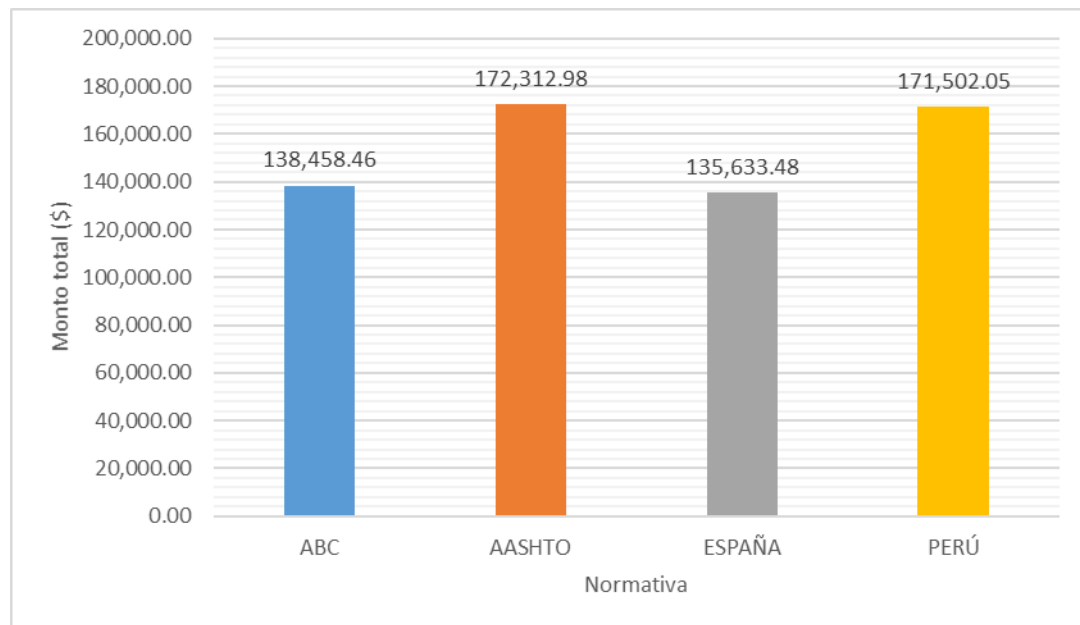
3.9. Análisis de costos en base al presupuesto referencial

Tabla 9. Resumen de costos para cada norma

	Curva 1	Curva 11	Curva 21	Total (\$)
ABC	13,501.17	13,496.36	19,155.29	138,458.46
AASHTO	16,932.86	16,805.48	23,699.32	172,312.98
ESPAÑA	13,501.17	13,154.70	18,555.29	135,633.48
PERÚ	16,932.86	16,535.17	23,699.32	171,502.05

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12. Incremento debido al sobrecosto



Fuente: Elaboración propia.

La determinación del ancho adicional de calzada afectará el presupuesto destinado para la construcción de vías, por lo tanto, es importante especificar técnicamente el procedimiento óptimo que permita calcular ampliaciones de vía adecuados.

Es importante destacar que los costos son no recurrentes, es decir, no es un costo que se aplique de forma periódica. Los beneficios de los usuarios, están dados por los ahorros en los costos de operación vehicular, ahorros en costos de tiempo de viaje, reducción en los costos de posibles accidentes.

El objetivo de realizar el análisis económico es debido a la importancia de los costos al momento de seleccionar el tipo de metodología con la mejor rentabilidad.

El análisis debe incluir todos los costos de inversión para el incremento del sobreebanco, realizando el análisis de precios unitarios y comparar los costos de pavimento flexible de cada una de las metodologías, diseñado para las mismas condiciones con las metodologías planteadas.

Se puede observar fácilmente en el Gráfico 12, el comportamiento de las diferencias en los presupuestos cuando se realiza la ampliación por incremento de sobreebanco. Primeramente, se puede observar la diferencia en los montos con y sin sobreebanco empírico que corresponde a los montos de las normativas AASHTO y Perú en comparación con los montos de las normativas ABC y España.

Se puede observar la tendencia del ahorro que se tiene cuando no se aplica el sobreebanco empírico. La primera de ellas muestra el comportamiento del ahorro en montos. Se puede observar que para las curvas diseñadas con las metodologías AASHTO y Perú se vuelve más caro en radios de giro cortos. Es a partir de los radios de 250 metros que tal elemento comienza a convertirse en una buena alternativa. En tal sentido se puede entender que el sobreebanco empírico tiene su precio y puede no ser una alternativa económica para curvas con radios de giro cortos.

Sin embargo, es digno de notar que los porcentajes de ahorro para las normas ABC y España varían aproximadamente 24.45% (33,854.52\$) para la curva la ampliación de las 3 curvas. Esto es sencillamente relevante cuando se trata de inversiones tan altas como son las carreteras.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se han analizado las variables que inciden en el cálculo del sobreebancho, indicando que los factores que repercuten en la obtención del valor de sobreebancho es el radio de curvatura siendo este el que mayor incidencia resalta cuando sus valores son inferiores a los mínimos, seguido de las dimensiones del vehículo de diseño, para este proyecto se empleó un vehículo articulado. A partir de esto se concluye lo siguiente:

- El análisis de resultados indicó que, de acuerdo a las dimensiones de vehículo de diseño, y radio de giro, la metodología que proporciona sobreebanchos óptimos es la normativa ABC.
- Los resultados, señalaron que, en un rango específico de radio, el sobreebancho empírico de curva incide en el valor de sobreebancho. Dicho valor es recomendado por las normativas AASHTO y Perú.
- De acuerdo a los resultados no se recomienda el uso del sobreebancho empírico en vías con topografía montañosa esto debido a que, en radios de giro corto, la expresión arroja valores significativos, siendo estos valores un aumento considerable al presupuesto de construcción, por lo tanto, es importante especificar técnicamente el procedimiento óptimo que permita calcular ampliaciones de vía adecuados.
- Las normativas AASHTO y Perú no son metodologías a emplear como óptimas, debido a la inclusión del sobreebancho empírico, mismo que presenta valores considerables, especialmente en radios de giro corto como se pudo apreciar en el análisis comparativo. A la vez generara un mayor costo de inversión.
- A pesar de tener un mayor costo en la normativa ABC en comparación de la normativa de España, siendo una diferencia mínima, se define a la normativa ABC como la normativa óptima para el diseño de sobreebancho con un vehículo Semitrailer y la topografía de nuestro departamento, esto debido a que nuestra normativa presenta su formulación a partir de un análisis geométrico para dicho vehículo y de acuerdo a la topografía de nuestro medio. La normativa de España sugiere una formulación para vehículos en general. Se pretendía obtener

resultados próximos a la realidad y con este concepto se define a la normativa ABC.

- Se cumple con lo mencionado por la norma AASHTO, el sobreancho disminuye con el radio de curvatura.
- El sobreancho empírico incide en los resultados para los radios de curvatura inferiores al mínimo, esto debido a que dicha ecuación integra al radio de curvatura, a partir del radio mínimo la tendencia disminuye y cuando no se usa este valor los resultados tienen un rango bajo de diferencia.
- El sobreancho empírico es el sobreancho que se adiciona por seguridad, por la dificultad de maniobra. Esta dificultad se presenta en realidad en los radios superiores o inferiores al límite, pero con mayor incidencia en las curvas de radios inferiores a los mínimos. Cuando el radio es superior al límite máximo, hasta se podría prescindir del sobreancho.
- Los resultados de los sobreanchos calculados por las normas establecidas para el presente proyecto, presentan similitudes cuando solo se aplican las expresiones geométricas. Teniendo una tendencia con diferencia de 0.1 a 0.2 metros.
- La ecuación planteada por nuestra norma parte del análisis Geométrico. El cálculo detallado del sobreancho en curvas circulares de carreteras y caminos se desarrolló mediante el análisis geométrico de las trayectorias que describen los diferentes vehículos, considerando el ancho de la calzada y las huelgas definidas en la Tabla 1; los resultados obtenidos quedan bien representados por las expresiones simplificadas que permiten calcular el Ensanche Total requerido para un vehículo articulado.
- Se concluye que, lo que se busca para el desarrollo de un proyecto de diseño de carreteras es simplicidad en sus ecuaciones, debiendo estas presentar eficiencia, y aspectos que contribuyen a un fácil desarrollo, se elige la norma ABC como la norma que proporciona sobreanchos óptimos para nuestras carreteras, se tomó esta decisión debido a que en el punto anterior se especifica el análisis del que parte la ecuación. Análisis que cumple con las holguras teóricas.

- Finalmente queda a criterio del diseñador construir anchos de calzadas apropiados que no generen mayores costos de construcción, o en su defecto, riesgos de circulación para vías que presenten radios mínimos de giro y tráfico de vehículos de carga.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda hacer un levantamiento del parque automotor vigente que circula en el territorio nacional y evaluar una ficha por cada vehículo en la sección de semirremolques con las dimensiones reales, ya que este factor incide en la determinación del sobreancho requerido en las vías, igualmente, en futuras investigaciones se sugiere evaluar esta variable geométrica (sobreancho), para la nueva clase de vías que se están construyendo actualmente.
- Se propone para trabajos futuros, que la herramienta académica presentada, sea mejorada, de manera que se puedan efectuar cálculos de sobreancho no solo para vehículos de gran envergadura, sino que a su vez pueda realizar el cálculo para diferentes tipos de vehículos.
- Debido al alcance se ha sugerido como trabajos futuros y de mayor análisis realizar un estudio a detalle que permita estipular el sobreancho mínimo requerido de acuerdo a las características de sección de vehículos de mayor envergadura en curvas horizontales para el diseño de vías en Bolivia.