3. Análisis de riesgos asociados al transporte de sistemas fotovoltaicos por tipología de trayecto.

3.1 Transporte Terrestre Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE).

A través de este tipo de transporte se realiza un alto porcentaje del trasporte de carga en Colombia, incluyendo los sistemas fotovoltaicos, los cuales se clasifican como Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) y que son una apuesta para generación de energía eléctrica alternativa. El transporte terrestre, es el segmento más controlado del sistema logístico, caracterizado por el uso de estándares internacionales de embalaje, manipulación mecanizada y trazabilidad de la carga

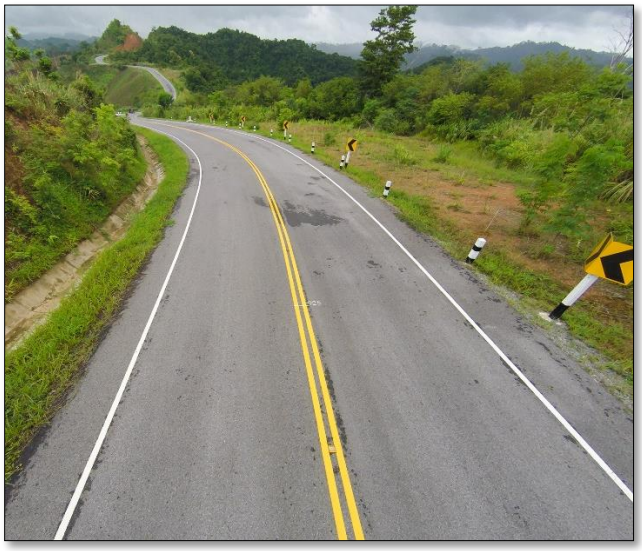
3.1.1 Vías de primer y segundo orden.

De acuerdo con la Guía para la categorización de la red vías nacional expedida por el Ministerio de Transporte las vías de primer orden *“son aquellas que cumplan con la función de integrar las principales zonas de producción y consumo del país, y de éste con los demás países, que comuniquen con los puertos y aeropuertos de nivel nacional e internacional, además que su construcción y/o mejoramiento se haya realizado por compromiso del Gobierno Nacional a través de convenios o pactos internacionales, El volumen de tránsito sea igual o superior a 700 vehículos diarios, estén construidas en doble calzada o calzada sencilla, esta última mayor o igual a 7:30 m de ancho”.*



Para las vías de segundo orden la Guía para la categorización de la red vías nacional expedida por el Ministerio de Transporte, las define como *“aquellas cuya*

función permita la comunicación entre dos o más municipios o con una vía de primer orden, su volumen de tránsito sea igual o superior a 150 vehículos por día y menor de 700 vehículos por día, que estén construidas en calzada sencilla cuyo ancho sea menor de 7,30 m y la población servida en cabecera municipal corresponda a una cantidad superior a 15.000 habitantes".



Para el tramo logístico "vías primer orden", corresponde al desplazamiento de los equipos de los sistemas fotovoltaicos, desde los puertos marítimos hacia los centros de acopio principales. el transporte se realiza en condiciones de infraestructura relativamente favorables, caracterizadas por superficies pavimentadas, continuidad operativa y capacidad para movilizar carga pesada. Sin embargo, estas ventajas se ven contrarrestadas por condiciones de alta exigencia dinámica, tales como velocidades elevadas, interacción constante con transporte pesado y eventos de tránsito de alta energía.

En las vías de segundo orden, conecta los centros de acopio principal con bodegas regionales o municipales e introduce un cambio significativo en la dinámica logística, debido a la fragmentación de la carga y a la necesidad de redistribución de los equipos, las condiciones de transporte cambian hacia un entorno caracterizado por irregularidades en la superficie, curvas cerradas y pendientes pronunciadas.

3.1.2 Tipo Vehículo.

En las vías de primer orden se emplean vehículos de carga pesada, principalmente tractocamiones con semirremolques y sistemas de contenedores, lo que permite transportar grandes volúmenes de equipos en condiciones estandarizadas. La carga suele organizarse mediante contenedores, pallets certificados y sistemas de sujeción mecánica que buscan minimizar el movimiento interno de los materiales.



Para las vías de segundo orden se utilizan vehículos de carga media, como camiones rígidos tipo NPR, NQR o doble troque, adecuados para el transporte de volúmenes intermedios



3.1.3 Riesgos asociados al transporte.

En cuanto a los riesgos asociados al transporte de sistemas fotovoltaicos para las vías de primer y segundo orden en Colombia, se tendrán en cuenta tres aspectos a considerar:

3.1.3.1 Riesgos intrínsecos asociados a los componentes del sistema fotovoltaico.

Para este subacápite se tendrán en cuenta los componentes que posiblemente pueden ser susceptible de un mayor riesgo.

3.1.3.1.1 Paneles fotovoltaicos.

El riesgo aquí es la colisión de alta energía. Un choque a 80 km/h en una troncal puede comprimir los módulos de litio, provocando un incendio químico inmediato que emite gases tóxicos

Al ser las rutas principales existe un mayor riesgo de accidentes de tránsito por alta velocidad. También el tránsito a velocidades constantes sobre juntas de dilatación en puentes o pavimentos rígidos puede generar vibraciones que causan microfisuras invisibles al ojo humano, pero que reducen la vida útil del panel.

El efecto vela en zonas de altos vientos, sí la carga no está herméticamente sellada, la succión del aire puede desestabilizar los estibas o incluso desprender vidrios templados.

3.1.3.1.2 Los inversores y reguladores de carga.

Este tipo de componentes son susceptibles fallos internos por vibración. El desprendimiento de componentes, fatiga de soldadura pueden ser ocasionados por vibraciones de alta frecuencia. Los choque mecánicos de alta intensidad ocasionados por baches pueden soltar transformadores internos, dañar ventiladores de refrigeración o provocar el desajuste de terminales de conexión, lo que genera arcos eléctricos al entrar en operación.

3.1.3.1.3 Baterías de ion-litio.

Un choque a una velocidad de 80 km/h en una troncal puede comprimir los módulos de litio, provocando un incendio químico inmediato que emite gases tóxicos. El riesgo aquí es la colisión de alta energía. Los baches pueden generar vibraciones que pueden causar desprendimientos internos de los electrodos o cortocircuitos por vibración constante.

3.1.3.1.4 El subsistema de conducción y protección eléctrica.

Las vibraciones en carretera y los baches fuertes afectan la precisión de las protecciones eléctricas, causando desajustes internos que derivan en disparos en falso o inacción ante cortocircuitos. Además, estos impactos pueden fracturar las carcasas de los interruptores y dañar internamente los DPS, dejando el sistema vulnerable a descargas atmosféricas sin que el fallo sea evidente.

3.1.3.1.5 Estructuras de soporte y los elementos del subsistema BOS.

Las vibraciones constantes pueden aflojar conexiones en cajas de combinación o causar microfisuras en los materiales del BOS antes de su instalación. Asímismo, las estructuras de soporte como perfiles de acero a menudo superan las dimensiones estándar, lo cual genera riesgos de colisión en túneles o bajo puentes con gálibos limitados.

3.1.4 Riesgos asociados a operarios.

En Colombia, existen riesgos asociados al transporte de los sistemas fotovoltaicos por vías terrestres, en las vías de primer y segundo orden, se pueden presentar riesgos por alta velocidad, fatiga del conductor en trayectos largos y colisiones con otros vehículos de carga.

También los conductores posiblemente presentan riesgos al enfrentar tramos con curvas cerradas, pendientes pronunciadas y riesgos de derrumbes que pueden provocar volcamientos, especialmente con estructuras sobredimensionadas.

En cuanto al proceso de cargue y descargue de los sistemas fotovoltaicos de los vehículos transportadores, es recomendable realizarlo mediante montacargas, los cuales deben se operados por personal cualificado.

Asímismo, al realizar la manipulación de la carga de forma manual, se pueden presentar riesgos de sobreesfuerzos, también existe el riesgo de golpes y

atrapamientos, debido a la manipulación de cargas pesadas y transito en zonas difíciles o complejas.

3.1.4 Riesgos ambientales.

Con relación al riesgo ambiental asociado al trasporte de los sistemas fotovoltaicos la lixiviación, derrame y contacto de cualquier componente contaminante con algún recurso natural puede ocasionar posible deterioro.

Tambien los derrames accidentales de combustibles necesarios para la operación de los vehículos y posibles componentes químicos de baterías o transformadores en el subsistema BOS conlleva el riesgo de vertidos que contaminan suelos y fuentes hídricas.

3.2.2 Transporte terrestre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónico (RAEE) y Residuos Peligroso (Respel).

Los sistemas fotovoltaicos se transportan hacia lugares donde van a ser instalados por vía terrestre, fluvial o marítima. El transporte de realiza en dos etapas la primera es la de ingreso donde los sistemas fotovoltaicos son clasificados como Aparatos Eléctricos y Electrónicos y después ser instalados, de funcionar y de cumplir su ciclo de vida los sistemas fotovoltaicos son clasificaos como Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y algunos de sus componentes clasifican como Residuos Peligrosos (RESPEL).

La segunda consiste en extraer estos residuos y se deben transportar hacia gestores que son centros de recolección autorizados para su tratamiento especializado y disposición final que generalmente están ubicados en ciudades intermedias y principales.

Los riesgos asociados al transporte de RAEE y RESPEL por vías de primer y segundo orden son la accidentabilidad por alta velocidad, lo cual puede generar derrame de sustancias toxicas presentes en los paneles como plomo, mercurio y cadmio por ruptura del contenedor.

Otro riesgo asociado es la inestabilidad de la carga debido a la deficiente pavimentación de vías y la geometría compleja de algunas de éstas. También, un volcamiento puede generar un derrame accidental de lixiviados de batería.