

Tecnologías de transporte por cable aéreo para condiciones de ladera

Alfonso Cubillos Varela
Juan Carlos Lesmes Suárez
Juan Sebastián Murcia
Sergio Duván Murcia
Viviana Marcela Varón Ramírez
Adriana Marcela Santacruz

Colección Prácticas Agropecuarias
2023

COLOMBIA POTENCIA DE LA VIDA

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Gobernación de Boyacá | Boyacá Avanza

Tecnologías de transporte por cable aéreo para condiciones de ladera

Alfonso Cubillos Varela
Investigador PhD Asociado
C.I. Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca
acubillos@agrosavia.co

Juan Carlos Lesmes Suárez
Profesional de Apoyo a la Investigación
C.I. Tibaitatá, Sede Cimpa, Barbosa, Santander
jlesmes@agrosavia.co

Juan Sebastián Murcia
Profesional de Apoyo a la Investigación
C.I. Tibaitatá, Sede Cimpa, Barbosa, Santander
jsmurcia@agrosavia.co

Sergio Duván Murcia
Profesional de Apoyo a la Investigación
C.I. Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca
sdmurcia@agrosavia.co

Viviana Marcela Varón Ramírez
Investigadora Máster
C.I. Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca
vvaron@agrosavia.co

Adriana Marcela Santacruz
Investigadora Máster
C.I. Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca
amsantacruz@agrosavia.co

Mosquera, Colombia, 2023

Tecnologías de transporte por cable aéreo para condiciones de ladera. / Alfonso Cubillos Varela [y otros cinco] – Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA, 2023.

36 páginas (Colección Transformación del Agro)
Incluye referencias, gráficos y tablas.
ISBN e-Book: 978-958-740-639-9

1. Transporte aéreo 2. Terreno en declive 3. Mecanización agrícola 4. Tecnología 5. Innovación 6. Análisis de costos.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura -Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia

Centro de Investigación Tibaitatá,

Mosquera – Cundinamarca. Código postal 250047 Colombia.

Esta publicación es resultado del proyecto “Diseño y validación de un sistema de transporte de caña panelera por cable en el departamento de Boyacá”.

Colección: Prácticas Agropecuarias

Tipología: Folleto

Primera edición, marzo de 2023

ISBN-e: 978-958-740-639-9

DOI: https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7406399

Preparación editorial:

Editorial Agrosavia

editorial@agrosavia.co

Líder editorial: Astrid Verónica Bermúdez

Edición: Felipe Solano Fitzgerald

Diseño y diagramación: Julián Hernández - Taller de diseño

Ilustraciones: Juan Felipe Martínez Tirado

Citación sugerida: Cubillos Varela, A., Lesmes-Suárez, J. C., Murcia, J. S., Murcia, S. D., Varón-Ramírez, V. M., & Santacruz, A. M. (2023). *Tecnologías de transporte por cable aéreo para condiciones de ladera.* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia. https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7406399

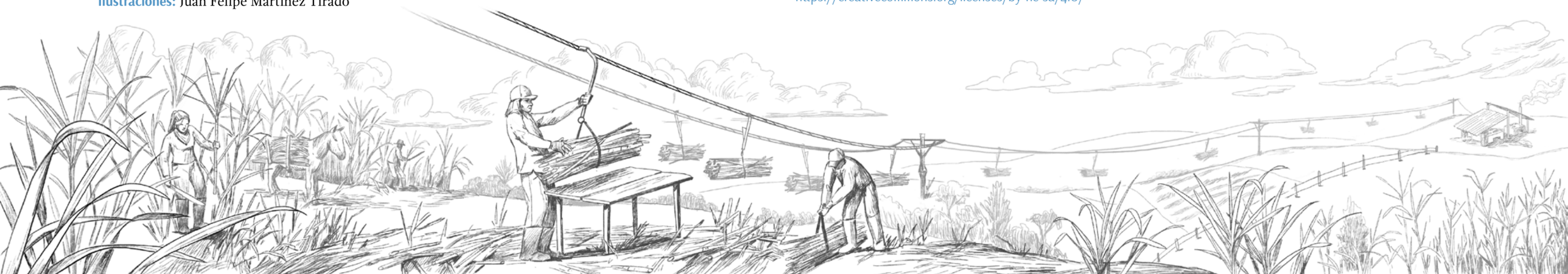
Cláusula de responsabilidad: Agrosavia no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

http://www.agrosavia.co/

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/





Contenido

Agradecimientos 5

Introducción 6

Transporte de productos agrícolas en condiciones de ladera 9

Sistemas de transporte por cable aéreo 11

Sistemas de transporte por cable para condiciones de baja pendiente 12

Sistemas de transporte por cable para condiciones de ladera 12

Monocable por gravedad 13

Tricable por gravedad 15

Monocable motorizado 17

Bicable motorizado 18

Tricable motorizado 19

Etapas para implementar los sistemas de transporte por cable 21

Análisis de factibilidad 21

Condiciones productivas 22

Condiciones tecnológicas 23

Diseño del sistema 24

Diseño general 24

Diseño específico 26

Construcción de componentes 27

Instalación del sistema en el predio 28

Ajuste y evaluación 28

Recomendaciones de uso y mantenimiento 29

Alternativas de acceso y financiación 30

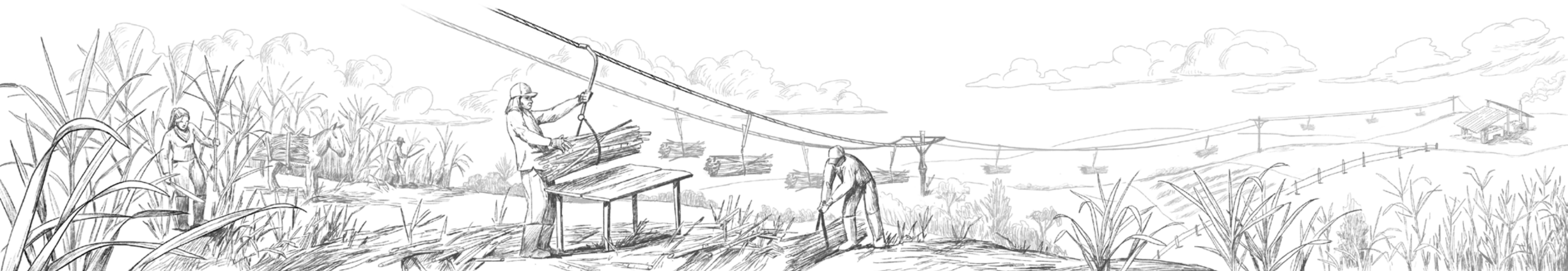
Recursos propios de los agricultores y de las organizaciones de productores 31

Finagro y acceso al sector bancario 31

Proyectos especiales en articulación con aliados del sector 32

Cooperación con instituciones de orden territorial 32

Referencias 33

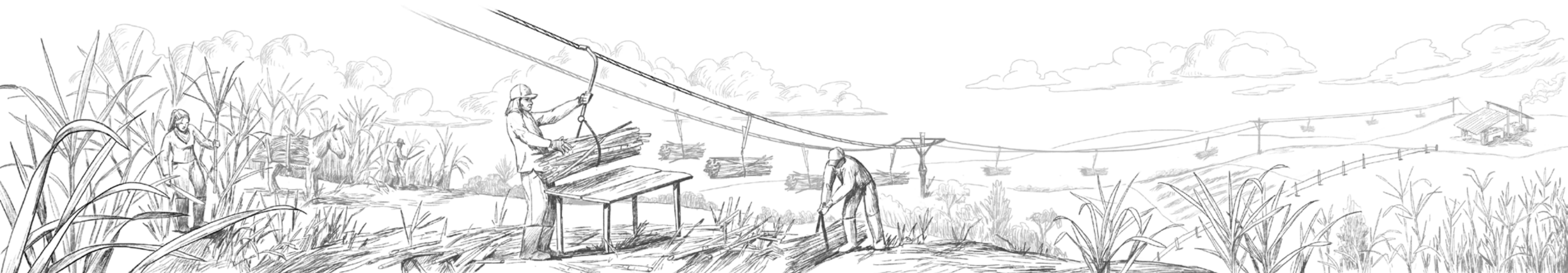




Agradecimientos

A la Gobernación de Boyacá, que financia este documento a través del Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas, por medio del proyecto “Diseño y validación de un sistema de transporte de caña panelera por cable en el departamento de Boyacá”, código 710686578668, adscrito a la Convocatoria 865 de 2019.

A la Federación Nacional de Productores de Panela (Fedepanela) por su apoyo en la implementación y evaluación de los sistemas de transporte por cable.



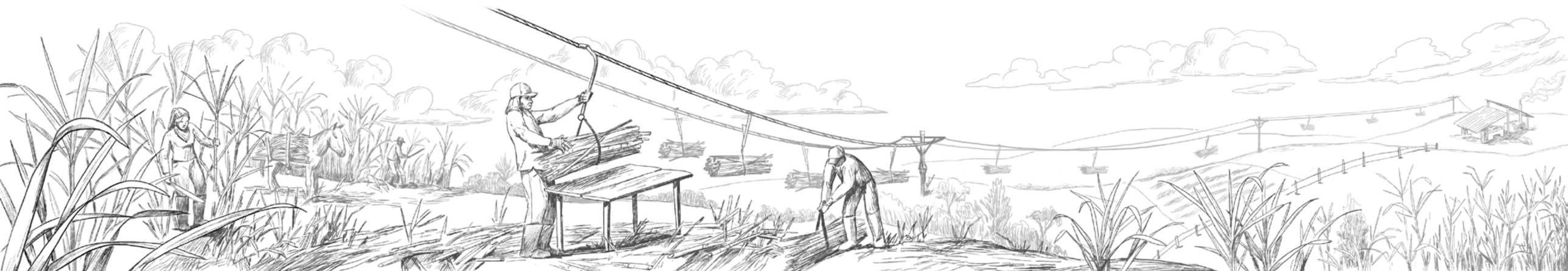


Introducción

En los últimos años, en el sector agrícola colombiano se han desarrollado e implementado diversos avances en la mayoría de los eslabones productivos, tales como el manejo sanitario y fitosanitario, el manejo del sistema de cultivo y de los procesos de cosecha, poscosecha y transformación, entre otras áreas (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación [Colciencias] et al., 2016). Aun así, el desarrollo e innovación de tecnologías de mecanización agrícola es restringido, entre otras razones por los bajos niveles de capitalización de los agricultores, pues cerca del 84 % no tienen maquinaria o infraestructura para realizar sus actividades (Colciencias et al., 2016; Perfetti, 2019). En este sentido, actividades culturales como la preparación de suelo, siembra, fertilización, control de arvenses, cosecha y transporte de los productos agrícolas se hacen principalmente de forma manual o con la ayuda de animales de carga o de tiro.

Asimismo, es importante mencionar que los procesos de mecanización también resultan afectados porque el 65,6 % de la producción agrícola del país se realiza en la cordillera de los Andes (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2016), donde predominan las zonas de ladera con pendientes que pueden ir desde el 5 % al 75 % (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 1999).

El transporte de los productos agrícolas en condiciones de ladera resulta más afectado durante las temporadas de lluvias por la erosión de los caminos, las crecientes de los ríos y la deficiente infraestructura vial en áreas rurales, sobre todo porque solo el 6 % de la red vial terciaria en el país se encuentra pavimentada, el 70 % tiene afirmado y el 24 % corresponde a vías en tierra, de las cuales solo el 33,5 %, el 15,5 % y el 18,5 %, respectivamente, están en buen estado (Gáfaro et al., 2019).

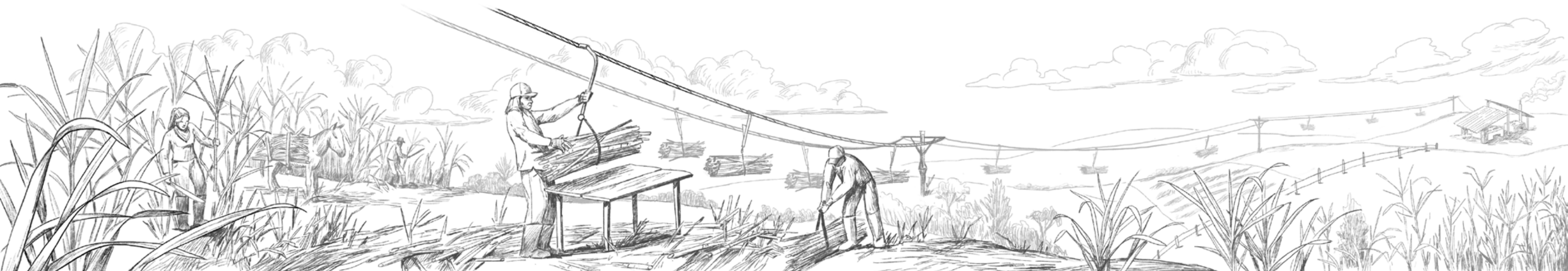


Adicionalmente, la migración de la población rural a los centros urbanos reduce la disponibilidad de mano de obra para el transporte de productos agrícolas (Fajardo, 2001), lo cual genera problemas logísticos para la administración y programación del trabajo (Álvarez et al., 2009). Además, la Ley 1774 de 2016, en la cual se reconoce a los animales de carga como seres sintientes, plantea nuevos retos de sostenibilidad y la necesidad de un cambio en las tradicionales prácticas en uso de animales de carga para actividades logísticas agrícolas en el corto plazo.

Todos estos factores influyen en que se incrementen los costos de producción de ciertos rubros en los principales productos agrícolas. Por ejemplo, en la producción de panela en la hoya del río Suárez el alce y transporte de la caña desde los lotes de cultivo hacia el trapiche representa en promedio el 20 % de los costos de producción (Sánchez & Forero, 2016).

En este contexto, los sistemas de transporte por cable aéreo en condiciones de ladera son una alternativa para un gran número de productos agrícolas. También se han aplicado con éxito en el país para el transporte de pasajeros, como sucede en Medellín, Bogotá y Manizales, en donde se han utilizado para solucionar las dificultades de transporte en zonas de ladera o en condiciones geográficas que obstaculizaban el transporte terrestre (Mejía, 2019). A la vez, estos sistemas ofrecen una solución innovadora y económica que puede ayudar a muchos residentes en sectores urbanos a mejorar su acceso al mercado laboral y las oportunidades con seguridad y menor costo (Banco Mundial, 2018).

El transporte por cable aéreo tiene una alta posibilidad de aplicación y mejoraría la productividad en el sector agrícola en Colombia y otros países de



América Latina, teniendo en cuenta que el indicador de productividad agrícola ha sido impulsado más por el cambio técnico que por la eficiencia de producción expresada en rendimiento por hectárea (Colciencias et al., 2016).

Por tanto, el desarrollo, la innovación, la adaptación y la apropiación social de tecnologías sostenibles de transporte contribuirá en los siguientes aspectos:

1. Mejorar la productividad con un incremento de rendimiento y la disminución de costos de producción.

2. Disminuir el uso de animales de carga y la erosión del suelo.

3. Incrementar la resiliencia de las comunidades frente a los efectos de fuertes precipitaciones y la erosión.

Específicamente, este folleto tiene el propósito de promover la adopción de las tecnologías de transporte de carga por cable aéreo en condiciones de ladera para productos agrícolas en Colombia. Partiendo del contexto de la producción agropecuaria en condiciones de ladera, el documento presenta:

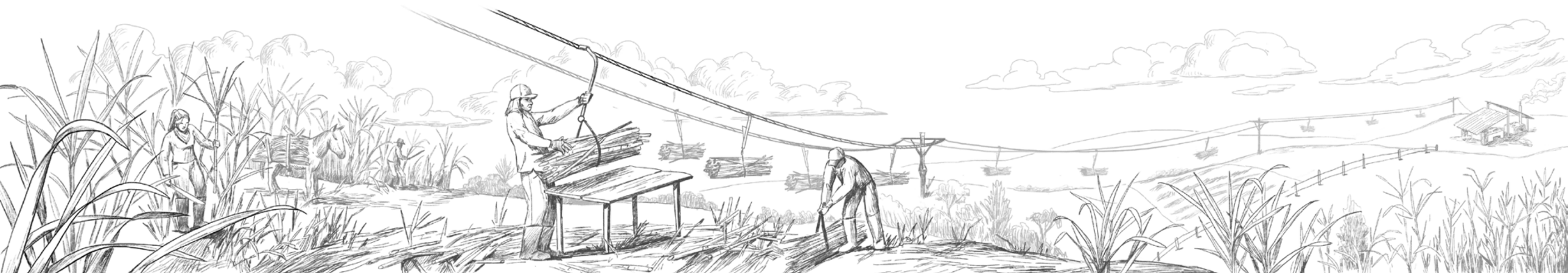
1. Los distintos tipos de sistemas de transporte por cable aéreo.

2. Las estrategias para seleccionar el sistema más adecuado de acuerdo con las condiciones productivas y las necesidades de los agricultores.

3. Los componentes y el funcionamiento de los sistemas de transporte por cable aéreo.

4. Las etapas de implementación y las recomendaciones de uso.

5. Las alternativas de acceso y financiación.





Transporte de productos agrícolas en condiciones de ladera

La producción agrícola representa el segundo renglón productivo más importante de Colombia, en donde la mayoría de los cultivos permanentes y transitorios están ubicados en zonas por encima de los 1.000 m. s. n. m. En estas regiones predominan condiciones topográficas de tipo montañoso de media y alta pendiente, lo cual limita la mecanización de las principales labores agrícolas y dificulta el transporte de los productos agrícolas. Este último proceso resulta afectado además por la limitada adecuación de infraestructura, de manera que es uno de los cuellos de botella que prevalecen para aprovechar todo el potencial de desarrollo agrícola que tiene el país (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2015).

En estas condiciones, en la gran mayoría de las zonas productivas el transporte de productos agrícolas se sigue haciendo de forma artesanal con animales de carga (mulares) (figura 1) debido, entre otras razones, a la flexibilidad que ofrece este tipo de



Figura 1. Condiciones del transporte de caña panelera en mulares.

Fotos: Richard Jhon Sánchez



transporte y a la deficiente infraestructura logística con que cuenta el país.

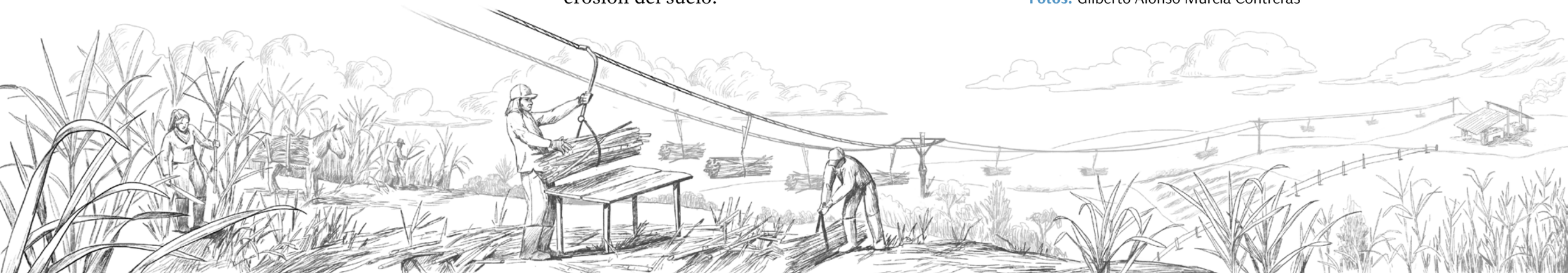
Por ejemplo, dependiendo la zona del país, en el sistema productivo de caña para la producción de panela en Colombia la capacidad de carga de una mula oscila entre 160 kg y 250 kg de caña, y se desplaza a una velocidad promedio de 3,7 km/hora en distancias que pueden variar entre 600 m y 3 km. De esta manera, se estima una eficiencia menor al 50 %, debido a que la mula realiza sin carga su desplazamiento al lote o punto de cosecha. Además, las mulas tienen una productividad de carga de alrededor 1,8 toneladas por km/día, y un costo logístico cercano a los $ 10.000 por tonelada/kilómetro (t/km). De manera que, en la producción de panela, el costo logístico de transporte representa alrededor del 35 % de los costos de producción.

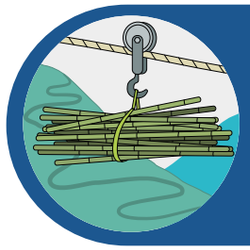
Como sistema de transporte alternativo, en algunas regiones los productores emplean vagones tirados por tractores, así como volquetas y camiones, como se aprecia en la figura 2. Sin embargo, estos mecanismos requieren la construcción y mantenimiento de vías, desagües, puentes e infraestructura complementaria, lo cual tiene un alto costo para el agricultor. Además, se debe tener en cuenta que el uso de los vehículos de carga acelera el deterioro de las vías, su empleo en temporada de lluvias es limitado y la construcción de carreteras reduce la disponibilidad de terreno para la producción agrícola y favorece la erosión del suelo.



Figura 2. Camiones y tractores utilizados para el transporte de productos agrícolas.

Fotos: Gilberto Alonso Murcia Contreras





Sistemas de transporte por cable aéreo

Los sistemas de transporte por cable aéreo son una alternativa para el transporte de personas y productos en condiciones de ladera. Según el Decreto 1072 del 13 de abril de 2004, "por el cual se reglamenta el Servicio Público de Transporte por Cable de Pasajeros y Carga" en Colombia, un cable aéreo es

> un sistema compuesto por cables aéreos, en los cuales los vehículos están soportados por uno o más cables, dependiendo del tipo de mecanismo a utilizar, los vehículos son propulsados por un cable tractor o simultáneamente por un sistema de cable sustentador y cable tractor.

En otras palabras, los sistemas de transporte por cable están compuestos por uno o varios cables que pueden tomar la acción de cable portante o cable tractor (Orro et al., 2003). El cable portante se encarga de sostener la carga vertical y el cable tractor del desplazamiento o carga horizontal.

El uso de estas tarabitas y poleas forma parte de la idiosincrasia de muchas regiones montañosas, pero la mayoría de ellas son sistemas artesanales, con problemas de seguridad, mantenimiento, diseño y operación. Entre los más comunes se encuentran:

- Los sistemas tipo polea, que consisten en un único cable fijo, una polea en la que se desplaza la "carga" y un pedazo de madera como sistema de freno. Al respecto, se sugiere ver el video de YouTube con información complementaria (Vianey Solano, 2017).

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA
Tipo polea: "Los niños del cable"



- Los sistemas tipo tarabita están compuestos por un cable fijo en el que se cuelga la carga en una canastilla (cable portante), un segundo cable que desplaza la canastilla (cable tractor) y un motor con un tambor que en este caso recoge el cable tractor. Como ejemplo se puede ver el video de YouTube con información complementaria (Pensilvania Gold & Mineral, 2020).

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA
Tipo tarabita: "Construcción de garrucha"

Sistemas de transporte por cable para condiciones de baja pendiente

Comparado con los sistemas utilizados para altas pendientes, los sistemas de transporte por cable para baja pendiente tienen un requerimiento técnico y de potencia bajo. Estos sistemas se utilizan principalmente para banano, flores, aceite de palma y ganadería (figura 3).





Figura 3. Sistemas de transporte por cable aéreo para terrenos sin pendiente.

Fotos: Elías Flórez

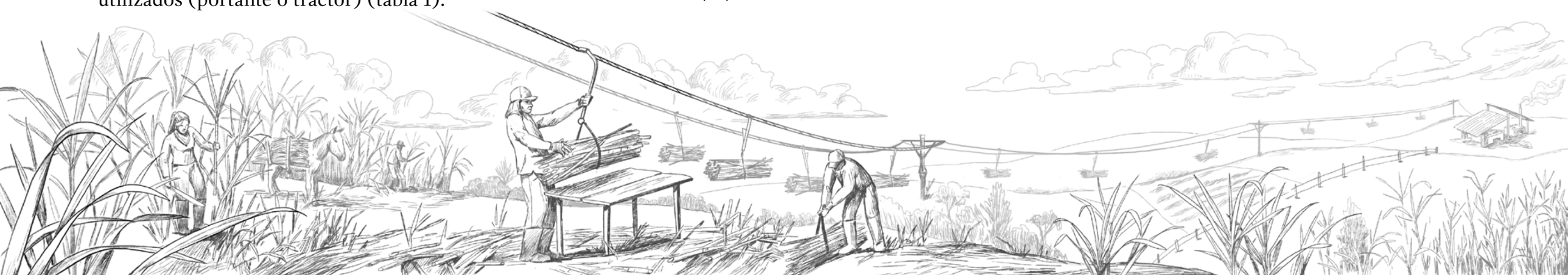
Sistemas de transporte por cable para condiciones de ladera

Como resultado de los proyectos de investigación realizados por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, los sistemas de transporte de carga por cable para condiciones de ladera se clasifican en diferentes grupos según la fuente de energía empleada para su funcionamiento (gravedad o motorizados) y la cantidad de cables utilizados (portante o tractor) (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los sistemas de transporte por cable

Según la fuente de energía	Según la cantidad de cables		
	Un cable	Dos cables	Tres cables
Por gravedad	Monocable por gravedad (un cable portante)		Tricable por gravedad (dos cables portantes + un cable tractor)
Motorizados	Monocable motorizado (un cable portante-tractor)	Bicable motorizado (un cable portante + un cable tractor)	Tricable motorizado (dos cables portantes + un cable tractor)

Fuente: elaboración propia.



En primer lugar, esta clasificación se basa en la fuente de energía del sistema de transporte por cable:

- *Por gravedad:* se utilizan cuando la carga se debe desplazar solamente en bajada, es decir, cuando el punto de carga se encuentra a una mayor altura que el punto de descarga. Este sistema no requiere ningún tipo de fuente de energía externa, pero sí es necesario algún tipo de mecanismo de freno.
- *Motorizados:* se utilizan cuando la carga debe subir o desplazarse en dirección horizontal y, por lo tanto, se requiere una fuente de energía externa, que normalmente es un motor eléctrico o de combustión interna.

En segundo lugar, la clasificación se realiza según la cantidad y los tipos de cables empleados:

- *Cable tipo portante:* soportan la carga vertical.
- *Cables del tipo tractor:* soportan la carga horizontal o de desplazamiento.

En las siguientes secciones se describe cada uno de los actuales tipos de sistemas de transporte por cable aéreo en condiciones de ladera.

Monocable por gravedad

Los sistemas de tipo monocable por gravedad permiten el desplazamiento de paquetes de 50 kg en promedio, con una capacidad aproximada de 7 t/día, independientemente de la longitud del sistema. Los sistemas de este tipo más conocidos son las denominadas tirolesas o canopi (*zipline* en inglés), las cuales se utilizan con fines turísticos, como se aprecia en el video de YouTube sugerido como información complementaria (Tirolesas México, 2020).

Información complementaria

"Construcción de tirolesa"

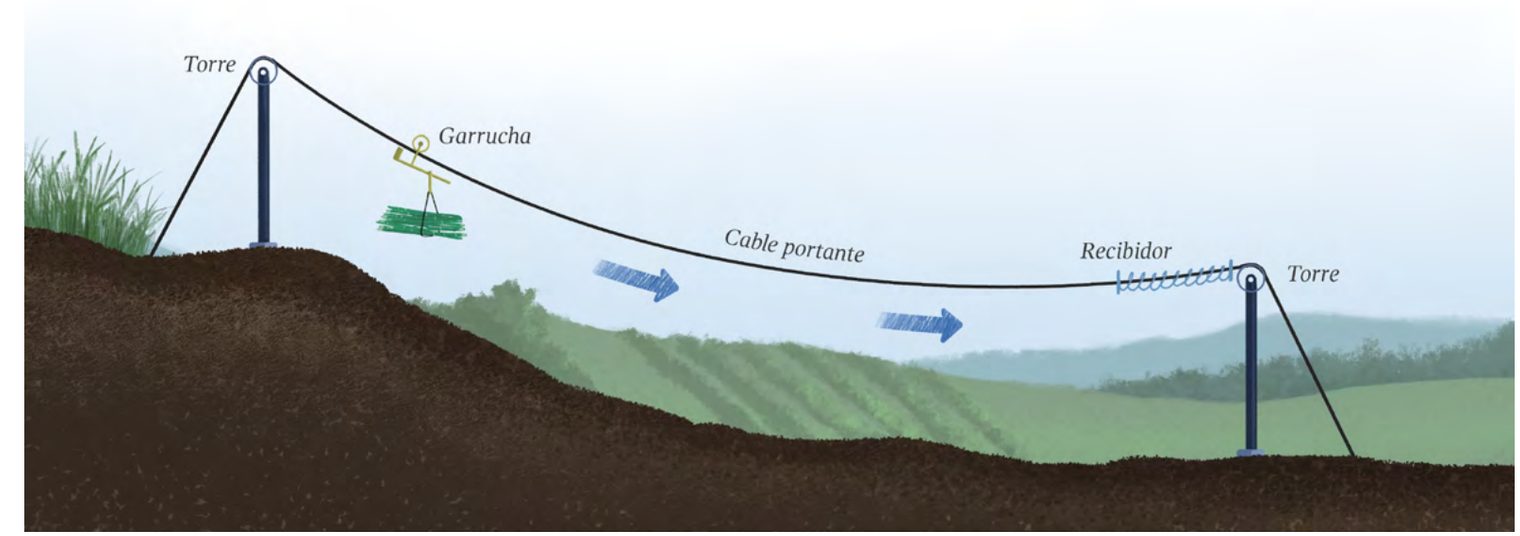


Figura 4. Esquema de sistema tipo monocable por gravedad.

Fuente: elaboración propia.

Componentes y funcionamiento

El monocable por gravedad básico consta de los siguientes elementos:

- Un cable portante.
- Al menos dos torres en las que se soporta el cable portante.
- Una polea en la que se ubica el paquete o carga con un mecanismo de freno, llamada *garrucha*.
- Opcionalmente un sistema de recibo (figura 4).



En este tipo de sistema se arman paquetes de producto de alrededor de 50 kg con la ayuda de una reata, el cual se ubica en la garrucha con freno. Por efecto de la gravedad, la garrucha se desplaza en dirección de bajada y se detiene al final del recorrido por medio del recibidor, de manera que es necesario contar con una cantidad definida de garruchas, las cuales deben ser subidas de nuevo, normalmente con el apoyo de un animal de carga (figura 5).

Ventajas y desventajas

A continuación, se mencionan algunas de las ventajas del sistema monocable por gravedad básico:

- Es el más económico de los sistemas por cable.
- No necesita fuente de energía adicional.
- Es fácil de instalar y operar.

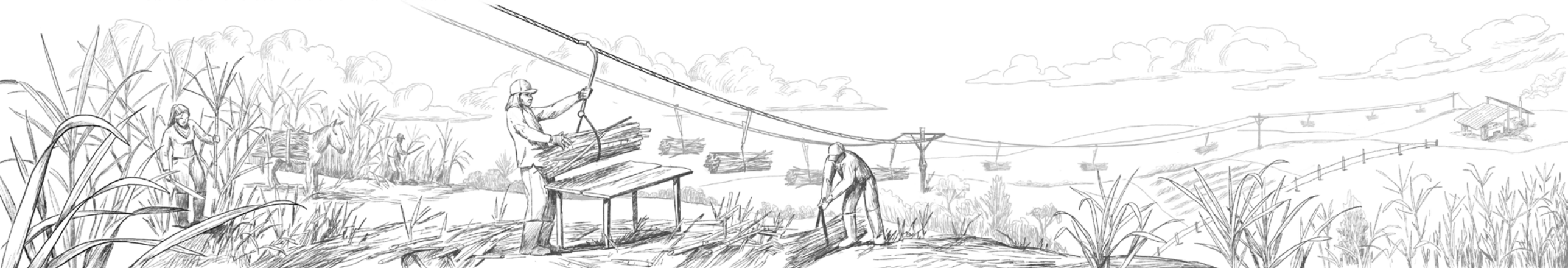
Como desventajas se pueden mencionar:

- Las bajas capacidades de transporte.
- Se requiere algún mecanismo adicional para subir las garruchas.
- Hay un alto riesgo de accidentes si no se utilizan los elementos de frenado adecuados.
- El cable debe estar muy alto respecto al terreno para evitar que la carga se choque con el suelo.
- Es necesario armar paquetes individuales y ubicarlos en el sistema de forma manual.



Figura 5. Ubicación del paquete de caña en garrucha con freno.

Foto: Alfonso Cubillos Varela



Modelo tecnológico propuesto

Agrosavia desarrolló un sistema de transporte monocable por gravedad con torres intermedias, lo cual permite ajustar la catenaria del cable al perfil topográfico del terreno y tener múltiples puntos de carga sobre el mismo recorrido (figura 6).

El sistema utiliza al menos una torre intermedia para soportar el cable y así ajustarse mejor a las condiciones del terreno, además el diseño de las garruchas garantiza el paso por la torre intermedia (figura 7). Cada una de las torres intermedias se puede ubicar a una distancia promedio de 100 m, lo cual permite reducir el diámetro del cable y aumentar la vida útil.

Tricable por gravedad

Este sistema de transporte por cable permite transportar canastillas con capacidad de entre 250 kg y 400 kg, y presenta una capacidad de carga en promedio de 10 t/ día, la cual depende de la longitud del sistema, pues cuanto más largo es, menor será su capacidad de carga.

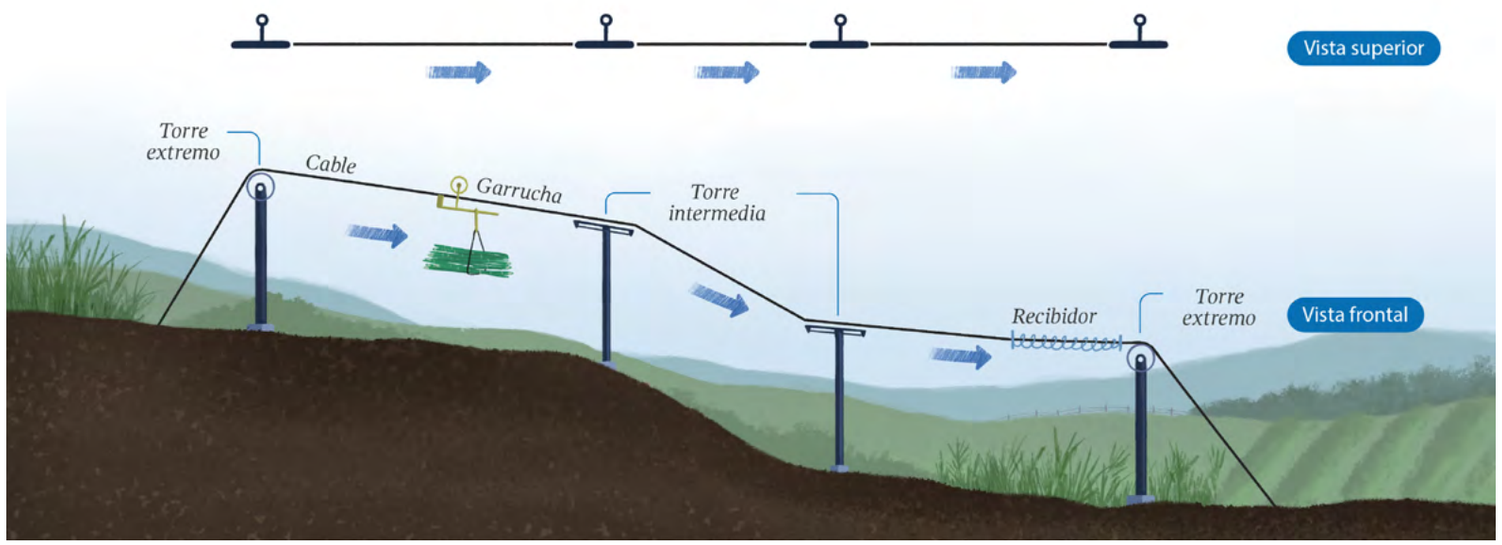


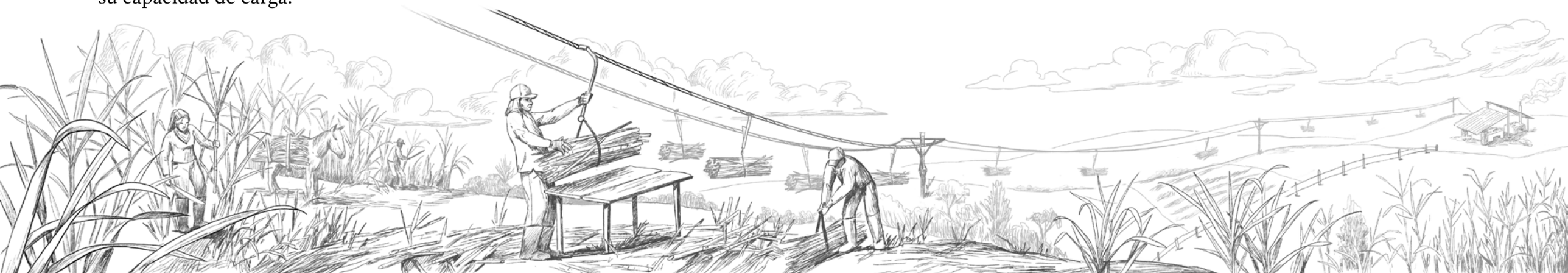
Figura 6. Configuración del monocable por gravedad con torres intermedias.

Fuente: elaboración propia.



Figura 7. Paso de la garrucha por la torre intermedia de un sistema tipo monocable por gravedad.

Fotos: Alfonso Cubillos Varela



Componentes y funcionamiento

El tricable por gravedad se compone de:

- Dos cables portantes y un cable tractor.
- Dos canastillas (no utilizan paquetes, como el sistema monocable por gravedad), cada una colgada de un cable portante.
- El cable tractor une las dos canastillas a través de una polea que se encuentra en la parte superior.
- Un sistema de freno aplicado al cable tractor para bajar la velocidad de las canastillas, el cual puede estar instalado en la parte de abajo o de arriba del sistema (figura 8).

La canastilla que se encuentra en la parte de arriba se carga para que, al bajar por efecto de la gravedad, suba la canastilla vacía que se encuentra inicialmente en la parte de abajo. Posteriormente el proceso se repite, pero invirtiendo el sentido de giro del sistema, es decir, cada canastilla tiene un desplazamiento de vaivén: se desplaza en un sentido llena y regresa vacía. Un operario manipula el freno de forma manual para controlar la velocidad de operación del sistema. Un ejemplo de este tipo de sistemas se puede apreciar en el video de YouTube que aparece como información complementaria (Practical Action, 2010).

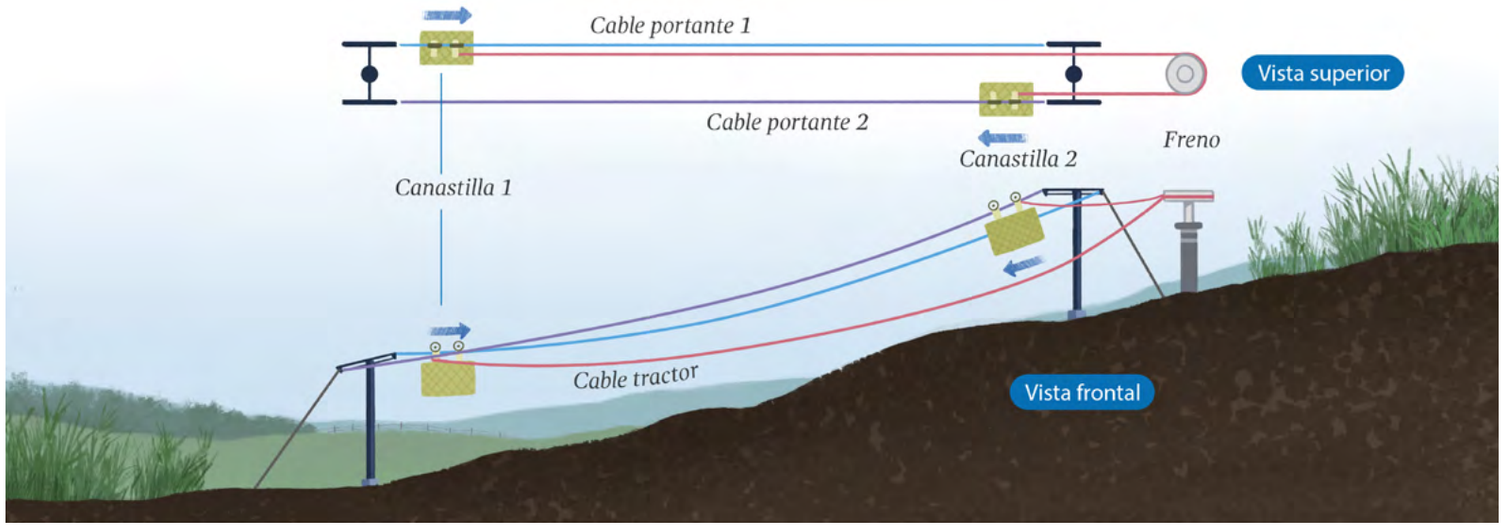


Figura 8. Tricable por gravedad.

Fuente: elaboración propia.

Información complementaria

"Gravity Goods Ropeway in Nepal"



Monocable motorizado

Permite transportar paquetes de 50 kg a una velocidad promedio de 0,75 m/s para obtener una capacidad de transporte de 20 t/día, independientemente de la longitud del sistema.

Componentes y funcionamiento

El monocable motorizado se compone de las siguientes partes (figura 9):

- Un cable que se comporta como portante y tractor al mismo tiempo, el cual se mueve en un mismo sentido en movimiento continuo.
- Unas pinzas fijas o desmontables que fijan al cable y donde se ubican los paquetes que se van a transportar.
- Un motor eléctrico que da movimiento al cable, el cual cuenta con un sistema de transmisión, así como el sistema de control eléctrico y de velocidad.

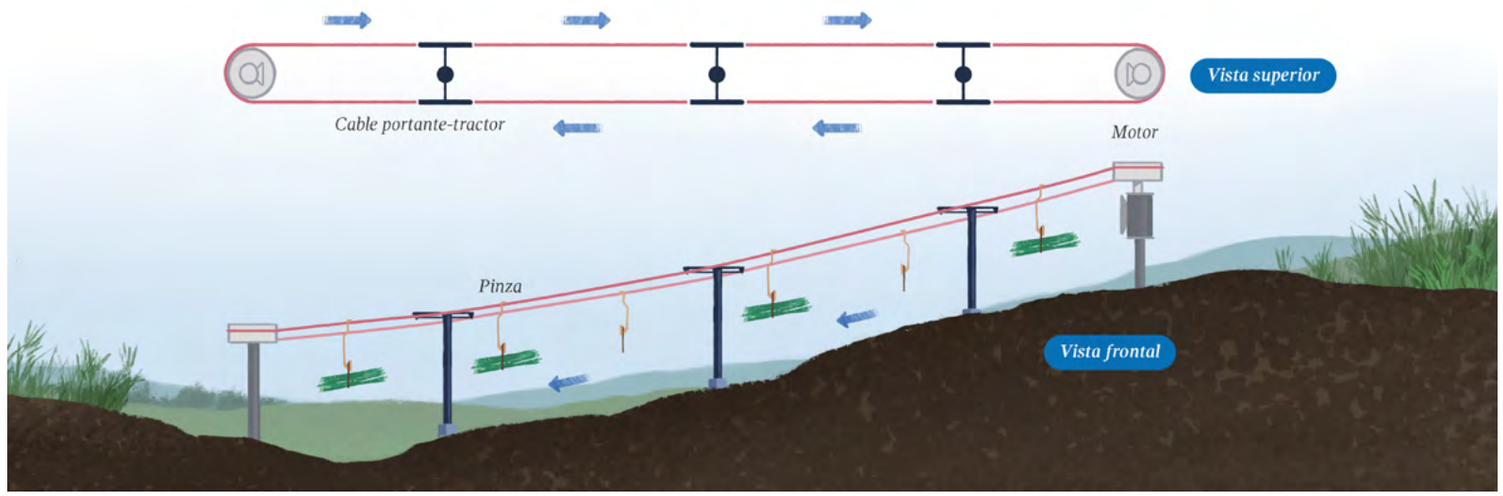


Figura 9. Monocable motorizado.

Fuente: elaboración propia

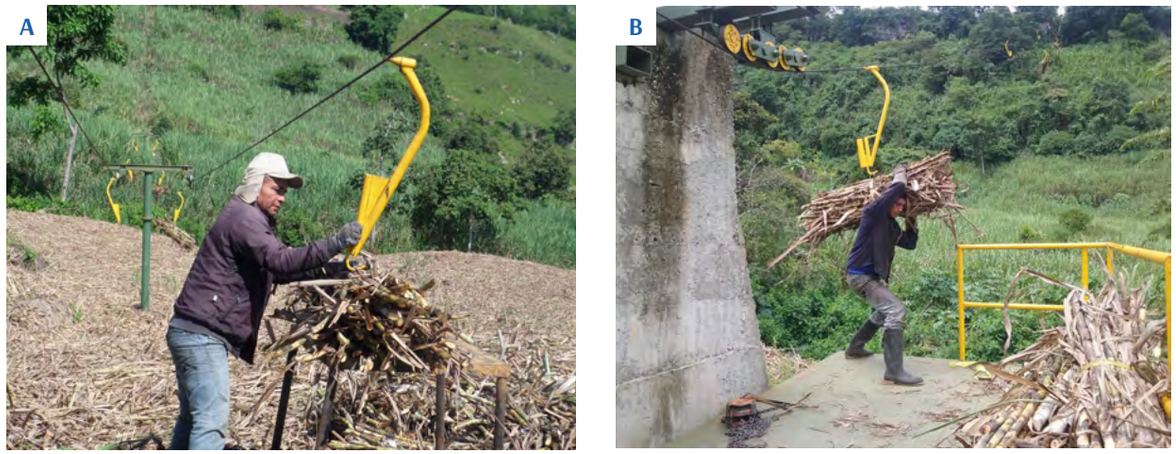
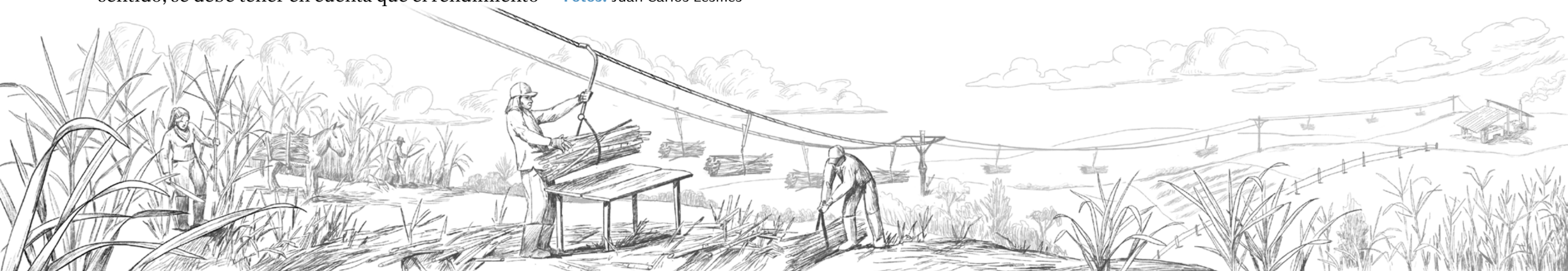


Figura 10. Funcionamiento del monocable motorizado. a. Ubicación del paquete en la pinza; b. Descarga del paquete al final del recorrido.

Fotos: Juan Carlos Lesmes

Un operario arma los paquetes con la ayuda de una reata de amarre, ubica este paquete sobre una mesa y en el momento en que pasa la pinza lo engancha (figura 10a). El paquete se desplaza por el sistema colgado de la pinza y al final del recorrido es descargado por otro operario (figura 10b). El sistema no se detiene para cargar o descargar el paquete, y la velocidad de operación se puede ajustar gracias a un variador de frecuencia. En este sentido, se debe tener en cuenta que el rendimiento



no depende de la longitud del sistema, sino de la velocidad de operación y de la distancia entre cada una de las pinzas.

La operación de este tipo de sistema se puede apreciar en el video de YouTube sugerido en la información complementaria (AGROSAVIA TV, 2019).

Ventajas y desventajas

Comparado con los otros tipos de sistemas, la principal ventaja es su alta capacidad de transporte, debido a que está definida por el mismo sistema, de manera que los operarios se deben adecuar a la frecuencia a la que pasa cada pinza.

Entre las desventajas se deben mencionar:

- Alto costo, pues requiere un tipo de cable especial que soporte el doble esfuerzo (portante y tractor).
- Requiere una alta cantidad de torres (aproximadamente una torre intermedia cada 70 m).
- El proceso de instalación, ajuste y mantenimiento es más complejo.

Bicable motorizado

El bicable motorizado logra transportar canastillas con capacidad de entre 250 kg y 400 kg, y presenta una capacidad de carga desde 1 t/día hasta 5 t/día, que dependen de la longitud del sistema y la capacidad del sistema motriz.

Componentes y funcionamiento

El bicable motorizado se compone de los siguientes elementos:

- Un cable portante y un cable tractor.
- Una canastilla de carga, la cual va colgada del cable portante.
- Un sistema de transmisión de potencia, compuesto por un motor eléctrico o de combustión interna, y una polea o rodillo para transmitir tracción al cable tractor (figura 11).

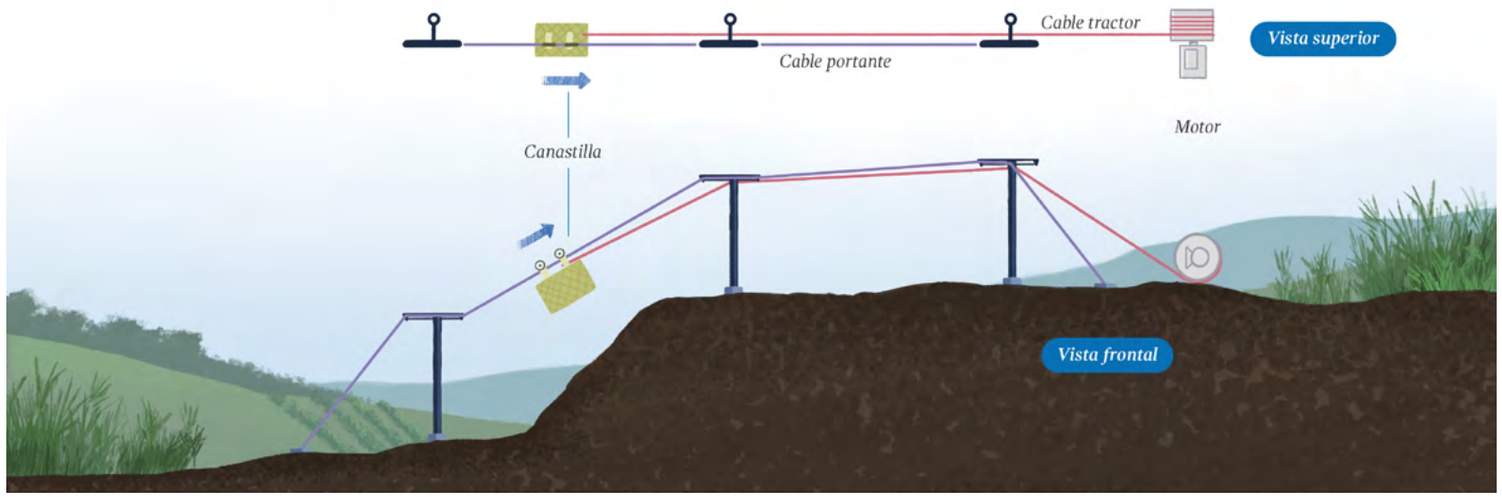


Figura 11. Bicable motorizado.

Fuente: elaboración propia.

Información complementaria

"Sistema de transporte de caña por cable"



Para operarlo, el trabajador ubica la carga en la canastilla y activa el motor del sistema para iniciar el movimiento. Posteriormente, al final del recorrido detiene de nuevo el sistema para realizar la descarga de la canastilla, y se activa en dirección contraria para llevar la canastilla vacía de nuevo a la posición de carga. Debido a que la canastilla se devuelve vacía, en este tipo de sistema la eficiencia de operación es menor al 50 %.

Algunos ejemplos de bicable motorizado, que también se conoce popularmente con el nombre de "tarabita" o "garrucha", se pueden apreciar en los videos de YouTube sugeridos en la información complementaria (Garruchas Galvis & Galvis, 2020; Wilson, 2020).

Ventajas y desventajas

La principal ventaja de este tipo de sistemas es que son relativamente fáciles de construir y operar, como se puede apreciar en el video de YouTube sugerido "Garrucha, instalación y forma de hacerla" (Guanábana Tierra Fértil, 2021). Sin embargo, la desventaja es su relativa baja capacidad de transporte de carga, debido a que la canastilla tiene que realizar uno de los desplazamientos sin carga, lo cual reduce su eficiencia a menos del 50 %.

Tricable motorizado

Transporta canastillas con capacidad de entre 250 kg y 400 kg, y presenta una capacidad de carga en promedio de 6 t/día, que depende de la longitud del sistema y de la capacidad del sistema motriz.

Componentes y funcionamiento

El tricable motorizado se compone de:

- Dos cables portantes y un cable tractor.
- Dos canastillas de carga, las cuales van cada una colgada de su respectivo cable portante.
- Un sistema de transmisión de potencia compuesto por un motor eléctrico o de combustión interna, y una polea o rodillo para transmitir tracción al cable tractor, el mismo cable tractor que une las dos canastillas (figura 12).

Información complementaria

"Transporte de café en garrucha"

"Tarabita o garrucha en Guadalupe, Huila"

"Garrucha, instalación y forma de hacerla"

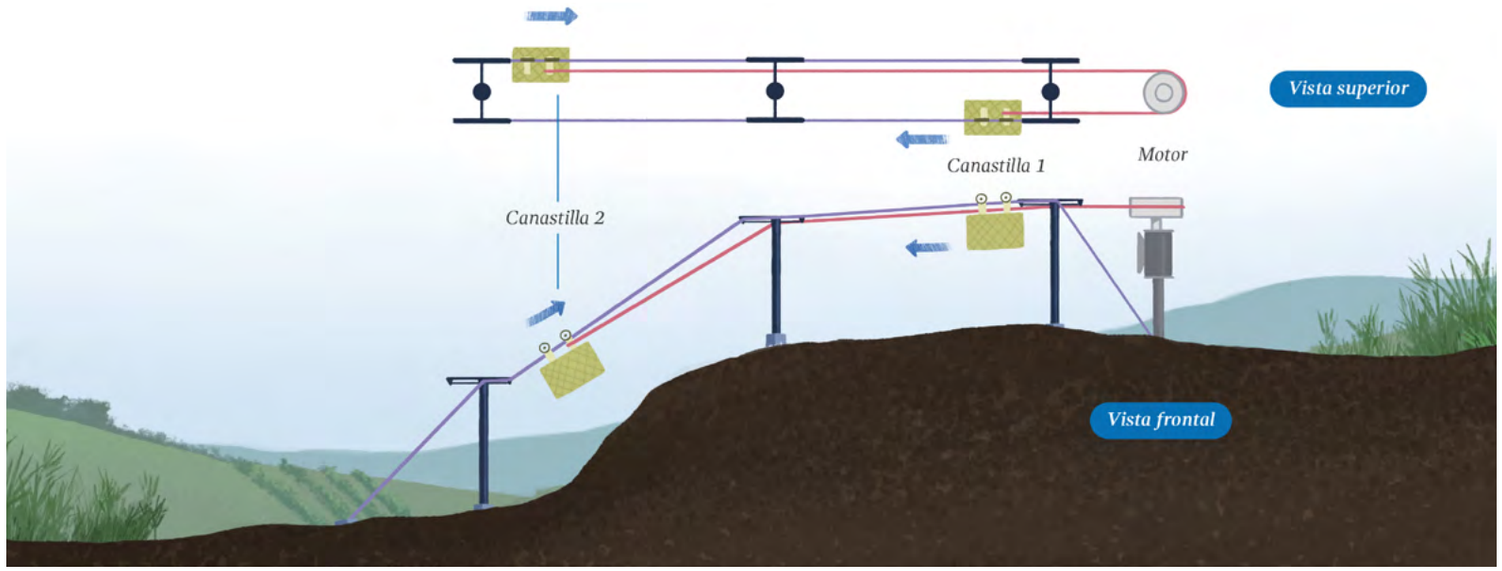


Figura 12. Diagrama del sistema tipo tricable motorizado.

Fuente: elaboración propia.



Es fácil apreciar que el tricable motorizado es una mezcla entre el sistema tipo tricable por gravedad y el bicable motorizado. En este tipo de sistema una de las canastillas se encuentra en la posición de carga, mientras que la otra se ubica en la posición de descarga, de manera que la carga y descarga de material se realizan de forma simultánea.

Cuando el sistema se activa, la canastilla con carga se desplaza a la zona de descarga, mientras al mismo tiempo la canastilla vacía se mueve a la zona de carga. En el siguiente ciclo de trabajo, el motor gira en sentido contrario para invertir la dirección en que se trasladan las canastillas. Esta configuración permite obtener una eficiencia de operación de hasta el 80 %, pues cada vez que el sistema se activa al menos una de las canastillas se desplaza cargada (figura 13).

Ventajas y desventajas

La ventaja del sistema tipo tricable motorizado es que tiene el doble de capacidad que el bicable motorizado, pues en cada desplazamiento se encuentra al menos una canastilla con carga. Algunos ejemplos de este tipo de sistemas se pueden apreciar en el teleférico de Monserrate, Bogotá (Colombia) (Volando en Drone, 2019), y el metrocable de San Sebastián de Palmitas en Medellín (Cano Fotografía y Video, 2011), a los cuales se pueden acceder en la información complementaria.

Información complementaria

"Teleférico de Monserrate"

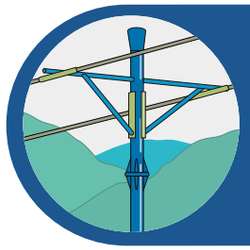
"Cable San Sebastián, Palmitas, Medellín"



Figura 13. Prototipo experimental de sistema de transporte por cable tipo tricable motorizado instalado en el Centro de Investigación Tibaitatá de Agrosavia.

Foto: Alfonso Cubillos Varela





Etapas para implementar los sistemas de transporte por cable

Con el objetivo de proponer alternativas que contribuyan a resolver los problemas de transporte en la producción agrícola, Agrosavia ha estudiado y estructurado diferentes estrategias que no solo consideren las características productivas, sino que también favorezcan la difusión y la adopción de estas tecnologías. Específicamente, para implementar un sistema de transporte por cable en condiciones de ladera, la Corporación propone cinco pasos (figura 14), los cuales se desarrollan con detalle en las siguientes secciones.

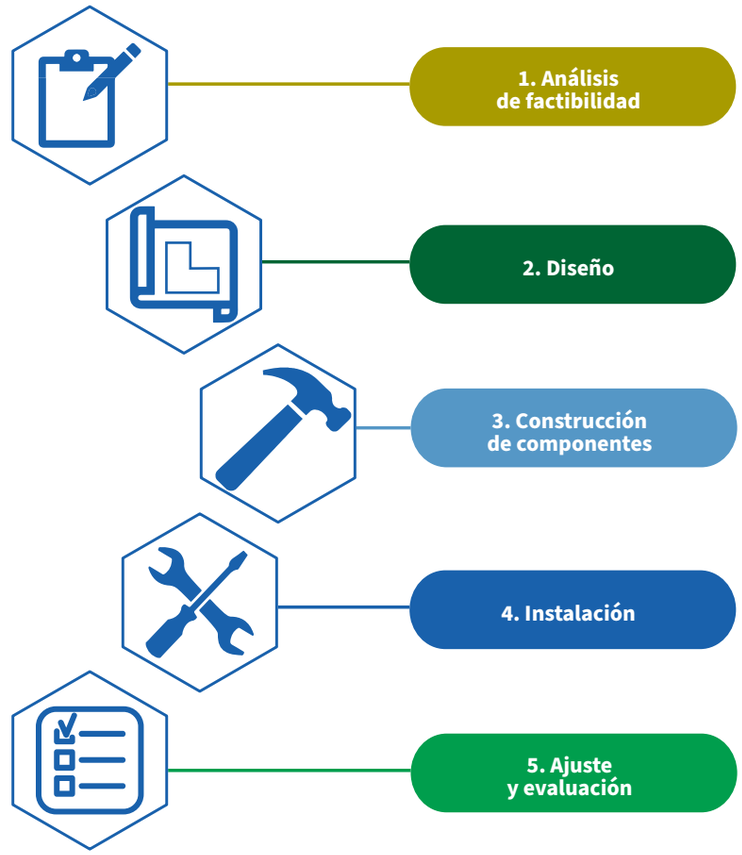
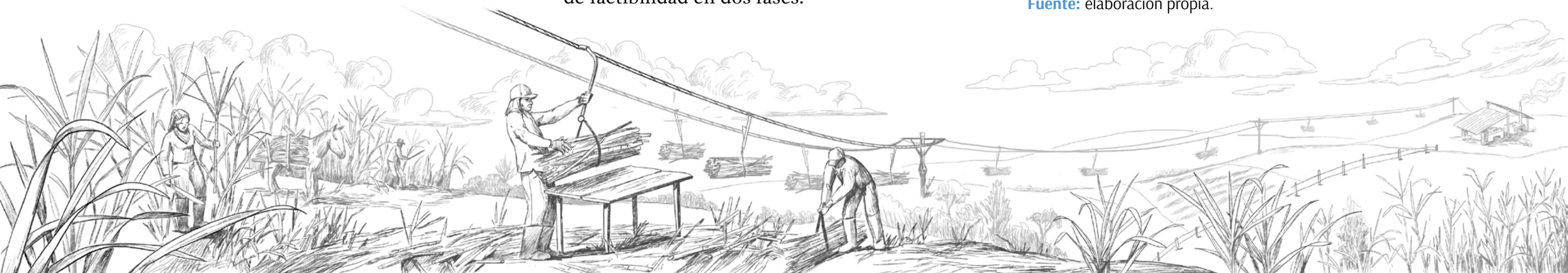


Figura 14. Pasos para implementar los sistemas de transporte por cable.

Fuente: elaboración propia.

Análisis de factibilidad

La implementación de un sistema de transporte por cable es factible en predios y sistemas de producción con ciertas características, pues depende de factores económicos, productivos, técnicos e incluso sociales. Agrosavia recomienda realizar el análisis de factibilidad en dos fases:



1. En la primera se aplica una encuesta que permite identificar condiciones generales, tanto productivas como técnicas, del predio en el que se pretende instalar el sistema de transporte por cable.

2. En la segunda fase, uno de los colaboradores de Agrosavia, o de las entidades aliadas como Fedepanela, realiza una visita al predio para verificar las condiciones topográficas, el posible trazado y otros parámetros necesarios para evaluar la factibilidad.

Por medio de indicadores precisos, tanto de las condiciones productivas como de las condiciones tecnológicas, se hace el análisis de factibilidad para la implementación. Al final de este proceso, el productor recibe un informe que le indica si es viable o no implementar un sistema de este tipo en su predio. A continuación, se describe cada uno de los parámetros medidos y analizados para estimar la factibilidad de la implementación.

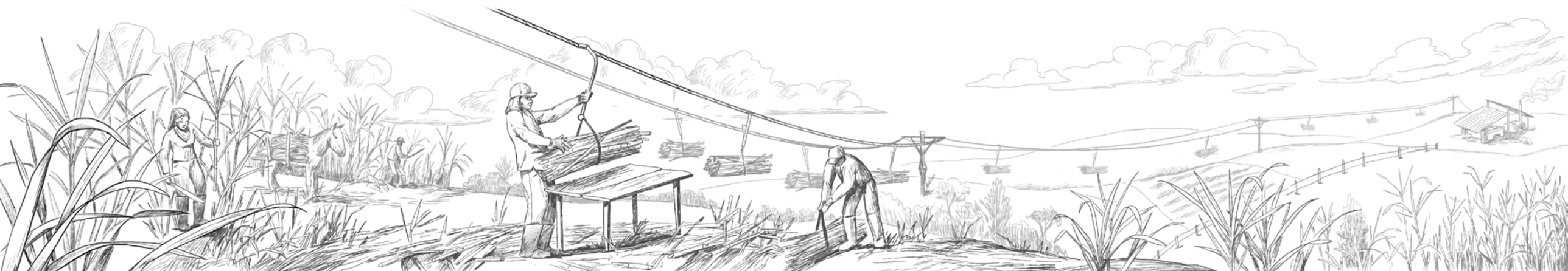
Condiciones productivas

En primer lugar, se definen las condiciones productivas para el predio o predios que se verán impactados por la instalación del sistema de transporte por cable, pues es posible que la finca o unidad productiva tenga varios sitios desde donde parte la carga que se va a transportar. En la tabla 2 se describen los indicadores que se tienen en cuenta para evaluar las condiciones productivas.

Tabla 2. Condiciones productivas que se evalúan para definir la factibilidad de implementar un sistema de transporte por cable aéreo

Parámetro y unidad de medición	Descripción	Interpretación
1. Requerimiento logístico diario [t/día]	Cantidad de carga o producto que se debe transportar en un día de trabajo.	Permite especificar el tamaño del productor, e incluso el tipo de sistema más adecuado para instalar en el predio.
2. Requerimiento logístico anual [t/año]	Cantidad de carga o producto que se debe transportar al año.	Permite estimar el tamaño del predio y el área de influencia del sistema de transporte por cable.
3. Capacidad logística diaria [t km/día]	Mínima cantidad de producto que se puede transportar en un día de trabajo desde un kilómetro de distancia.	Sirve como referencia para especificar la capacidad de transporte del sistema.
4. Costo logístico [$ /(t km)]	Valor pagado por el productor para transportar la carga de producto, que depende de la distancia, los gastos fijos y otras variables.	—-
5. Velocidad de transporte [km/h]	Velocidad en que se puede movilizar un animal de carga por los caminos tradicionales. Puede variar dependiendo de la época del año en que se realice la medición, si el animal va con carga o sin carga, o si se calcula de subida o bajada.	Se utiliza para estimar el estado del camino por el que se desplazan los animales.
6. Capacidad de carga por mula [kg]	Masa de producto que pueden trasladar las mulas. Depende principalmente de las condiciones del terreno y de la zona de estudio.	Permite estimar la capacidad requerida del sistema por cada viaje.
7. Viabilidad del trazado	Se trata de un parámetro cualitativo que depende de las condiciones específicas del predio, del punto de descarga del producto, del punto sugerido para cargar y la posible línea del cable.	Se basa principalmente en las condiciones generales de la unidad productiva (ubicación de la zona de almacenamiento, presencia de casas u otras construcciones que puedan impedir la descarga) y del trazado preliminar de la línea del cable (punto de inicio y punto final del sistema).

Fuente: elaboración propia.



Condiciones tecnológicas

Las condiciones tecnológicas se pueden considerar una primera aproximación a los parámetros del sistema de transporte que se va a instalar, los cuales se obtienen de dos fuentes:

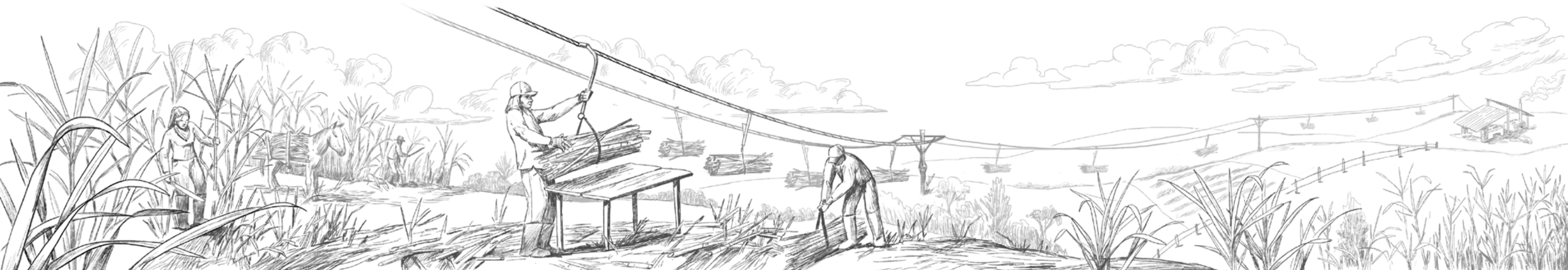
1. La información que se ha definido previamente sobre las condiciones productivas, como son el tipo de producto que se va a transportar, el requerimiento de carga mínima, los días de trabajo al mes, entre otros.

2. Las condiciones específicas del predio donde se pretende instalar el sistema (tabla 3).

Tabla 3. Condiciones tecnológicas que se deben tener en cuenta para implementar el sistema de transporte por cable

Parámetro	Descripción
Longitud de la línea del cable [m]	Mediante visita al predio se define, con la ayuda de un navegador o Global Position System (GPS), el posible punto de inicio (sitio de descarga del producto) y un posible punto final (extremo donde se carga). Con la definición de estos dos puntos, y los puntos sugeridos de carga intermedios, se especifica el trazado y la longitud (m) de la línea del cable. Se debe tener en cuenta que una mayor longitud de la línea de cable aumenta la factibilidad de implementar el sistema.
Relación de la distancia normal de recorrido contra la longitud de la línea del cable [m/m]	Se mide la distancia que se recorre por los caminos tradicionales de la finca, desde el mismo punto de inicio y punto final que se han propuesto para el sistema de transporte por cable. Posteriormente se divide la distancia recorrida por el camino tradicional con la longitud propuesta del cable. Si la relación es igual a uno (1), esto indica que el camino es paralelo al cable, lo cual bajaría la factibilidad de implementar el sistema. Cuanto mayor sea esta relación, mayor es la factibilidad de desarrollar el sistema. Por ejemplo, si el cable tiene una longitud de 100 m y el camino tradicional para el mismo punto de partida y llegada tiene los mismos 100 m, quiere decir que la relación es de 1 y el sistema sería poco viable; pero si el camino tradicional es de 200 m, la relación sería de 2 y esto haría el sistema más viable.
Dirección de la carga	Indica si el transporte del producto va en subida, en bajada o no existe diferencia de alturas significativa. Dependiendo de la situación, habría estas posibilidades: • Cuando la carga debe subir en alguno de los tramos, es necesario utilizar un sistema de transporte por cable de tipo motorizado que garantice el desplazamiento de la carga. • Para los casos en que la carga solo se desplaza en bajada, se puede utilizar un sistema de transporte por cable de tipo por gravedad, en el cual la fuerza de gravedad garantiza el desplazamiento del producto.
Pendiente máxima del cable (%)	La pendiente del cable (%) se define con el propósito de calcular la potencia que va a requerir el motor o el freno, dependiendo el tipo de sistema que se vaya a construir. El algoritmo de diseño para los sistemas de transporte realizado por Agrosavia, el cual define el perfil topográfico del terreno y las catenarias o curvas del cable, calcula la pendiente mínima y máxima del sistema. El algoritmo se basa en las ecuaciones teóricas de la catenaria o curva que hace el cable por efecto de la gravedad. La menor factibilidad se encuentra en terrenos muy planos, pues un animal de carga podría hacer el mismo trabajo con menor inversión.

Fuente: elaboración propia.



Diseño del sistema

El sistema de transporte por cable es específico para cada predio, pues depende de sus condiciones topográficas y productivas particulares, por lo cual es necesario realizar un análisis personalizado para cada productor. El diseño del sistema se divide en dos fases:

1. El diseño general: define la longitud del cable y la posición de las torres en el predio.

2. El diseño específico: se define la configuración y geometría de cada uno de los componentes mecánicos.

Diseño general

Durante esta etapa se analiza la topografía del predio y los requerimientos del productor para especificar el trazado del sistema. Asimismo, se definen los puntos de carga y descarga del sistema, además de la ubicación de las torres intermedias y la longitud del sistema.

Para este análisis se utiliza un modelo de elevación digital del predio, el cual se ingresa a un algoritmo computacional que calcula las catenarias del cable y así se define la posición óptima de cada una de las torres del sistema.

La figura 15 presenta un ejemplo del resultado del análisis que realiza el algoritmo computacional, en el cual el software define la posición de cada una de las torres intermedias a partir de un modelo de elevación digital del predio y los modelos matemáticos de las catenarias del cable.

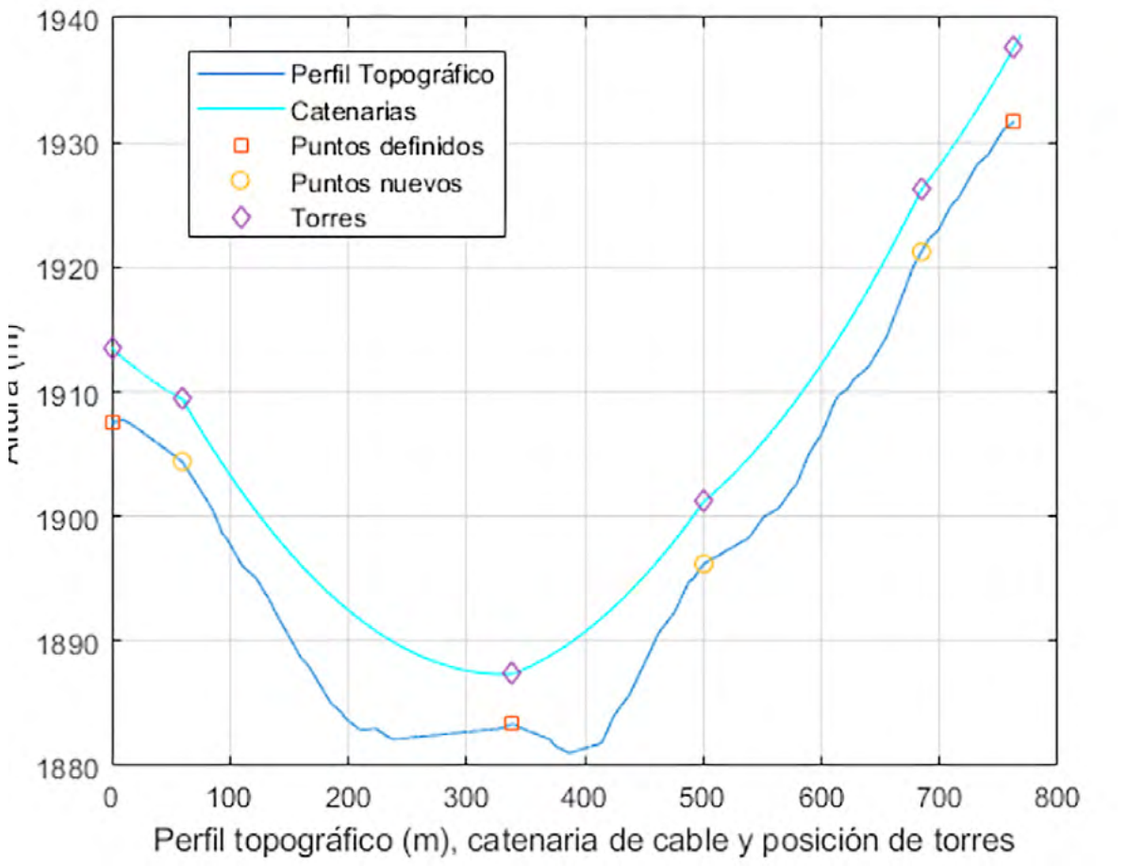
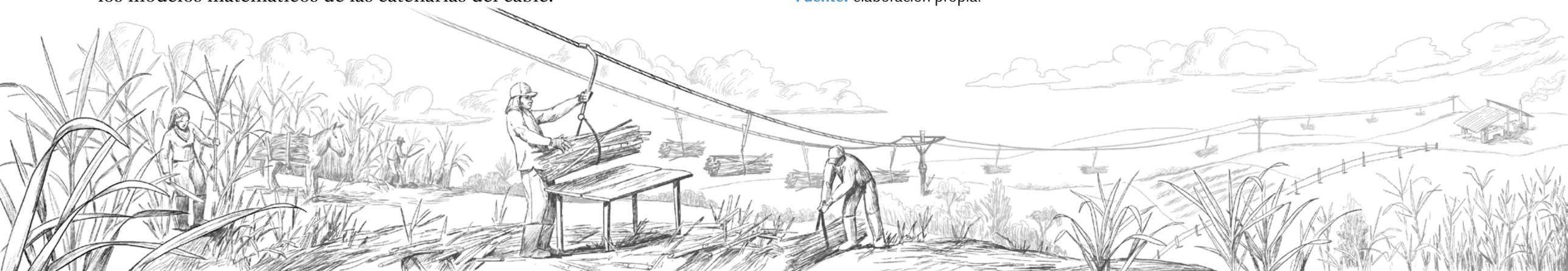


Figura 15. Ejemplo de perfil topográfico sobre la línea de cable propuesta y ubicación de las torres por parte del algoritmo computacional.

Fuente: elaboración propia.



En la figura 16 se presenta un ejemplo del mapa del predio con el trazado del cable y la posición de las torres de extremo, así como las torres intermedias, que corresponden al diseño presentado en la figura 15. Se puede apreciar la correspondencia de la ubicación de las torres, tanto en el perfil topográfico como en la ubicación en el predio.

Este sistema en particular tiene una innovación a la que Agrosavia denomina “Torre de Giro”, la cual se aprecia en la imagen y genera un cambio de dirección en el recorrido del cable. La torre de giro permite distribuir la línea del sistema para pasar por el centro de los lotes y el extremo más cerca de un cruce de caminos, aspectos que aumentarían la posibilidad de uso del sistema.

El predio de la figura 15 y 16 corresponde a una unidad productiva de caña para la producción de panela en el departamento de Boyacá. El sistema pretende transportar la producción de las 19 hectáreas de caña señaladas en la figura 16, pero con la implementación del sistema de transporte por cable, se aumentaron otras cinco hectáreas de caña, señaladas en la parte superior izquierda de la figura.

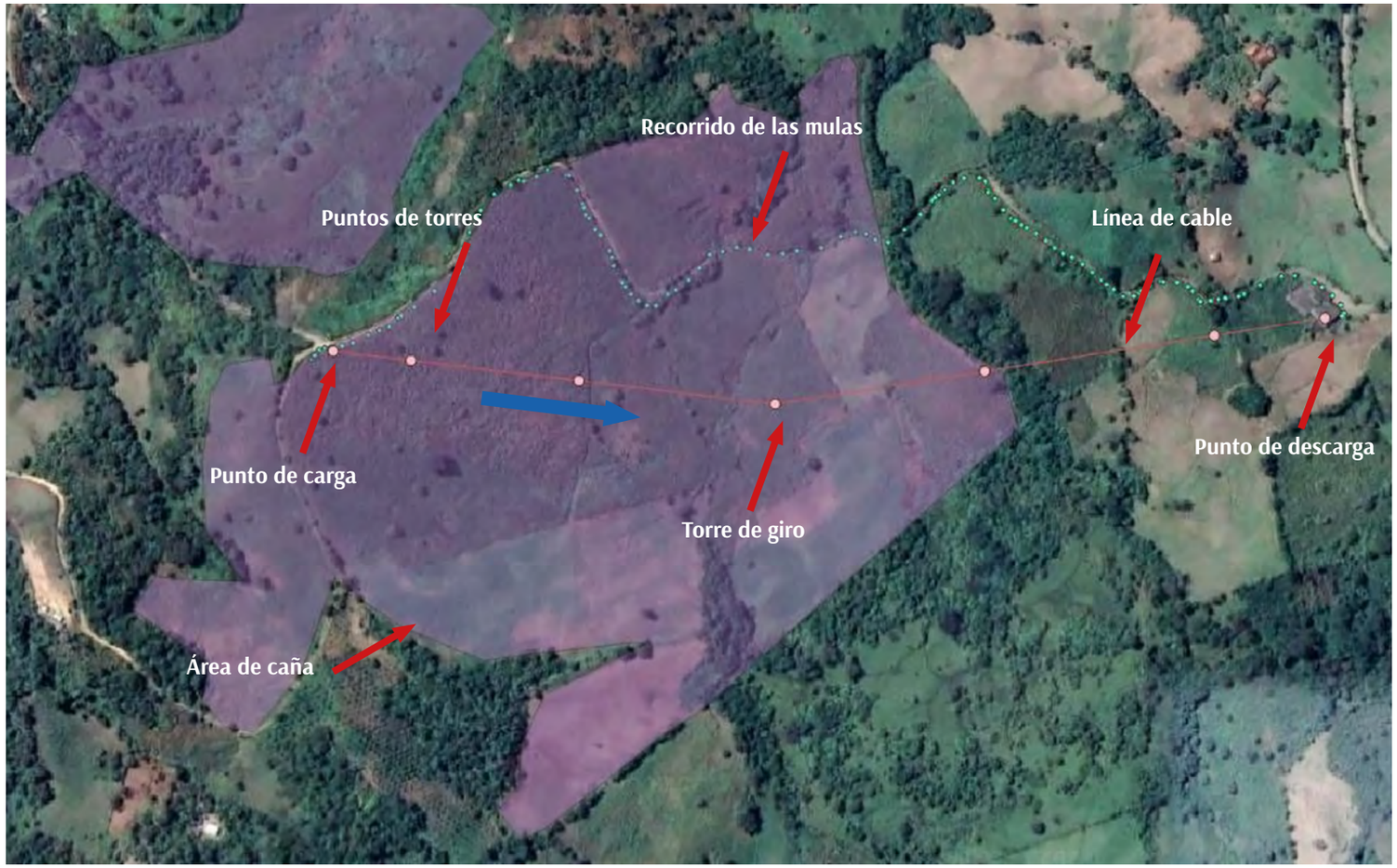
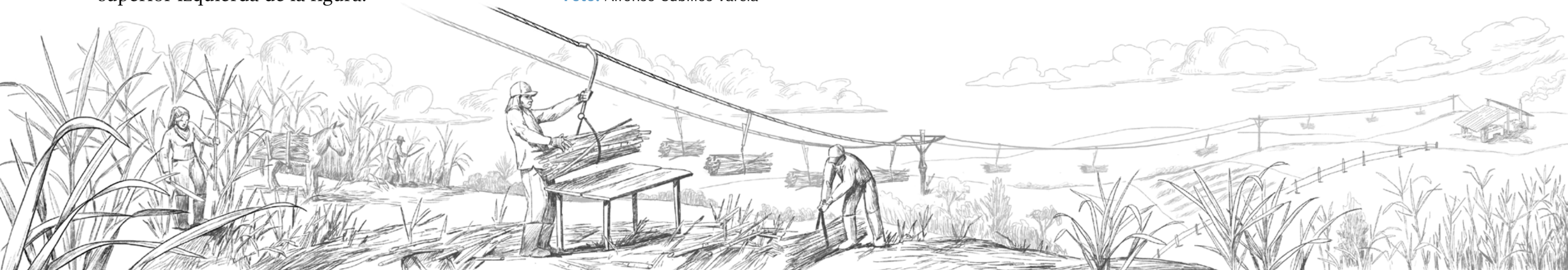


Figura 16. Ejemplo del mapa del trazado de un sistema de transporte por cable para el traslado de caña en la producción de panela.

Foto: Alfonso Cubillos Varela



Diseño específico

En la fase del diseño específico se definen los componentes mecánicos que son necesarios para implementar el sistema y se construyen los planos y modelos de ingeniería que garantizan los factores de seguridad adecuados para su operación. La figura 17 presenta el proceso de diseño de uno de los componentes del sistema de transporte por cable.

Cada uno de los componentes mecánicos específicos del sistema se evalúan utilizando herramientas computacionales que permiten simular su comportamiento estructural, así como definir su vida útil. Se verifica la rigidez estructural de cada componente, así como su comportamiento en el ensamble general y el proceso de ensamblaje.

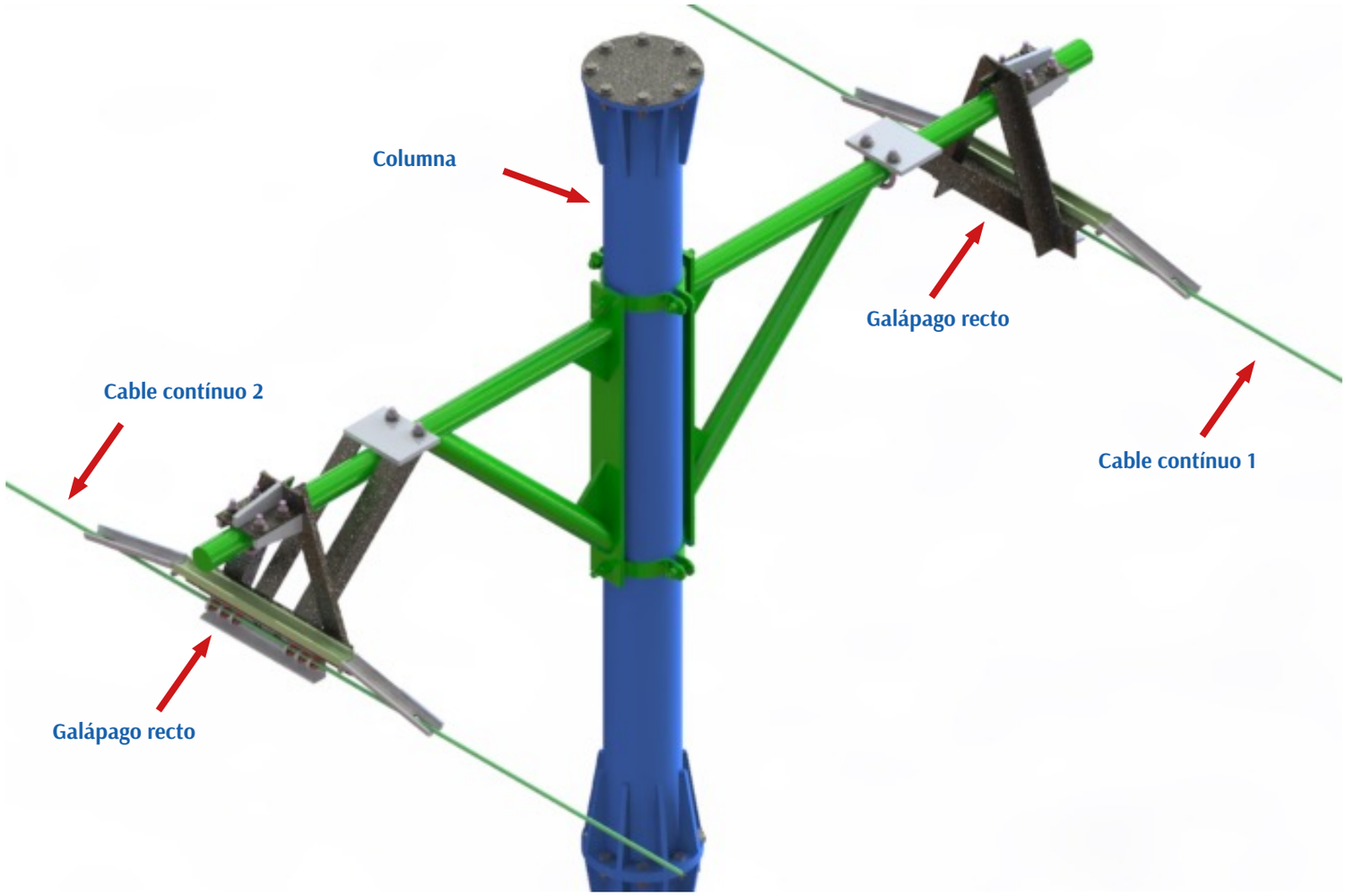
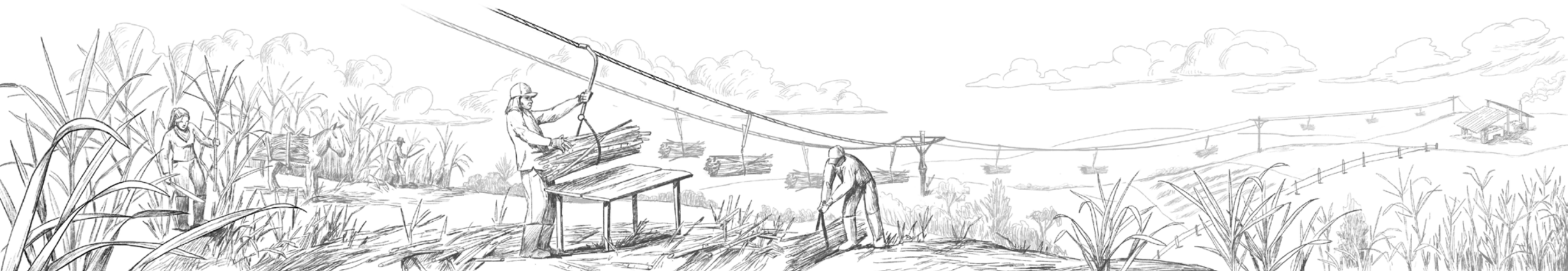


Figura 17. Ejemplo de diseño mecánico de los componentes del sistema de transporte por cable.

Fuente: elaboración propia.



Construcción de componentes

En esta etapa se seleccionan los proveedores especializados para construir los componentes del sistema de transporte por cable. Es importante tener en cuenta que se debe hacer un exhaustivo proceso de evaluación y validación de las condiciones de fabricación de cada uno de estos elementos. La figura 18 presenta el proceso de construcción de las partes que conforman el sistema de transporte por cable.

A



B



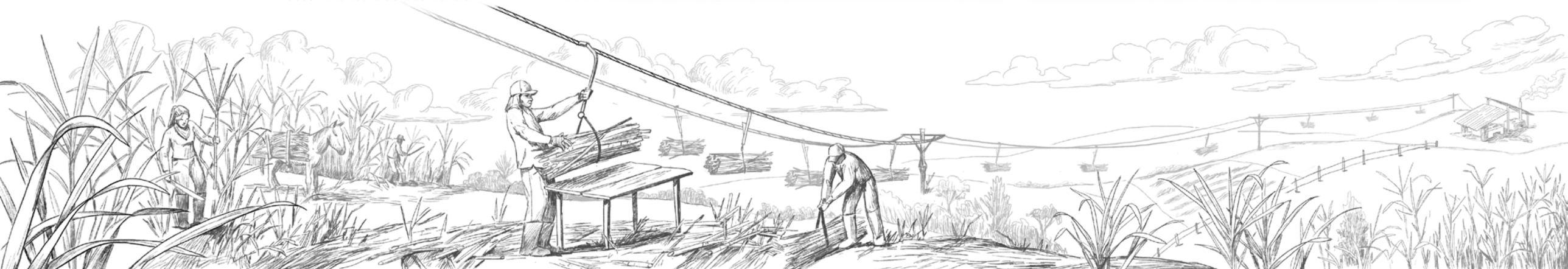
C





Figura 18. Construcción de los componentes del sistema de transporte por cable. a. secciones de las torres; b. Componentes del sistema de tracción; c. Bases de soporte para cable en torre (galápagos).

Foto: Alfonso Cubillos Varela



Instalación del sistema en el predio

Una vez han sido construidos y evaluados, todos los componentes mecánicos del sistema de transporte por cable son trasladados al predio. La primera fase de la instalación consiste en fundir las zapatas o bases en concreto, como se aprecia en la figura 19.

Posteriormente, en cada una de las zapatas se instalan las torres del sistema y luego los componentes específicos (figura 20).

Ajuste y evaluación

En la última fase se evalúa el funcionamiento de los componentes, la productividad, los costos de operación y demás variables de interés que permiten calcular las ventajas por el uso del sistema de transporte (figura 21).





Figura 19. Fundición de las zapatas en concreto para instalar las torres del sistema de transporte por cable.

Foto: Juan Sebastián Murcia





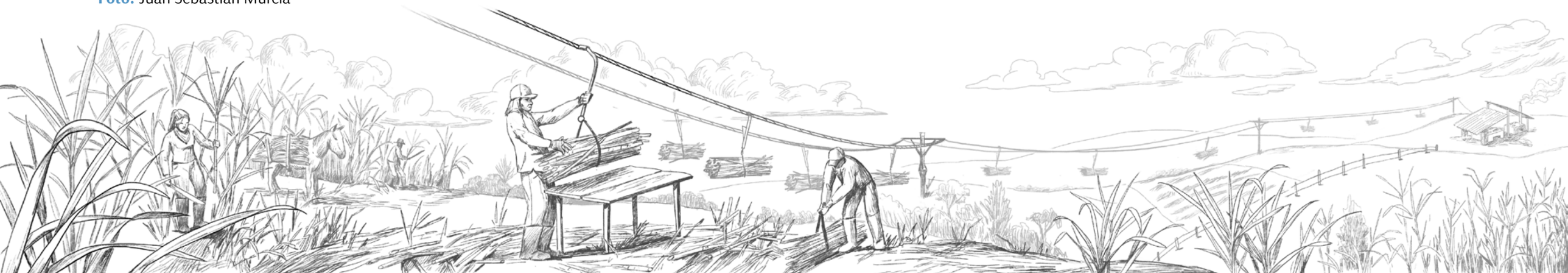
Figura 20. Instalación de las torres.

Foto: Sergio Duván Murcia



Figura 21. Proceso de evaluación del sistema.

Foto: Banco de fotos Agrosavia

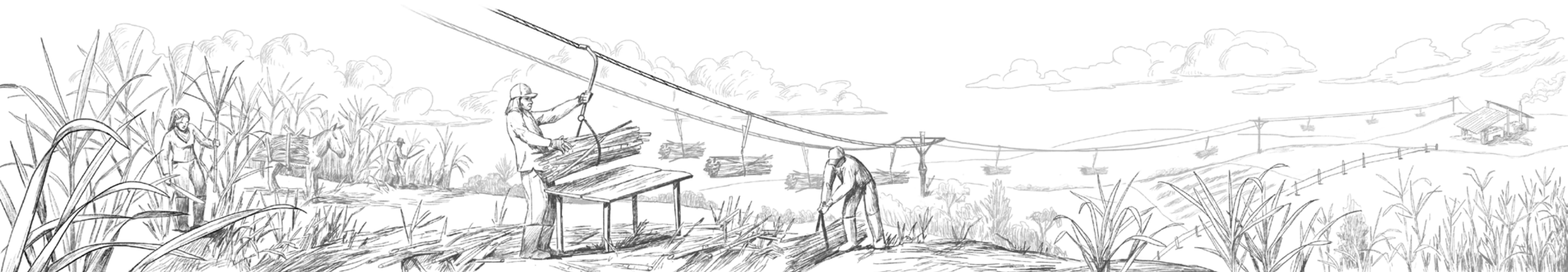


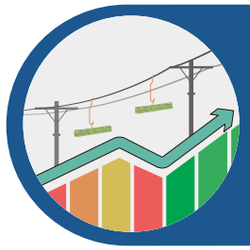


Recomendaciones de uso y mantenimiento

El sistema de transporte por cable consiste en un equipo o máquina que permite transportar hasta 20 t de producto por día, es decir, tiene una capacidad similar a un vehículo tipo camión. Al igual que un vehículo de transporte, el sistema de transporte por cable tiene unos riesgos de operación que pueden generar accidentes si no se siguen las recomendaciones dadas de forma específica para el sistema y unas exigencias de mantenimiento que es necesario conocer y gestionar. Por esta razón, se sugiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El sistema siempre debe ser operado por personal capacitado.
- Compartir las recomendaciones de seguridad a todas las personas que se encontrarán cerca del sistema de transporte durante la operación, las cuales se entregan y explican al productor una vez el sistema se encuentra instalado.
- Operar el sistema en las velocidades recomendadas.
- Verificar las condiciones del sistema antes de iniciar la operación.
- Estar alerta a los posibles riesgos de operación.
- Realizar las actividades de mantenimiento preventivo recomendadas por el fabricante.
- Informar al fabricante sobre las posibles fallas en la operación del sistema.
- Detener la operación del sistema si se evidencian fallas en su funcionamiento.





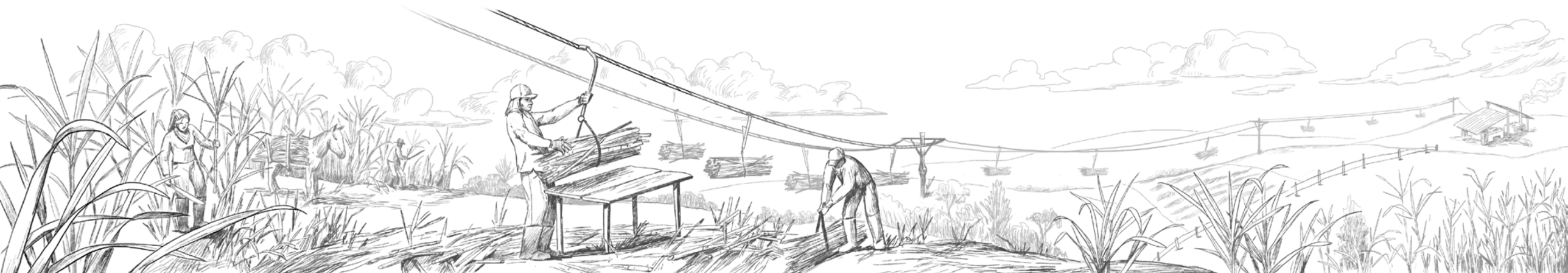
Alternativas de acceso y financiación

Llevar a cabo cada una de las etapas para implementar el sistema de transporte por cable aéreo implica una serie de gastos y recursos financieros, los cuales están asociados con el desplazamiento de los profesionales para recopilar la información en campo, el tiempo de análisis para el diseño, la compra de materiales, la fabricación de los componentes, las adecuaciones de la infraestructura, el transporte de los materiales, las pólizas de seguridad, entre otros.

En promedio, se considera que implementar un sistema de transporte tiene un costo de $ 100.000 por metro lineal para una longitud mínima de 400 m, por lo cual es posible afirmar que esta tecnología tiene un valor mínimo aproximado de $ 40 millones. Es importante resaltar que este valor es de referencia y depende de las condiciones específicas del predio, el requerimiento logístico y las variaciones de precio de los materiales necesarios para construir el sistema.

Por esta razón, acceder y financiar esta tecnología es una decisión de inversión a mediano y largo plazo. Específicamente, el retorno de la inversión consiste en que se reducen los costos en el uso de la mano de obra, el mantenimiento de las mulas y, en general, la eficiencia en el proceso de transporte de la materia prima desde el cultivo hasta los centros de acopio o procesamiento.

A continuación, se proponen algunas alternativas de financiación con las cuales, a partir de la cooperación y articulación de diferentes actores involucrados en el sistema de producción agrícola, es posible avanzar en la implementación de la tecnología en fincas de productores.



Recursos propios de los agricultores y de las organizaciones de productores

El 88 % de los cultivadores en Colombia son de pequeña escala (cerca de 60.000) y en su mayoría están ubicados en los departamentos de Cauca, Caldas, Norte de Santander, Tolima y Huila, los cuales pertenecen a la región Andina, la cual se caracteriza por sus condiciones topográficas montañosas y de ladera (Rodríguez et al., 2020). Teniendo en cuenta estas características, los cultivadores podrían estructurar proyectos mediante procesos asociativos y formular objetivos comunes para autofinanciar la implementación de la tecnología.

En este sentido, se sugiere que realicen gestiones organizativas para estructurar el proyecto interno (plan de acción) para la adquisición de la tecnología, en el cual deben definir las formas de participación (gestión y administración de recursos) y la contribución de cada socio (disposición de dinero, mano de obra, etc.), así como los beneficios individuales y colectivos que esperan obtener con el proyecto.

Finagro y acceso al sector bancario

El Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro) es una entidad que otorga recursos en condiciones de fomento a las entidades financieras para que estas, a su vez, otorguen créditos a proyectos productivos. Como parte de su trabajo define anualmente las Líneas Especiales de Crédito para inversión (LEC) con tasas de interés preferenciales (Finagro, s. f.) , entre las cuales se resaltan:

- Maquinaria y equipo.
- Infraestructura para la transformación y/o comercialización.
- Infraestructura de servicios de apoyo.
- Infraestructura y equipos para actividades rurales.

A estas líneas de financiación pueden acceder productores individuales (pequeños, medianos o grandes, de acuerdo con sus activos), joven o mujer rural, miembros de comunidades indígenas o grupos étnicos, víctimas del conflicto o desmovilizados, esquemas asociativos y microempresarios.

El usuario interesado en obtener el crédito deberá hacer la solicitud ante cualquier intermediario financiero para iniciar el trámite correspondiente (Finagro, 2023).



Proyectos especiales en articulación con aliados del sector

Varias instituciones de orden nacional han destinado recursos para contribuir en la financiación y ejecución de proyectos orientados a mejorar la infraestructura, la maquinaria y los equipos del sector rural.

Este es el caso de la Agencia de Desarrollo Rural (ADR), cuya misión es la promoción, estructuración, cofinanciación y ejecución de planes y proyectos integrales de desarrollo agropecuario y rural. Con estos lineamientos, la ADR define los Proyectos Integrales de Desarrollo Agropecuario (Pidar) con vigencias e invitaciones anuales, entre los cuales se resalta la línea de cofinanciación de acceso a activos productivos, que incluyen acciones relacionadas con:

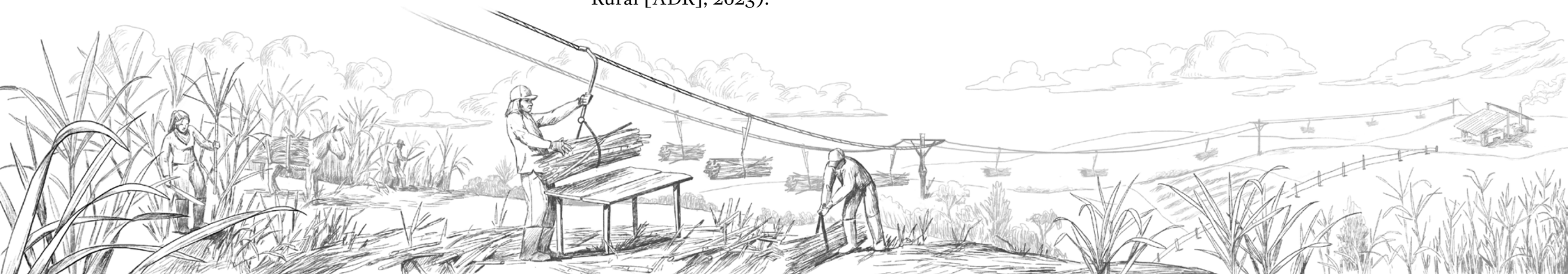
1. Infraestructura, maquinaria agrícola, equipos, insumos, semovientes e individuos.

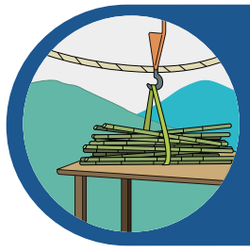
2. Servicios requeridos para impulsar, apoyar y facilitar la producción (Agencia de Desarrollo Rural [ADR], 2023).

Cooperación con instituciones de orden territorial

Las entidades gubernamentales, en el marco del cumplimiento de sus planes de desarrollo y gobierno, destinan o gestionan recursos específicos para fortalecer la infraestructura vial, la agroindustrialización y, en general, las capacidades de la ruralidad. Dado que cada entidad gubernamental (alcaldías o gobernación) define las prioridades de inversión y apoyo, se sugiere a los productores comunicarse por los canales adecuados ante las entidades gubernamentales en busca de posibilidades de apoyo.

Para cualquiera de las alternativas de financiación descritas, Agrosavia pone a su disposición el capital humano, principalmente, para estructurar los apartados técnicos y de desarrollo tecnológico en los distintos proyectos productivos, ya que su equipo de investigación cuenta con una amplia experiencia en el diseño e implementación de estas tecnologías en diferentes regiones y sistemas de producción de panela en todo el país.





Referencias

Agencia de Desarrollo Rural [ADR] (2019). Reglamento para proyectos integrales de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial. https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/Manual-PIDAR-2019-V1-06.06.2019.pdf

Agrosavia TV. (2019, julio 24). Sistema de transporte de caña por cable [video de Youtube]. https://www.youtube.com/watch?v=XLxzfJwLkLY&ab_channel=AGROSAVIATV

Álvarez, F., Cortés, E., & González, H. (2009). La mecanización agrícola: Gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones de campo. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *4*(2), 151-160. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321428102015

Banco Mundial. (2018). Aires de innovación: Los teleféricos como complemento al transporte urbano. https://blogs.worldbank.org/es/voices/aires-de-innovacion-los-teleforicos-como-complemento-al-transporte-urbano

Cano Fotografía y Video. (2011, abril 23). Cable San Sebastián de Palmitas Medellín [video de Youtube]. https://www.youtube.com/watch?v=B-TXjhBodog&ab_channel=CANOFotografiayVideo

Centro Aceros. (2023, enero 23). Teleféricos. https://www.centroaceros.com/en/cableways/banana/

Decreto 1072 de 2004. "Por el cual se reglamenta el Servicio Público de Transporte por Cable de Pasajeros y Carga". Presidencia de la República de Colombia. https://www.ani.gov.co/normatividad-inco/decreto-no1072-de-2004-457

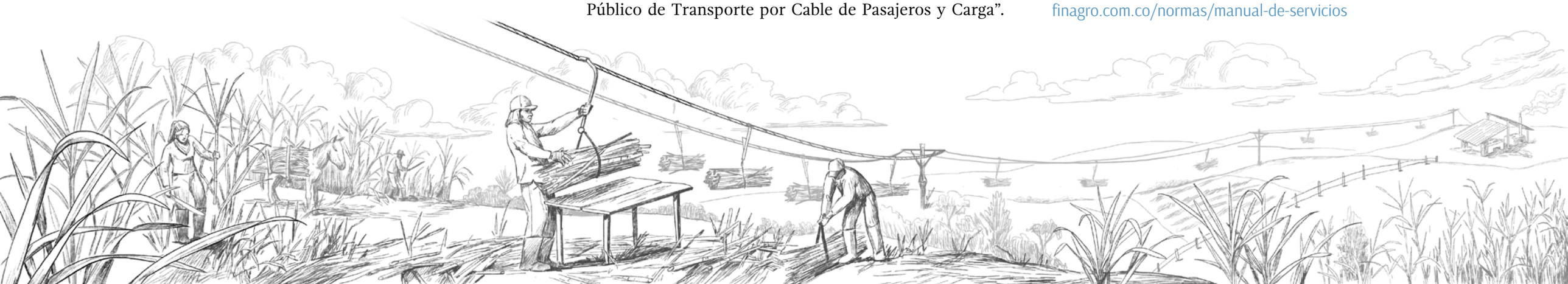
Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología [Colciencias], Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], & Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2016). *PECTIA: Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector Agropecuario colombiano (2017-2027)*. Colciencias; MADR; Agrosavia. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12759

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2016). *3° Censo nacional agropecuario, la mayor operación estadística del campo colombiano en los últimos 45 años (t. 2, Resultados)*. DANE; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf

Fajardo, D. (2001). La tierra y el poder político: La reforma agraria y la reforma rural en Colombia. http://www.fao.org/docrep/004/y3568t/y3568t02.htm

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario [Finagro] (s. f.). Línea especial de crédito, LEC Finagro. https://www.finagro.com.co/lineas-especiales-credito-lec-finagro

Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario [Finagro]. (2023). Manual de Servicios Finagro. https://www.finagro.com.co/normas/manual-de-servicios



Gáfaro, M., Ocampo, J., Rueda, A., & Monroy, S. (2019). Revisión de experiencias de apoyo a la agricultura familiar. *Ensayos sobre Política Económica (ESPE), 91*. https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/9734

Garruchas Galvis & Galvis. (2020, octubre 17). Transporte de café en Garrucha de Galvis & Galvis [video de Youtube]. https://www.youtube.com/watch?v=-x-SJWWrjvk&ab_channel=GARRUCHASGALVIS%26GALVIS7

Guanábana Tierra Fértil. (2020, junio 12). Garrucha, instalación y forma de hacerla [video de Youtube]. https://www.youtube.com/watch?v=6ktw5LsJxis&ab_channel=Guanabanatierraf%C3%Agrtil

Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (1999). El macizo colombiano y su área de influencia. http://hdl.handle.net/20.500.12324/18780.

Ley 1774 de 2016. "Por medio de la cual se modifican el código civil, la Ley 84 de 1989, el Código Penal, el Código de Procedimiento Penal y se dictan otras disposiciones". Congreso de la República de Colombia, *Diario Oficial*, n.° 49.747. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1774_2016.html

Mejía, E. (2019). *Historia de los cables aéreos en Colombia: Una solución de movilidad para zonas de difícil acceso en Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. Repositorio Uniandes. https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/44623

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2015). *Estudios económicos de la OCDE Colombia*. OCDE. https://www.oecd.org/economy/surveys/Overview_Colombia_ESP.pdf

Orro Arcay, A., Novales Ordax, M., & Rodríguez Bugarín, M. (2003). Transporte por cable. http://caminos.udc.es/grupos/ferroca/orro/documentos/Transporte_por_cable.pdf

Pensilvania Gold & Mineral. (2020). Construcción de garrucha [video de Youtube]. https://www.youtube.com/watch?v=uL3vLW83bYo

Perfetti, J. J. (Ed.). (2019). Adecuación de tierras y el desarrollo de la agricultura colombiana: Políticas e instituciones. http://hdl.handle.net/20.500.12324/35888.

Practical Action. (2010, agosto 10). Gravity Goods Ropeway in Nepal [video de Youtube]. https://www.youtube.com/watch?v=YAtIBXvnWFo&ab_channel=PracticalAction

Rodríguez Borray, G. A., Polo Murcia, S. M., Riveros, M. A., & Buitrago Ardila, A. M.. (2020). *La agroindustria panelera impulsando el desarrollo rural en Colombia: Un diagnóstico de la cadena productiva*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia; Federación Nacional de Productores de Panela (Fedepanela).

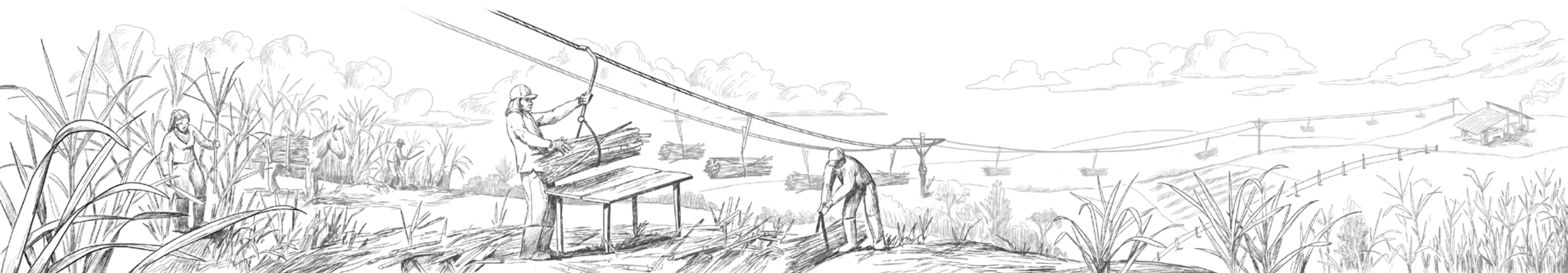
Sánchez, R., & Forero, C. (2016). *Modelo productivo manejo agronómico de la caña de azúcar y producción agroindustrial de panela en la hoya del río Suárez*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia. http://hdl.handle.net/20.500.12324/13747

Tirolesas México. (2020, junio 24). Construcción de tirolesa campamento Meta Morelia Michoacán [video de Youtube]. https://www.youtube.com/watch?v=qEM2lX2edjc&ab_channel=TirolesasMexico

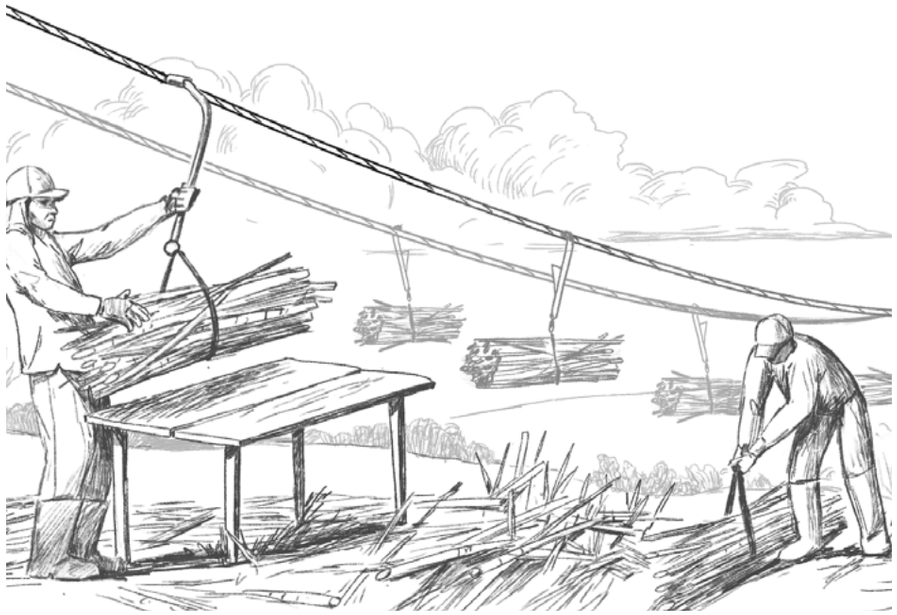
Vianey Solano, W. (2017, agosto 12). Los niños del cable [video de Youtube]. www.youtube.com/watch?v=KZFf9qZxj3M

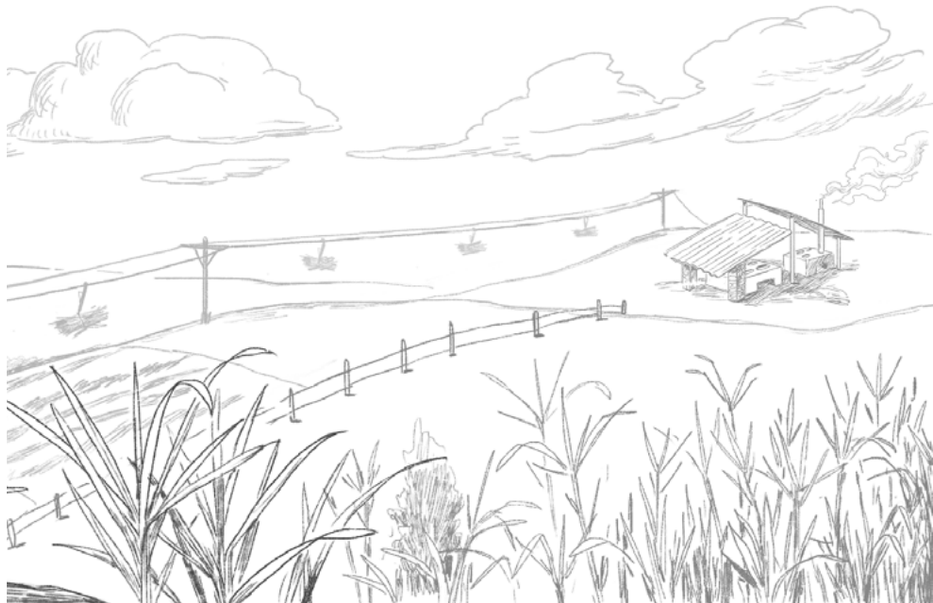
Volando en Drone. (2019, noviembre 18). Volando en drone 4k–Bogotá, teleférico Monserrate, Colombia [video de Youtube]. https://www.youtube.com/watch?v=uhgRtr6OxaY&ab_channel=VolandoEnDrone

Wilson Alberto. (2020, febrero 8). Tarabita o Garrucha en Guadalupe Huila [video de Youtube]. https://www.youtube.com/watch?v=v2eUxiDktGo&ab_channel=wilsonalberto









Distribución gratuita
Prohibida su venta

Este folleto tiene el propósito de promover la adopción de las tecnologías de transporte de carga por cable aéreo en condiciones de ladera para productos agrícolas en Colombia. Específicamente, el documento presenta: 1) Los distintos tipos de sistemas de transporte por cable aéreo. 2) Las estrategias para seleccionar el sistema más adecuado de acuerdo con las condiciones productivas y las necesidades de los agricultores. 3) Los componentes y el funcionamiento del sistema. 4) Las etapas de implementación y las recomendaciones de uso. 5) Alternativas de acceso y financiación.

COLOMBIA POTENCIA DE LA VIDA