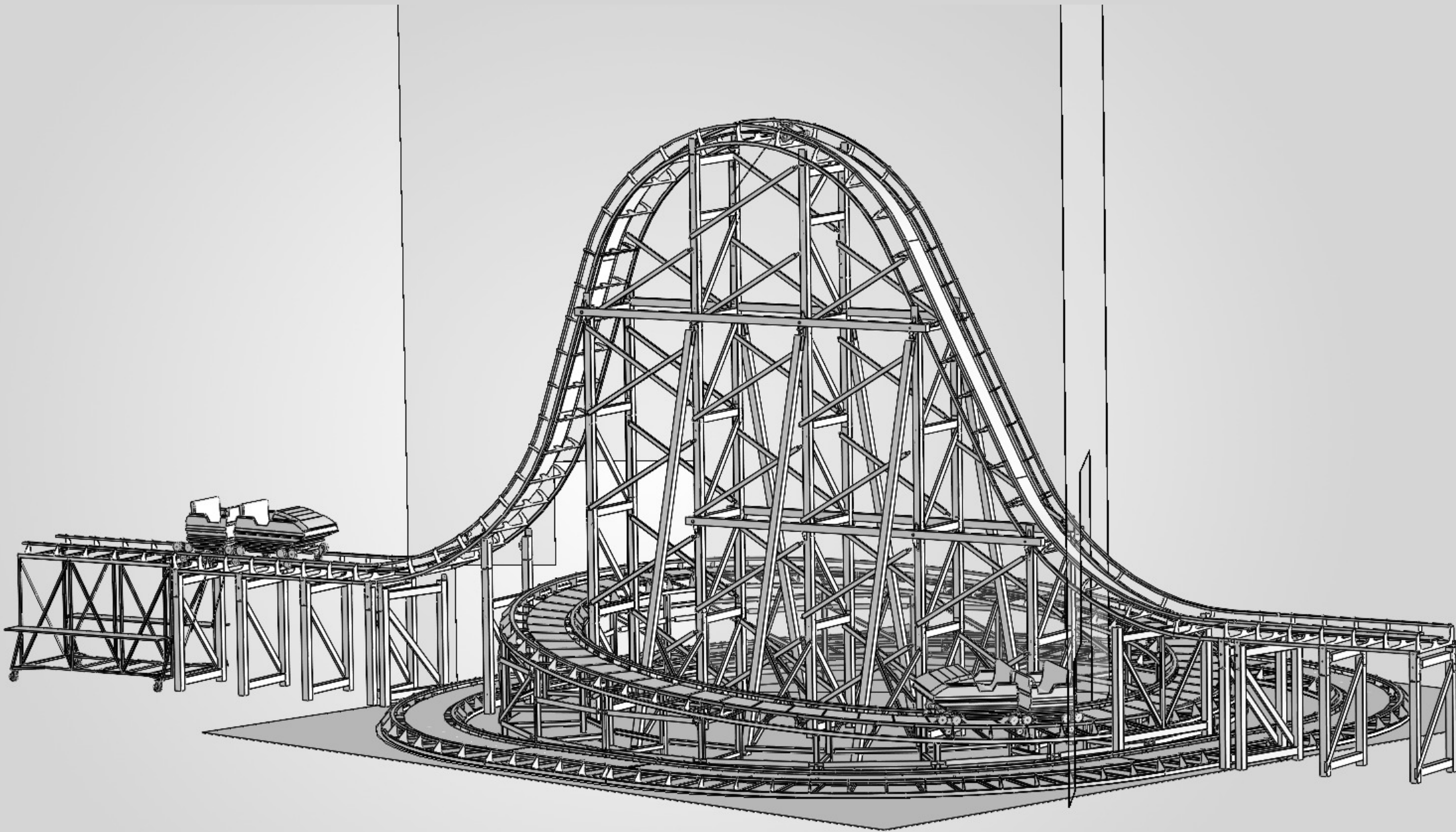
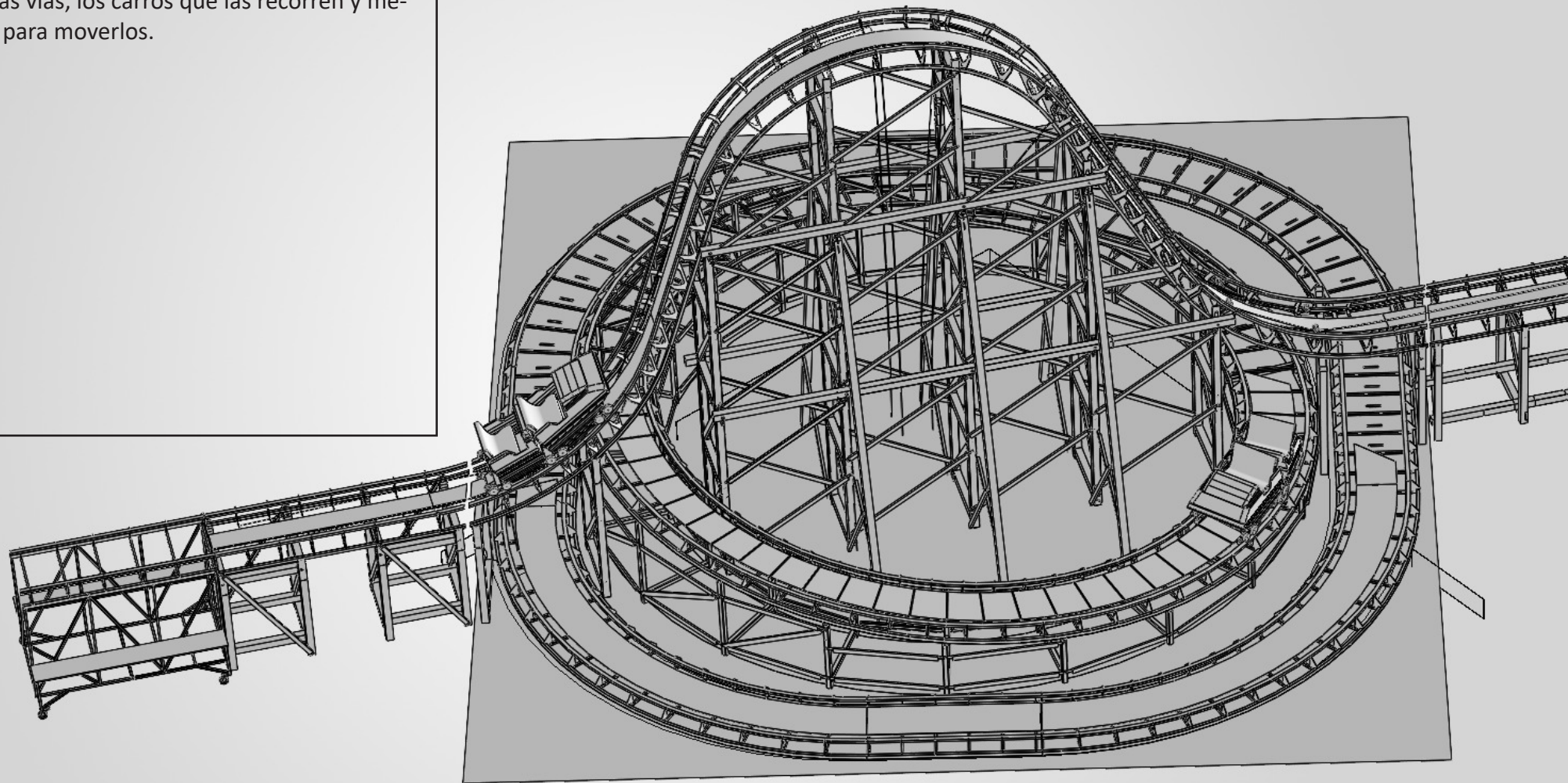
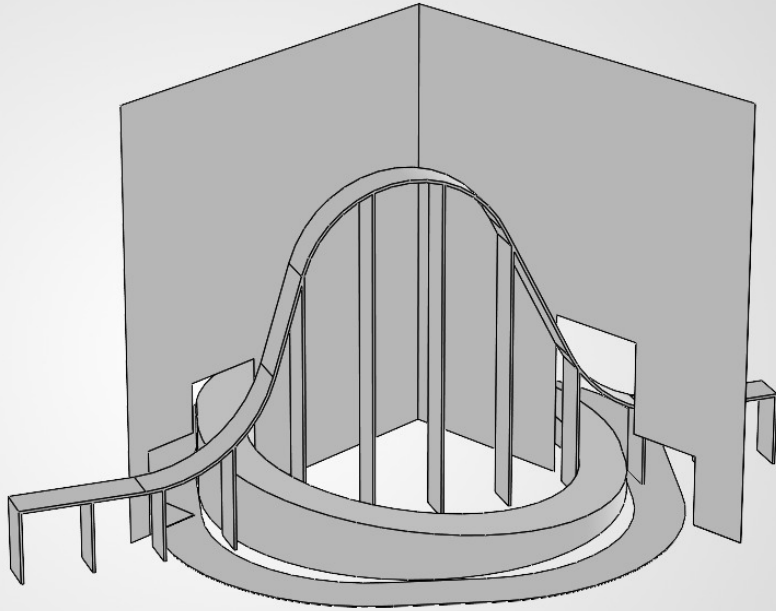


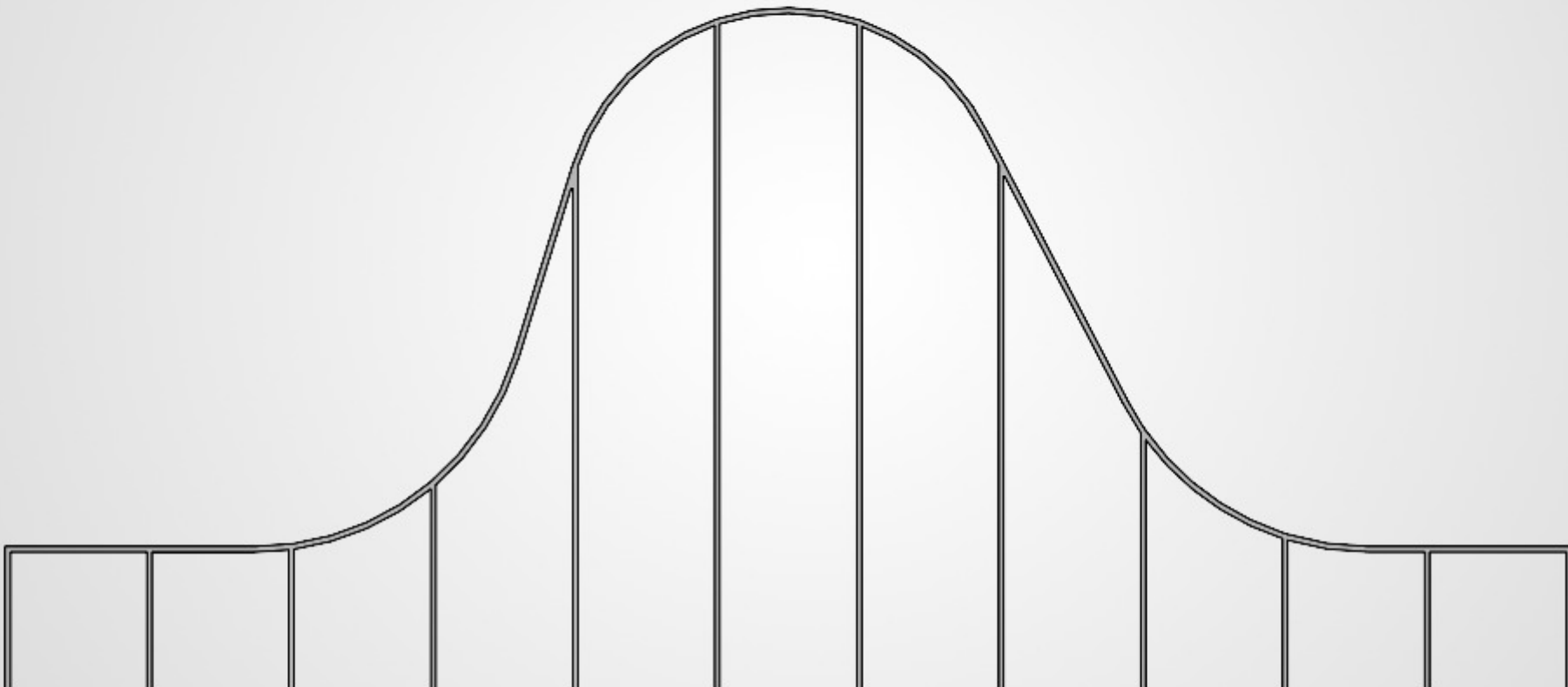


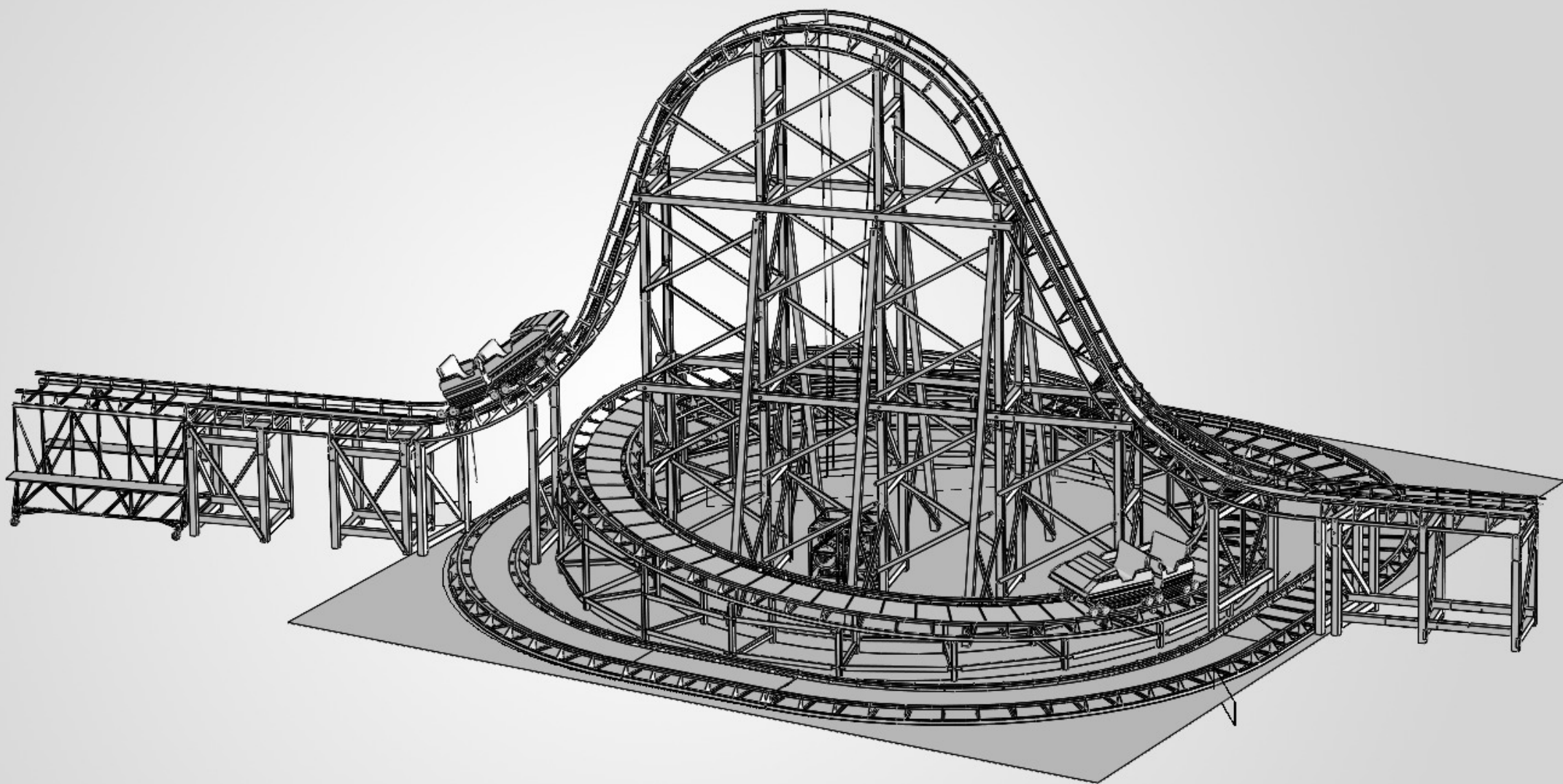
Planteamiento general del proyecto.
Básicamente consiste en tres circuitos independientes.
Primero planteamos las estructuras de madera,
después las vías, los carros que las recorren y mecanismos para moverlos.





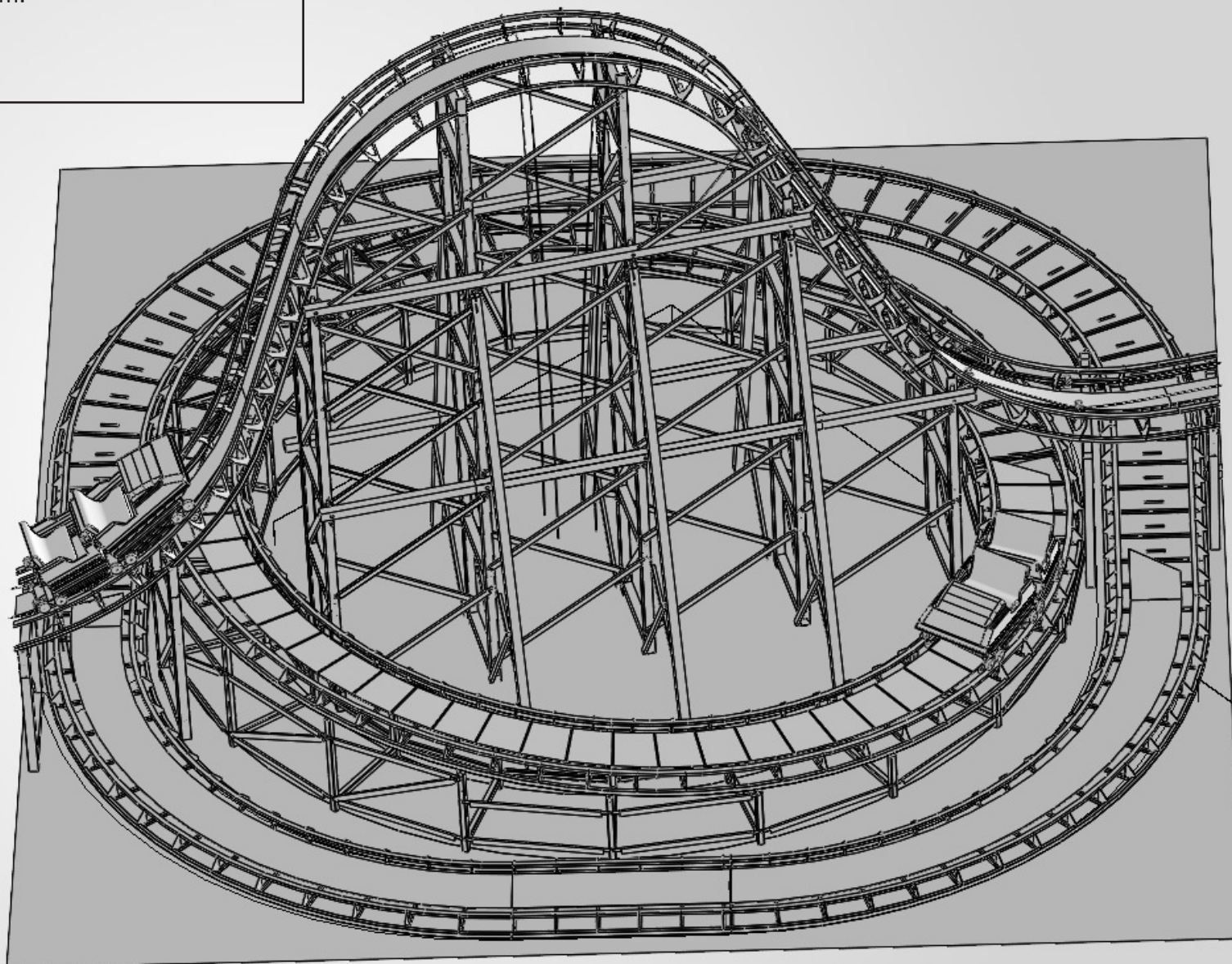
Vista simplificada de los elementos y perfil de la estructura más alta. Este perfil es definitivo, pues tiene en cuenta muchos factores de gálibos, distribución de soportes y velocidades de vagonetas.



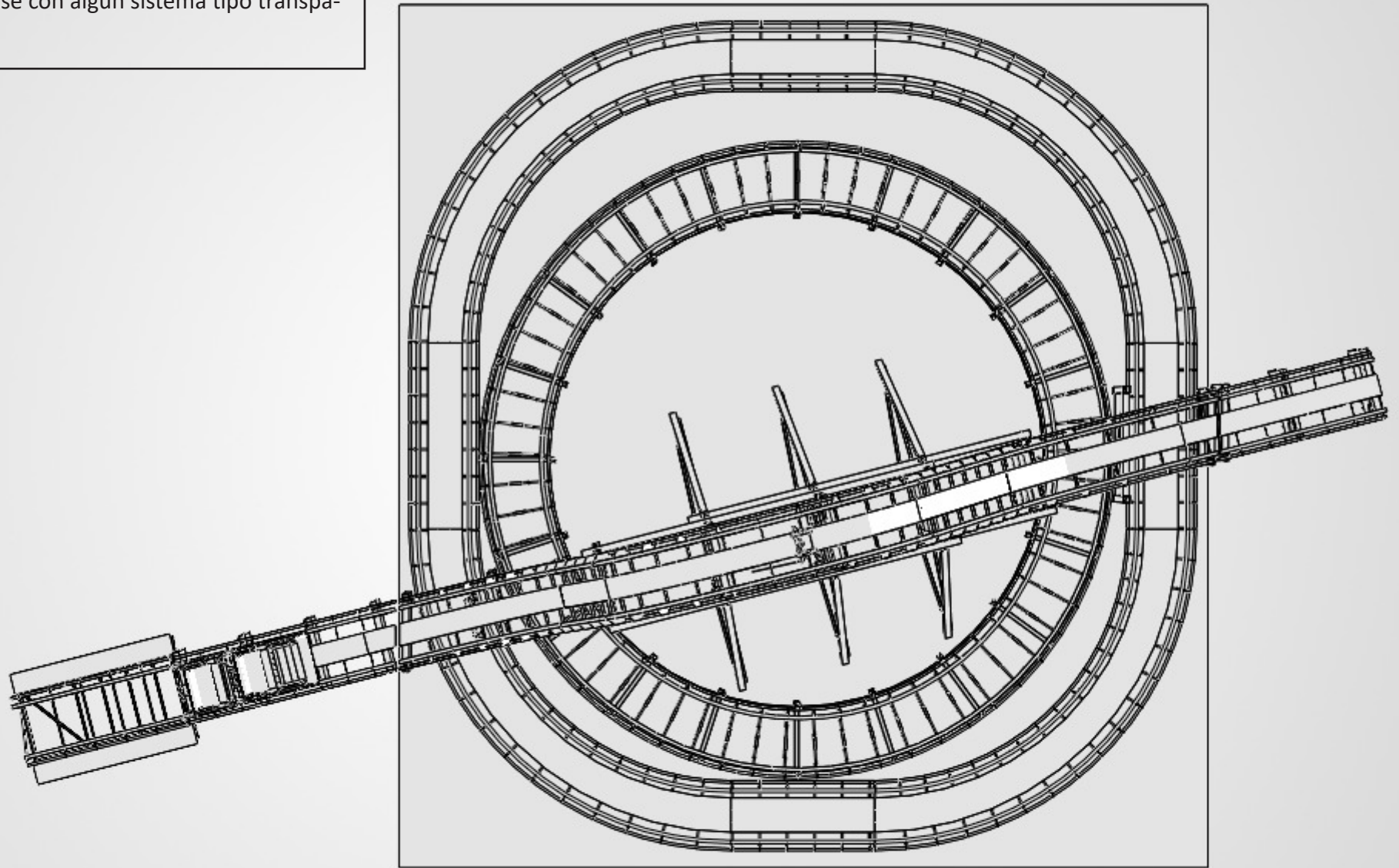


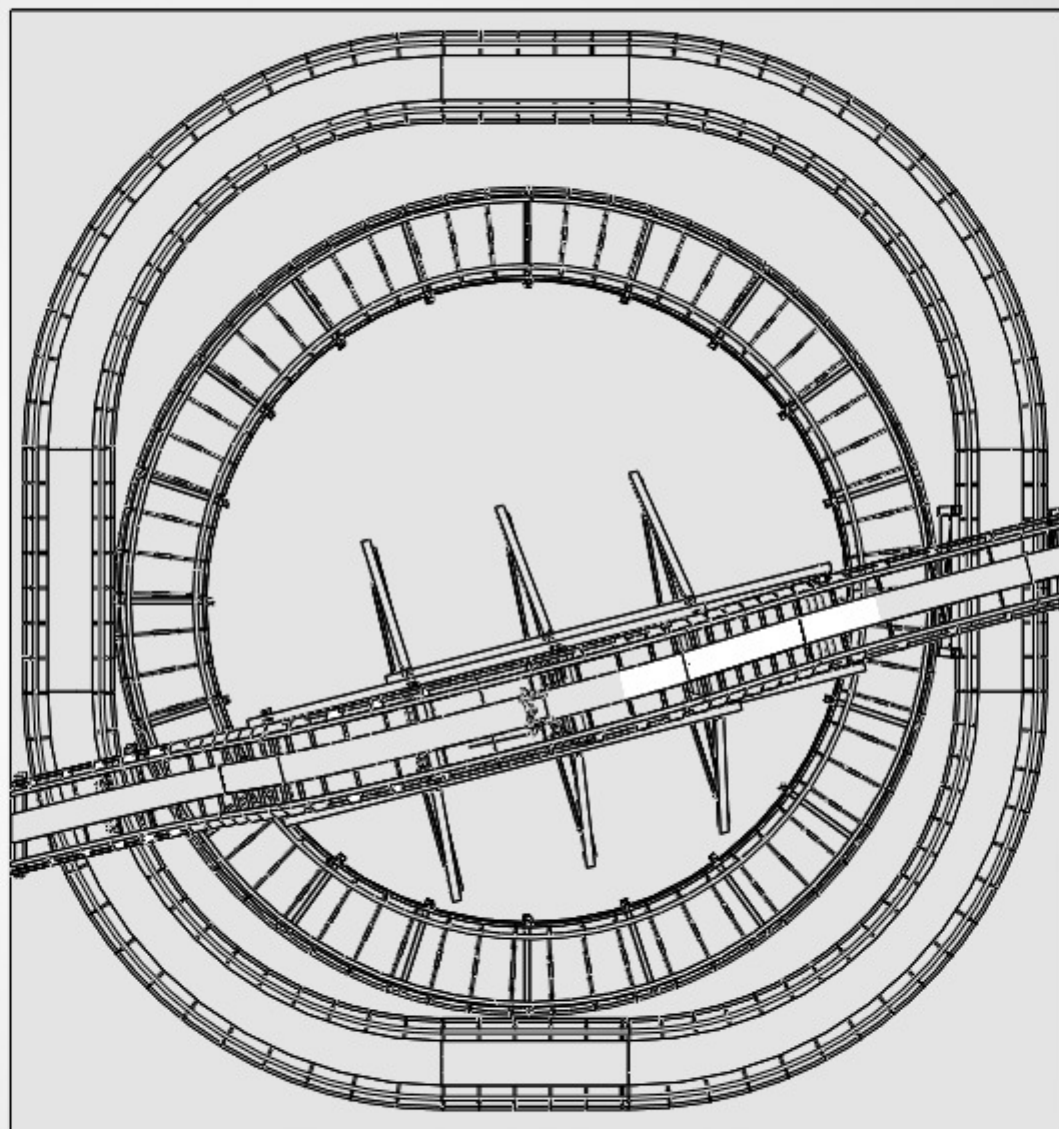
La estructura más alta se divide en 3 tramos ya que tienen que poder desmontarse dos ramales para poder mover la escenografía con la maquinaria escénica del teatro. Por ello las cotas máximas hay que respetarlas.

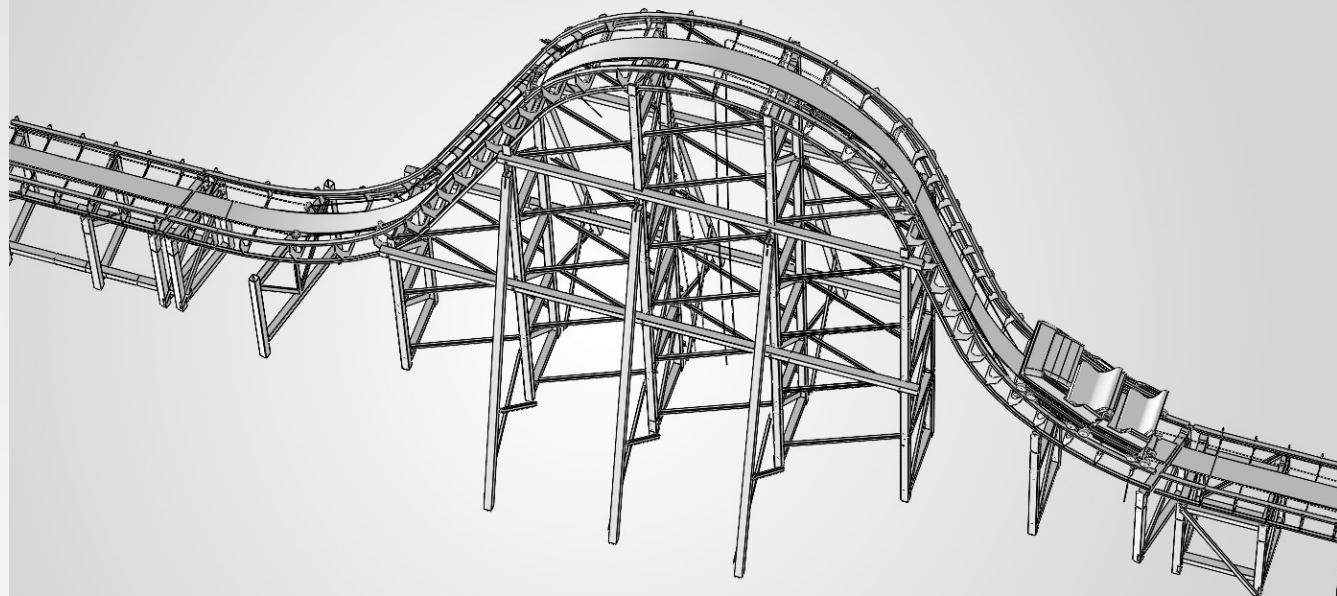
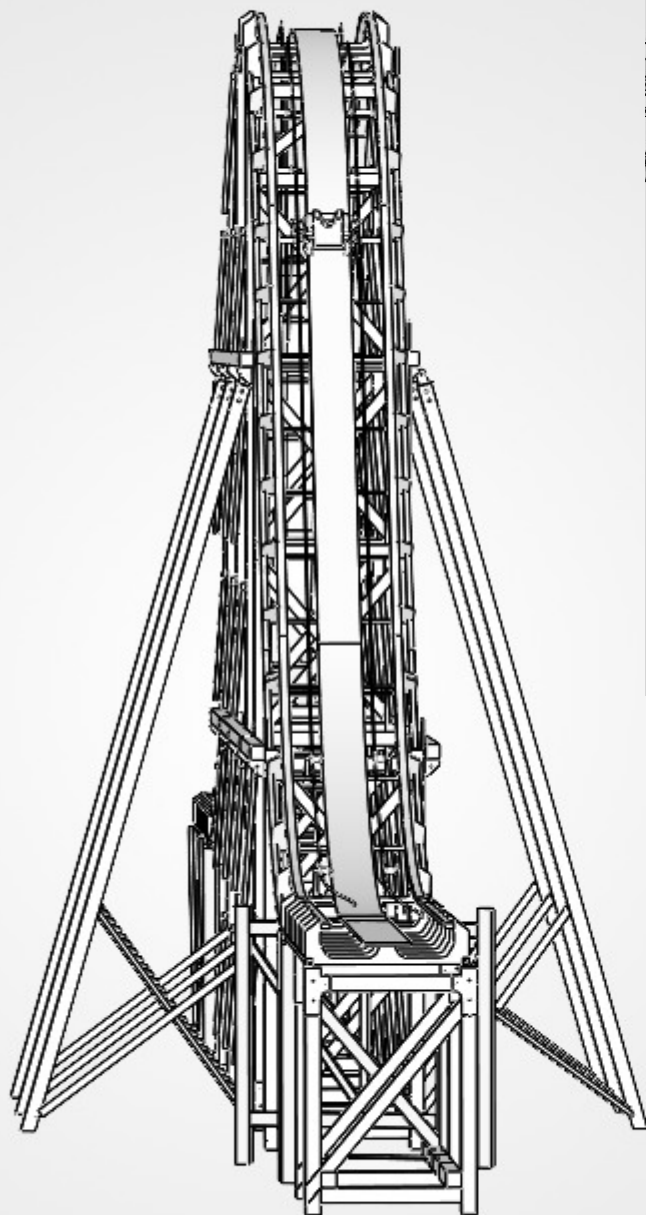
La cota en altura máxima es de 953 cm.



Todo lo que queda fuera del cuadrado del suelo tiene que poder desvincularse de la estructura general y moverse con algún sistema tipo transpaleta.







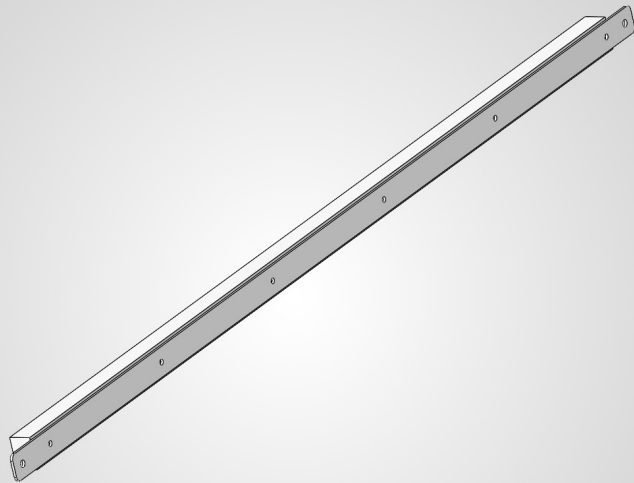
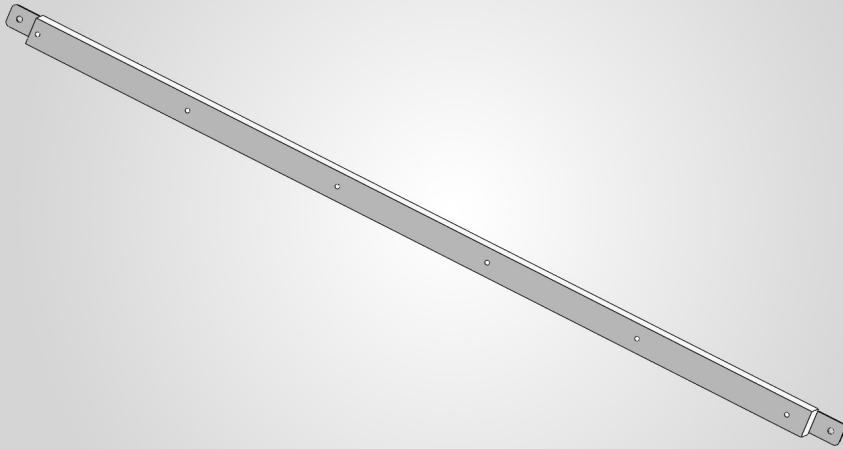
El planteamiento básico de la estructura de madera es crear elementos, al estilo de los andamios layher. Piezas de madera lo más repetibles, posible. Intentamos que las piezas de unión puedan ser intercambiables, siempre que sea posible.

Todo tiene que desmontarse y poder transportarse en un contenedor marino estándar de 40 pies.

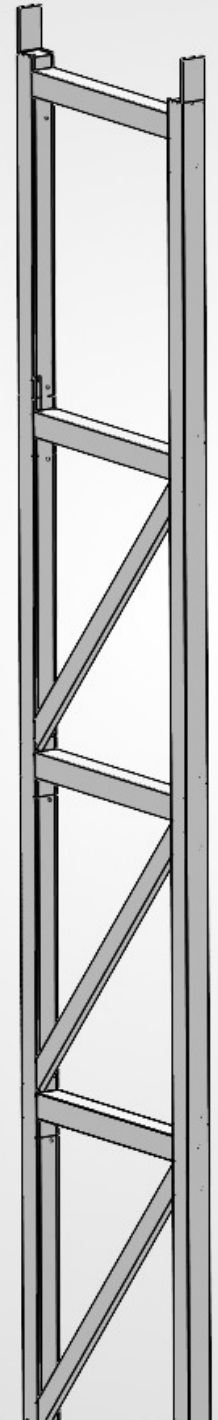
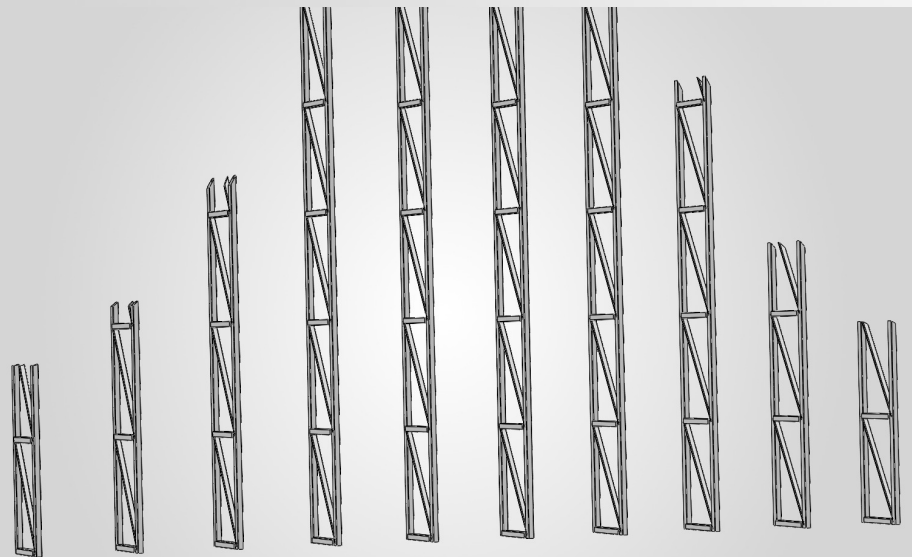
El uso de madera en la estructura es una decisión estética, y por motivos acústicos. Una de las prioridades del proyecto es el mínimo ruido.

Las estructuras verticales, serán de una sola pieza, mecanizada con perforaciones donde conectar las diagonales, las riostras, etc. En el proyecto está planteado con perfiles de madera laminados de 120x120, aunque se barajan otros tamaños como 100x100, esto estará más definido en el documento general.

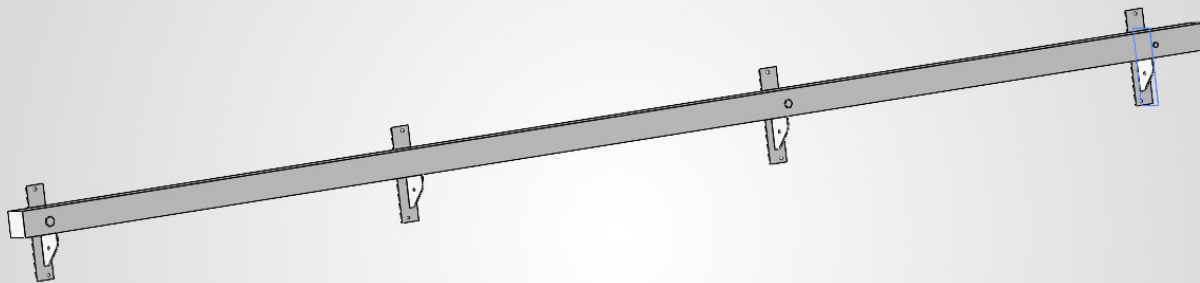
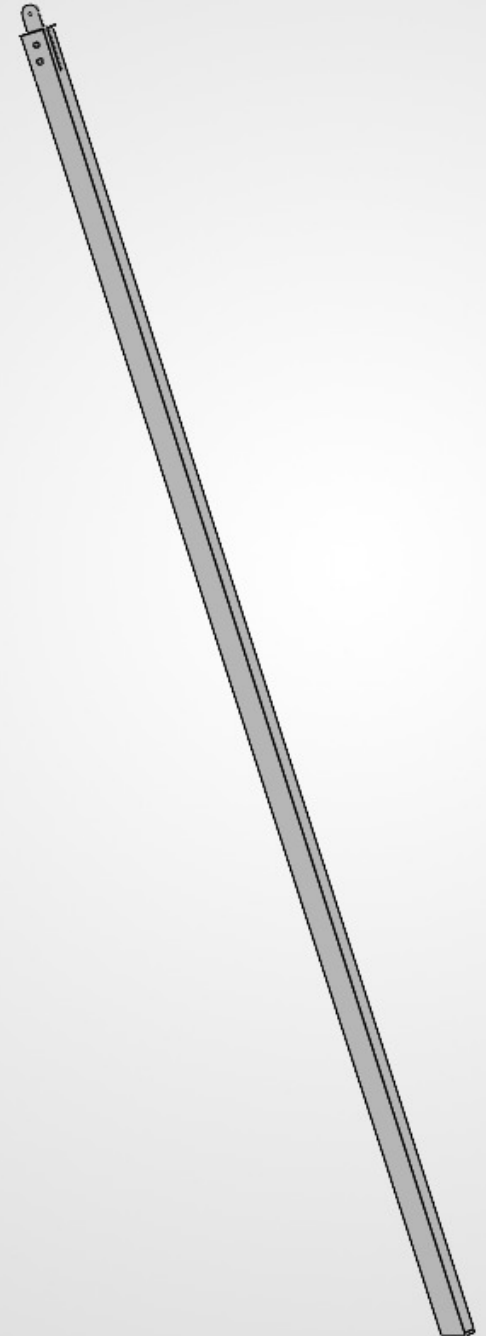
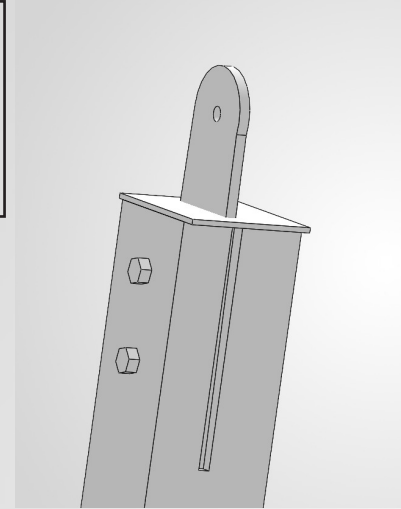
La tornillería que usaremos para el montaje es hexagonal métrica 12 y calidad 8.8.

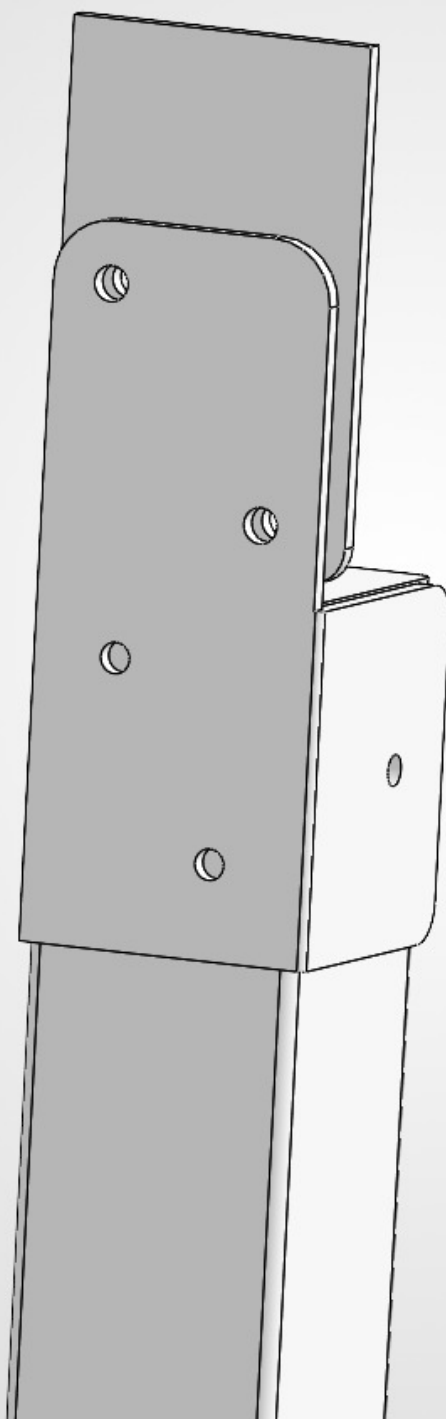


Los soportes verticales serán de una pieza, mientras que las diagonales y elementos de unión serán de pletina de hierro de 50x4 milímetros y una tira de madera, de unos 80x 40 o inferior si las verticales tienen menor espesor.
El elemento de madera lo planteamos por estética y para evitar las vibraciones del hierro y dar más resistencia al pandeo.



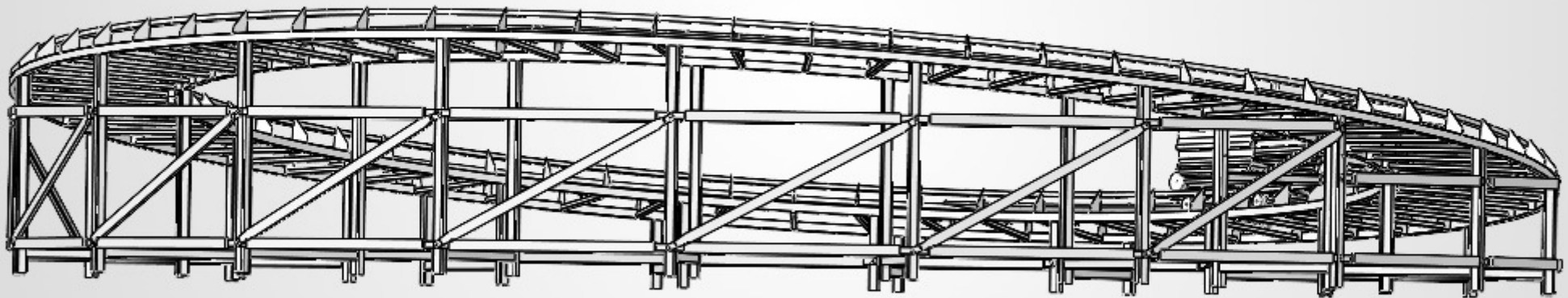
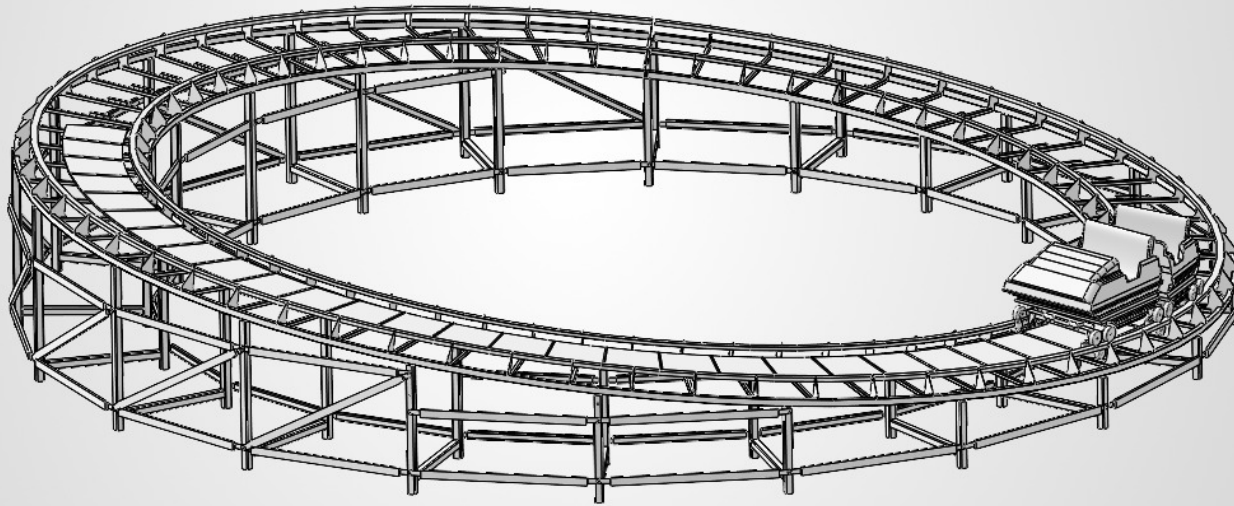
Ejemplo de refuerzos horizontales y riostras, también en biga laminada.
Los elementos de refuerzo y diagonales, irán sobrepuestos a las estructuras verticales, esto generará ruido visual, que va a favor del planteamiento estético del diseñador de la escenografía.



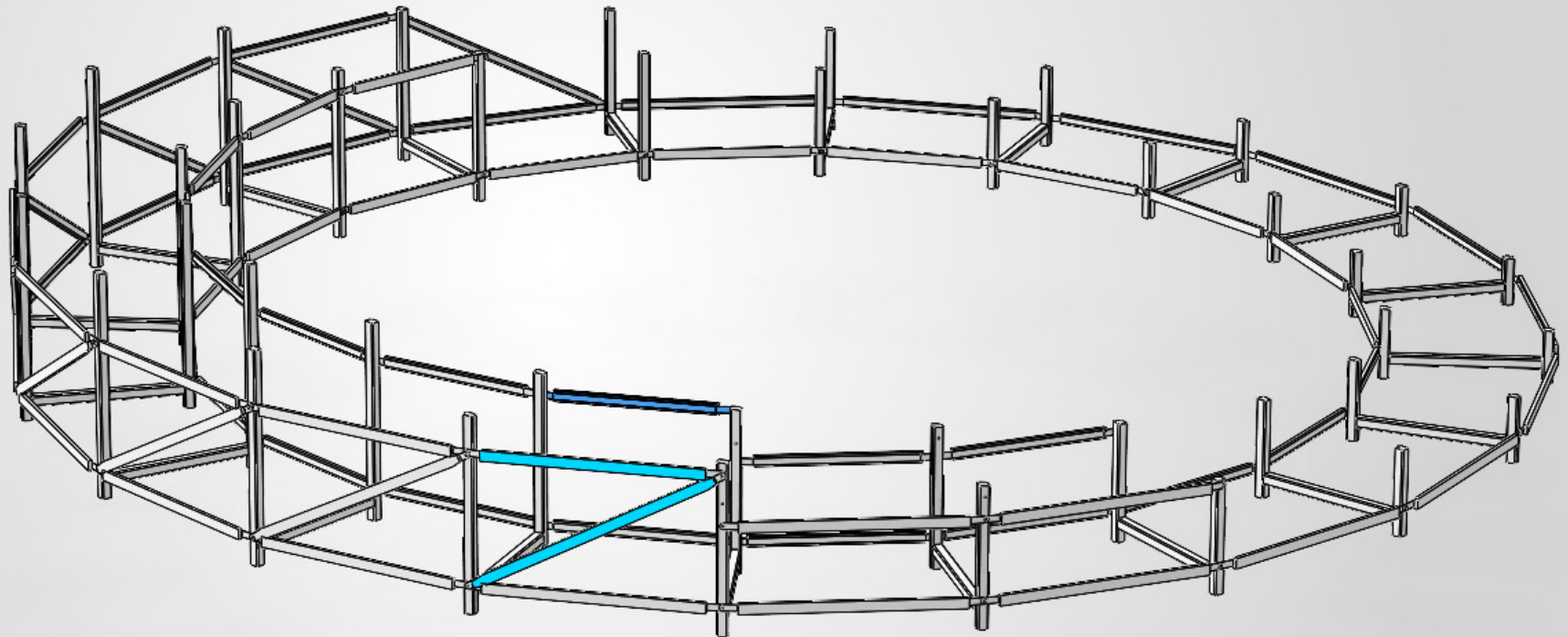
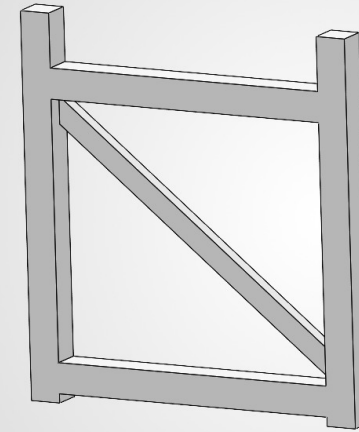


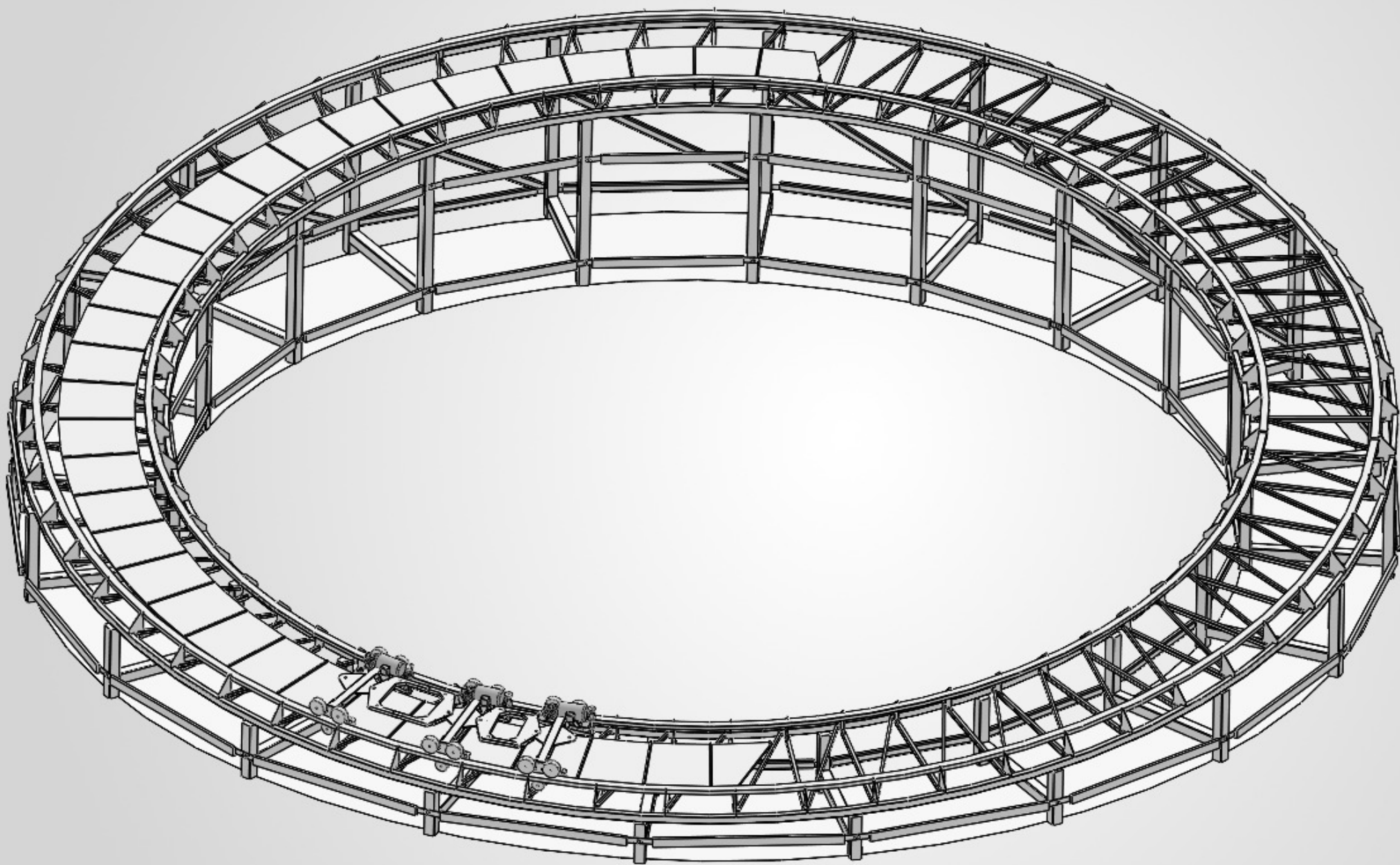
Remate de las estructuras verticales donde se unirán a la estructura de vías.

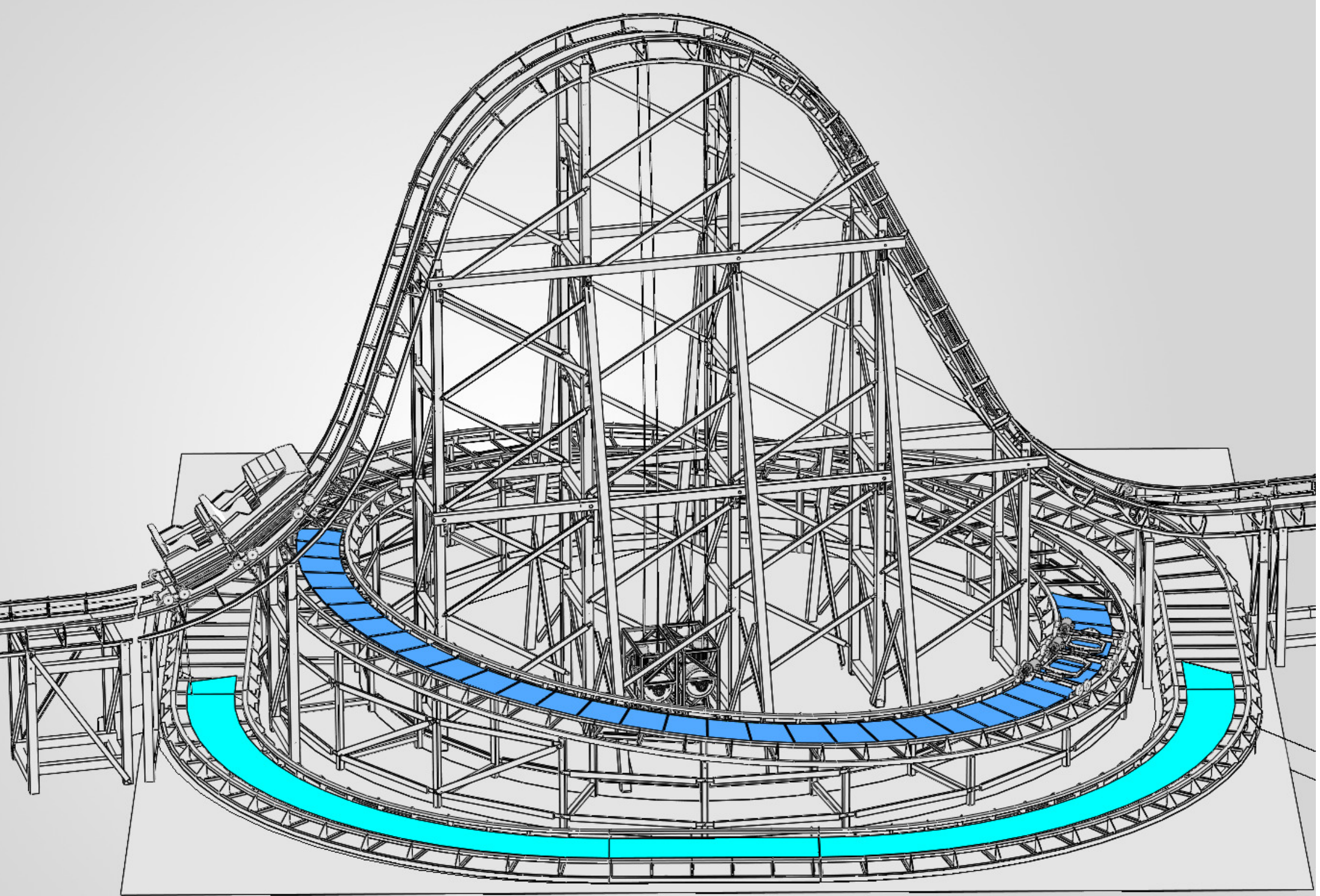
Usaremos tornillería de métrica 12. Y usaremos dos agujeros para facilitar la colocación en el montaje, con un abocador o carraca de andamio.

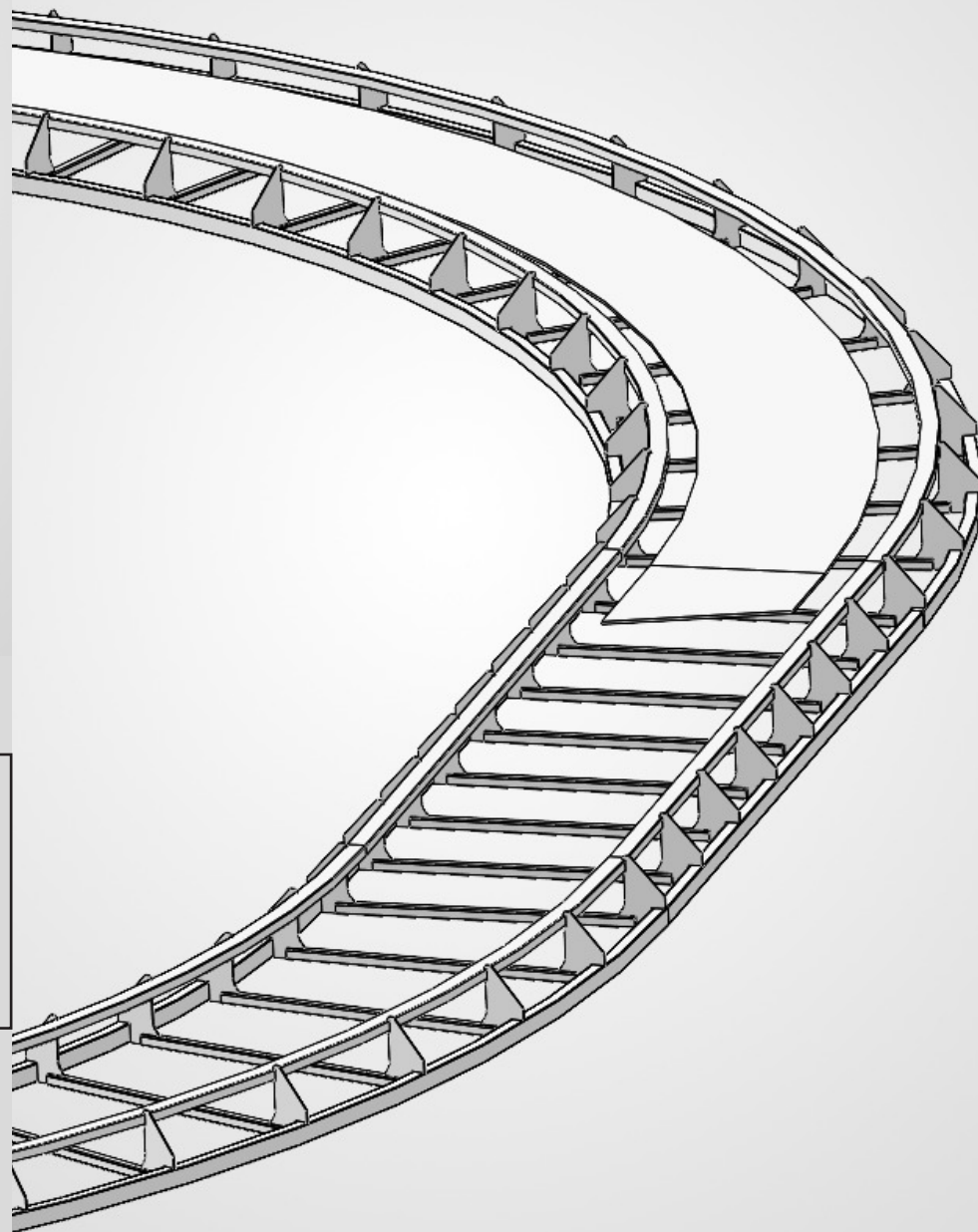
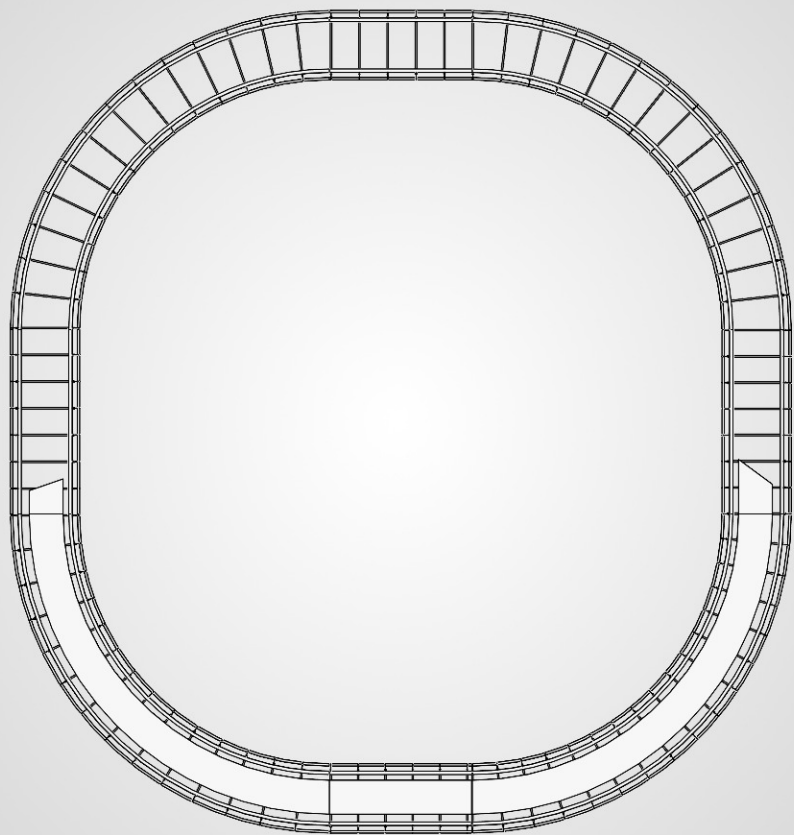


Estructura del circuito circular central. Las diagonales y horizontales son iguales en toda la estructura, Usaremos el mismo estilo de pletina y madera. En las verticales usaremos la misma viga laminada que en la otra estructura. Las verticales en estos dibujos esta esquematizada en exceso.







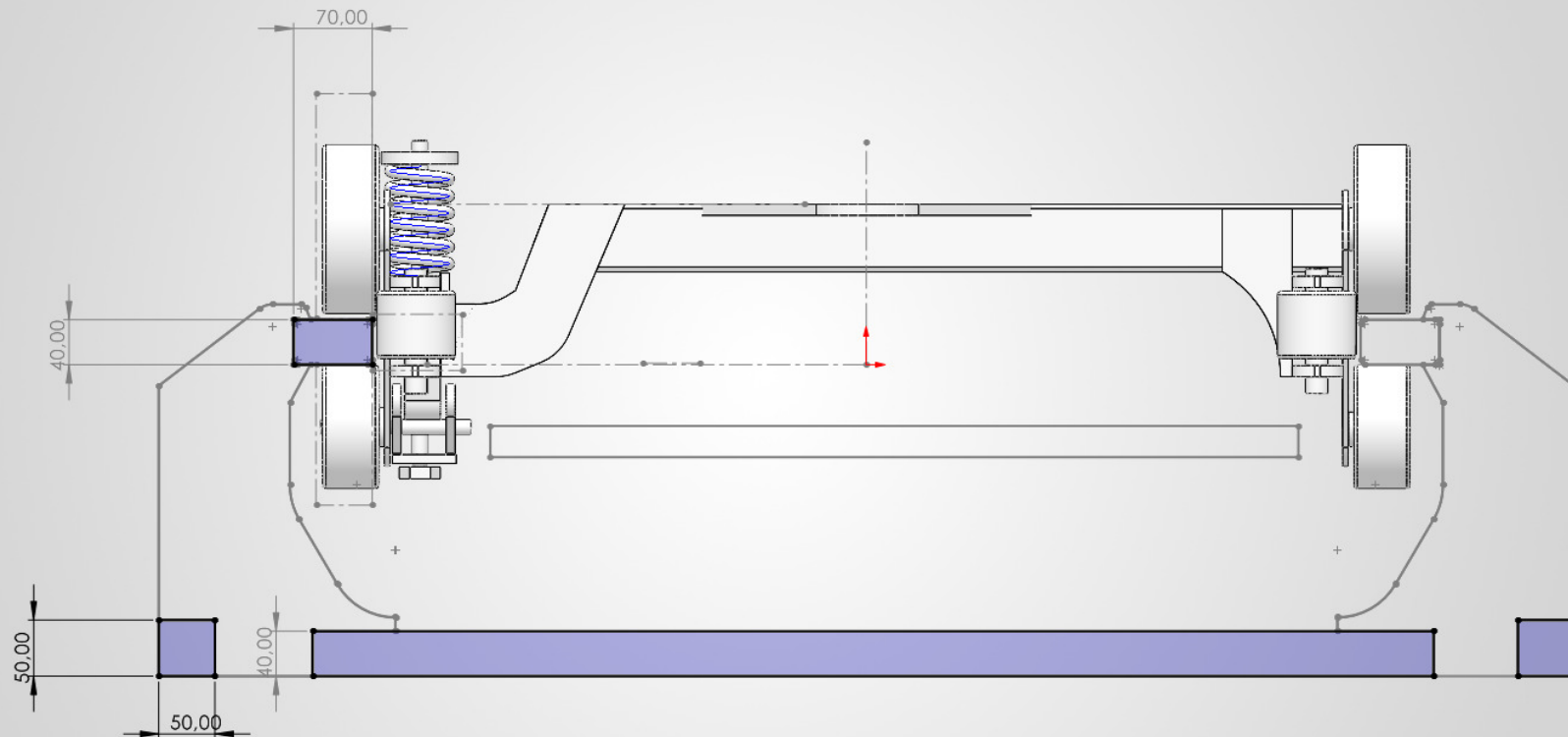
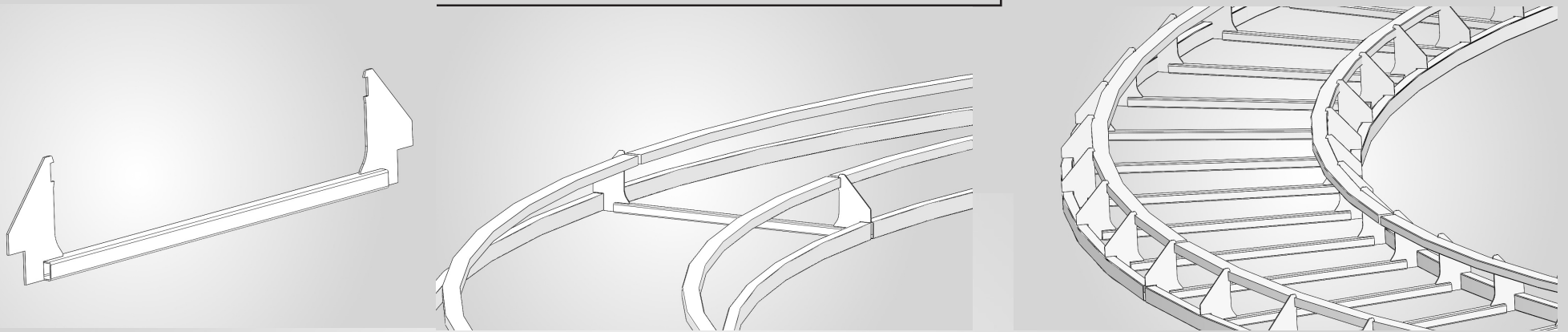


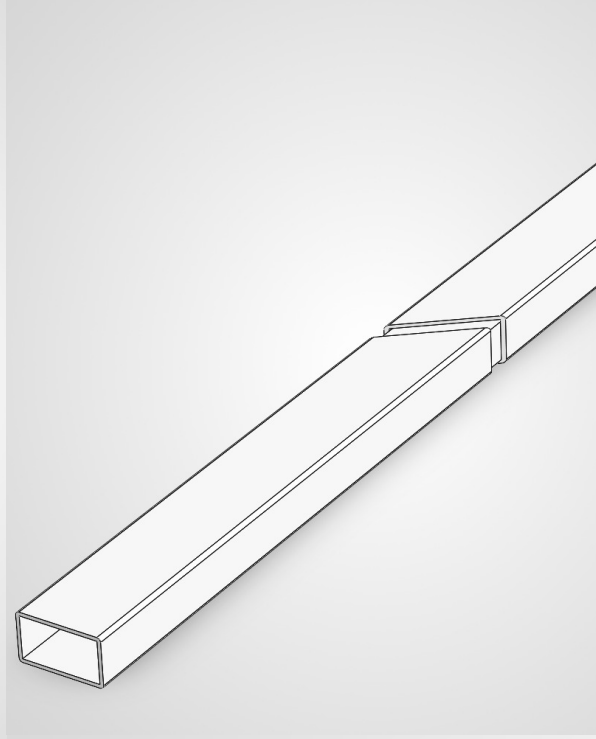
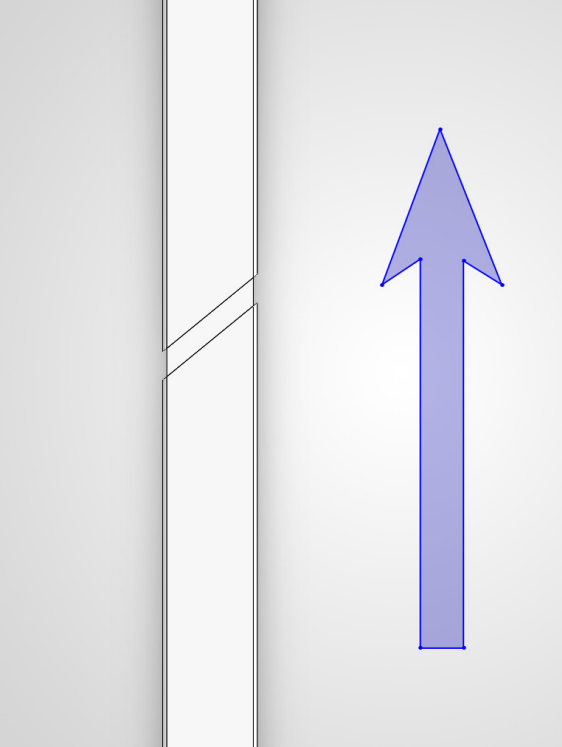
Las 2 vías más bajas tienen un pasillo practicable de madera contrapla- cada de 21mm. No es necesario en todo el circuito de la vía, solo lo que está a la vista del público. Parte de las vías están detrás de unos paneles colgados del peine del teatro.
Este circuito, va directamente en el suelo. Por lo que no tiene estructura de madera de soporte.

Ahora desarrollaremos las especificaciones de las vías. Hay 2 modelos de vía. Un modelo para los circuitos bajos y otro para el circuito en alto.

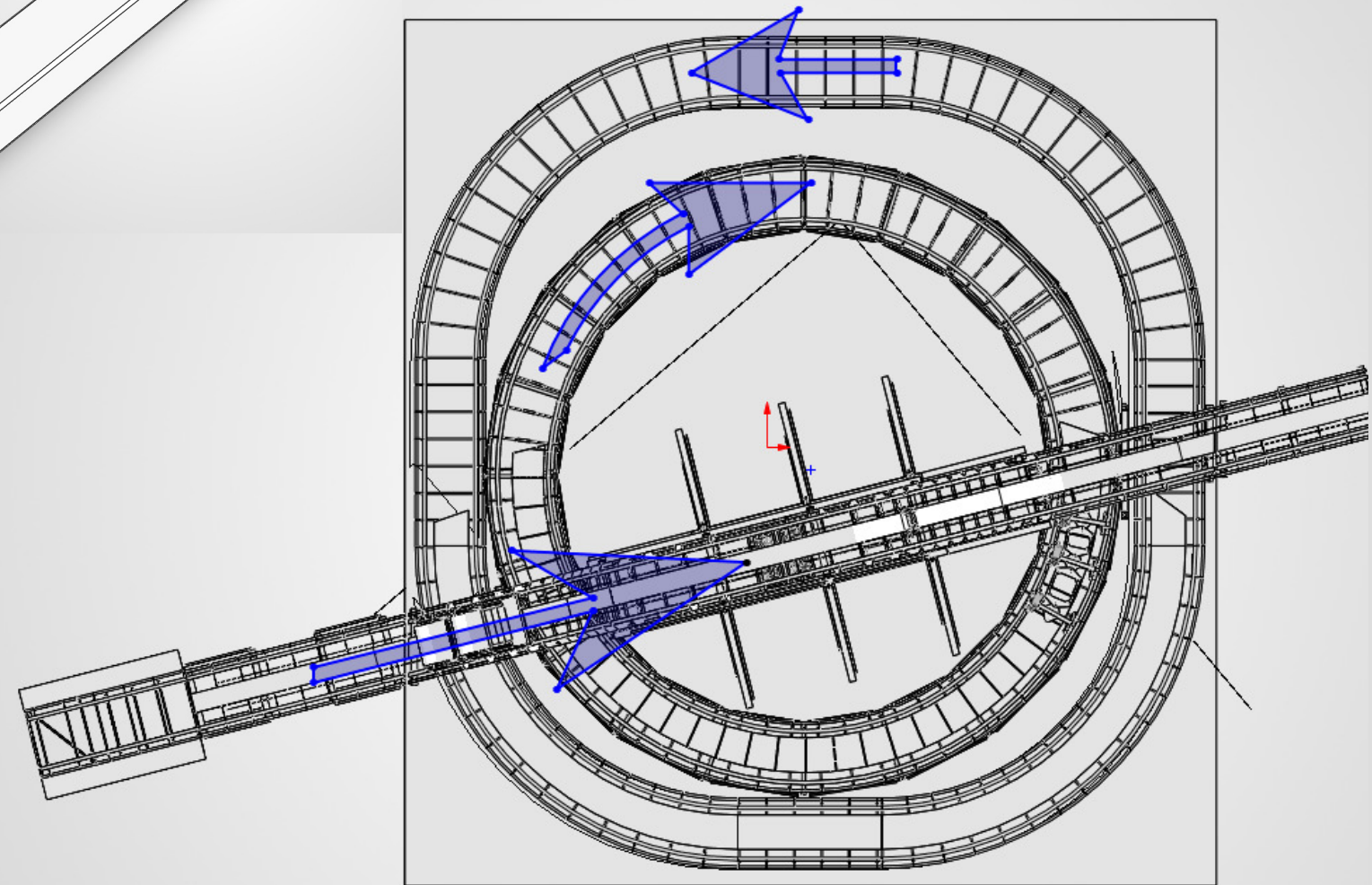
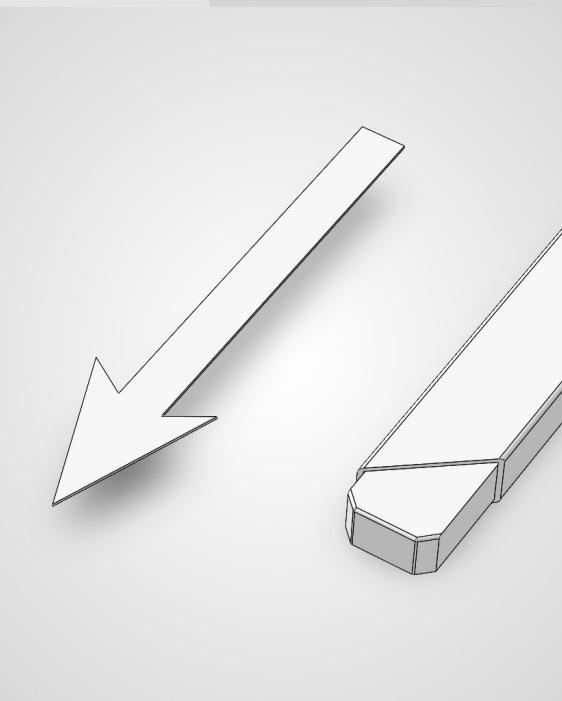
El carril de la vía es de tubo rectangular 70x50x3. Rellenado con espuma para reducir ruido.

El montaje es con piezas cortadas de plancha de 4mm, tubo cuadrado de 40x40x2 y 50x50x2.





Sentidos de desplazamiento de las vagonetas en los diferentes circuitos. No tiene gran relevancia el sentido del movimiento, salvo en el corte de la unión del perfil de 70x50x3. El corte lo hacemos en ángulo para reducir el ruido al paso de las ruedas. En el empalme colocaremos una mecha interior unida perfil que tiene el pico al por el interior de la vía para proteger el empalme.



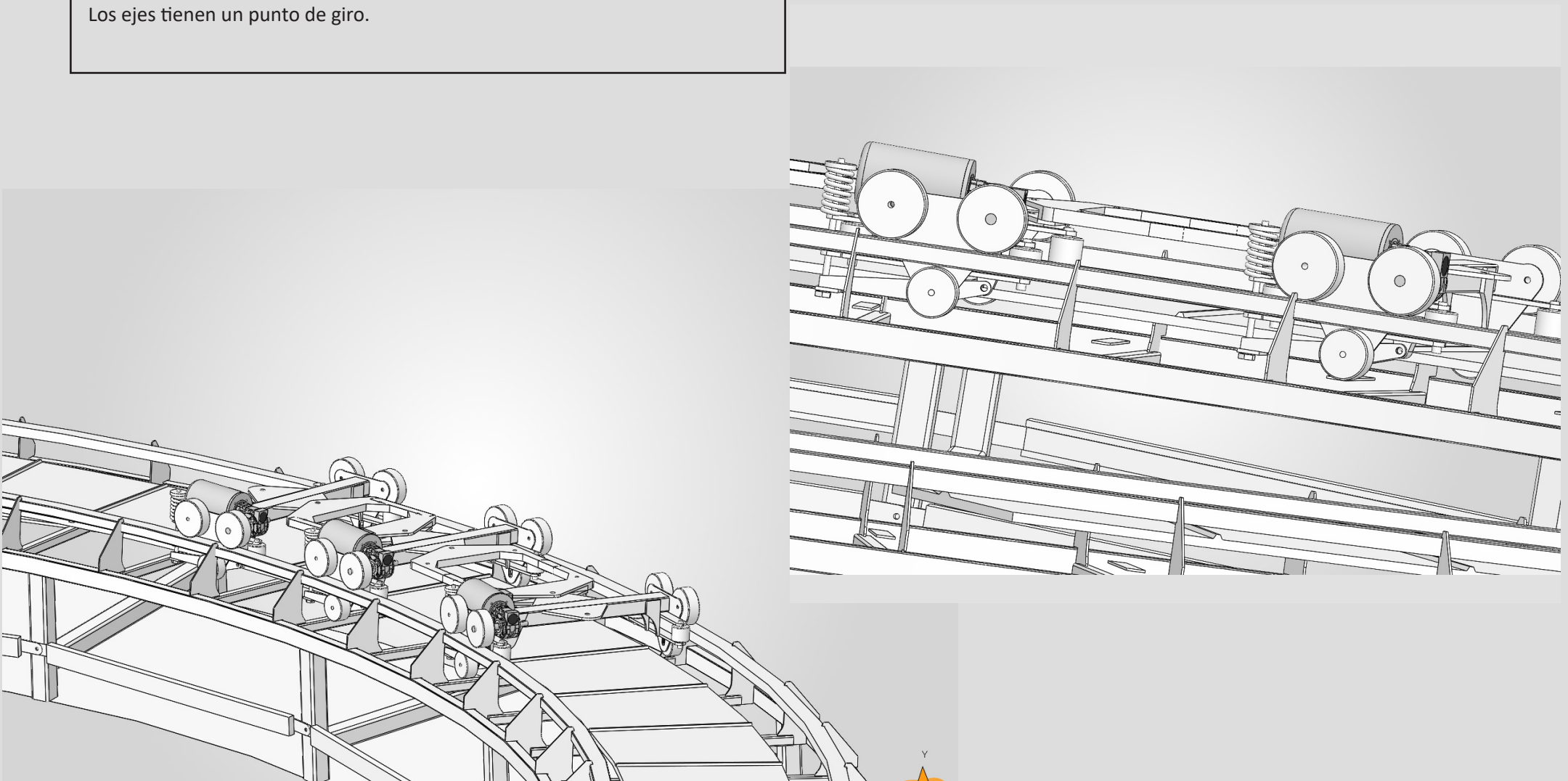
Planteamos ahora los carros donde irán montadas las vagonetas. Hay dos modelos, uno por cada modelo de vía. Este modelo tiene un motor por eje, en sólo un lado para no tener que usar diferencial.

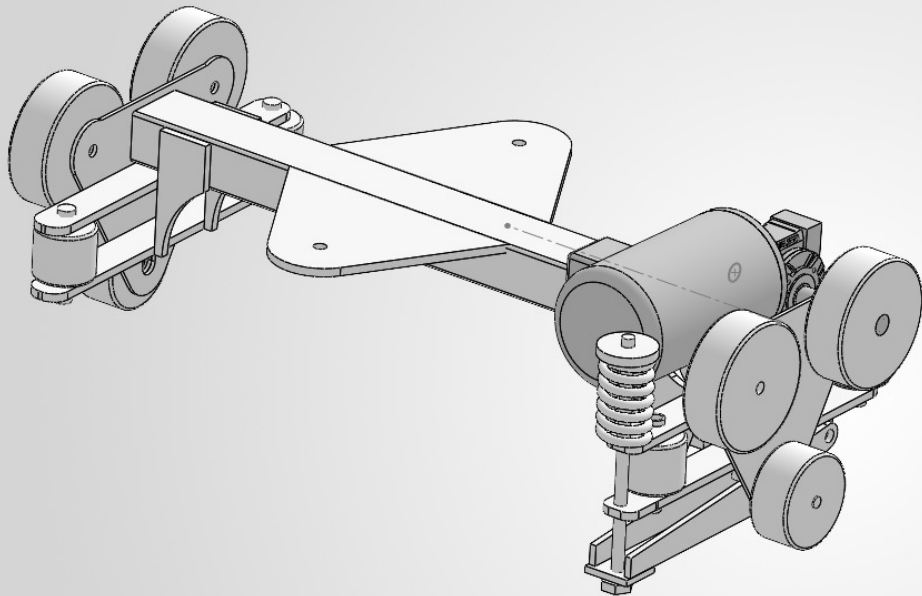
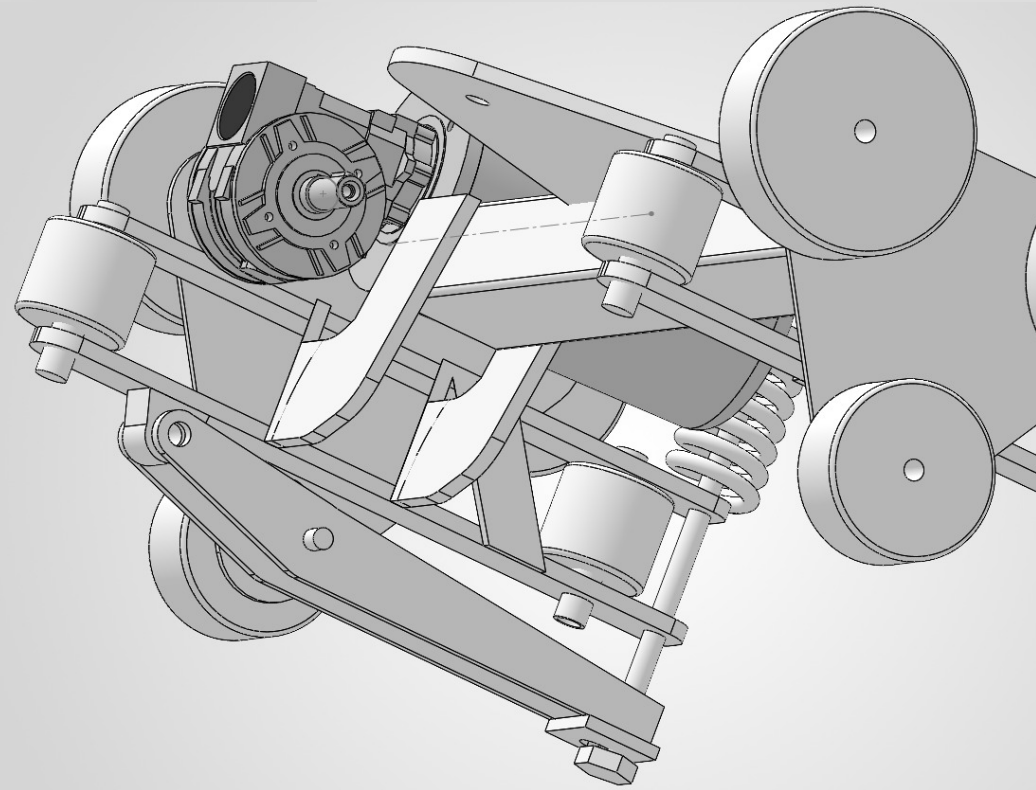
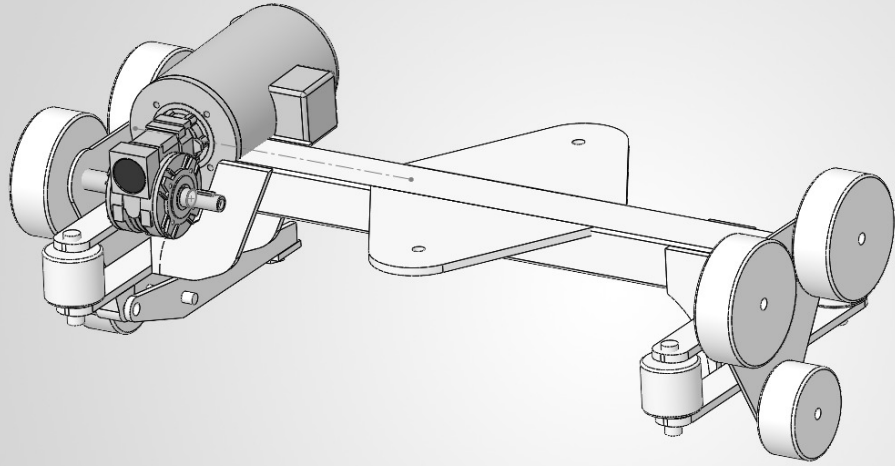
En este carro la rueda inferior del lado del motor, tiene que tener tensor para que la rueda motriz tenga más agarre.

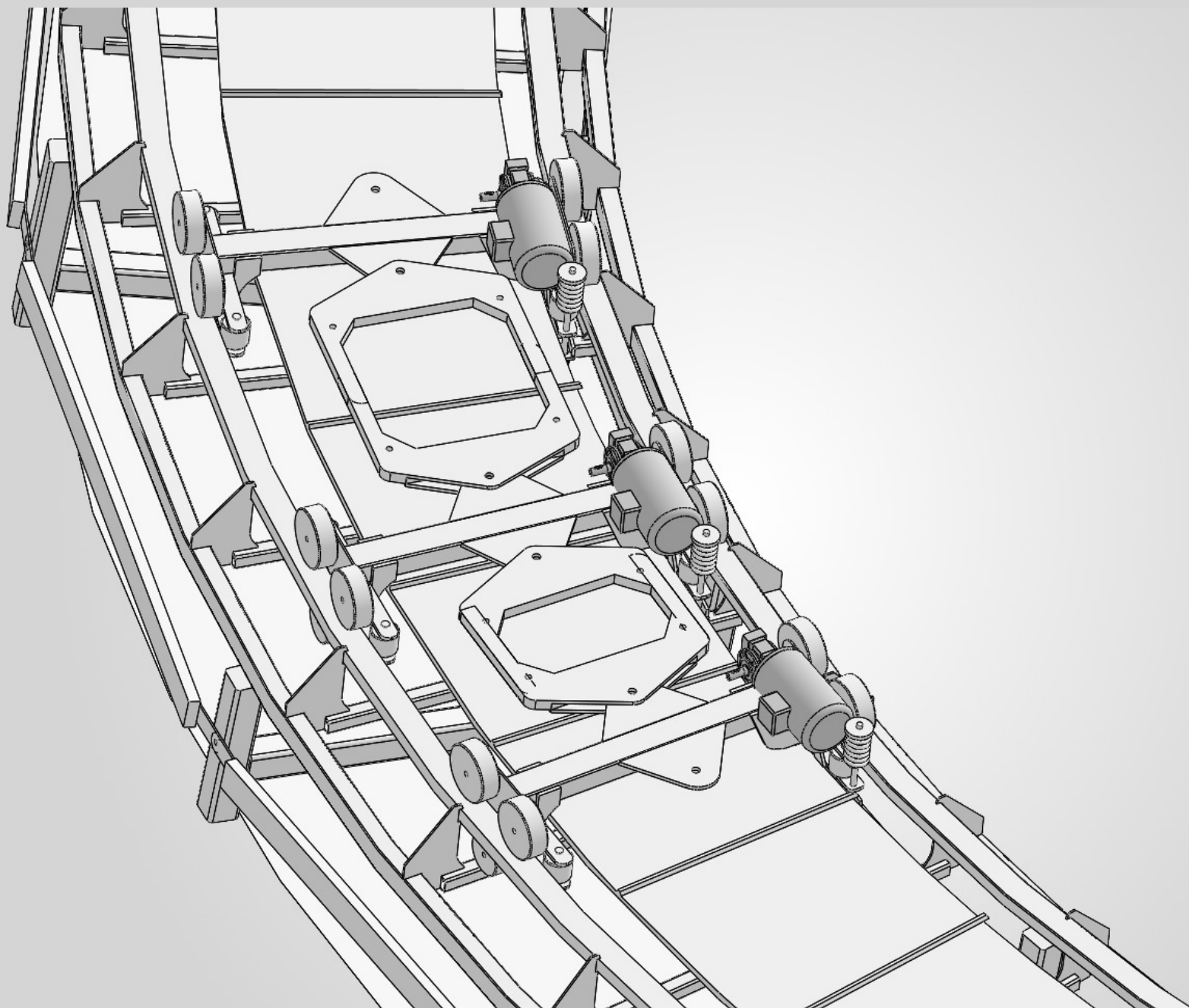
Los ejes tienen que tener dos ruedas laterales de centrado separadas. El motor irá por el interior del circuito. Por lo que habrá unos ejes simétricos pues hay dos circuitos circulares con diferente sentido.

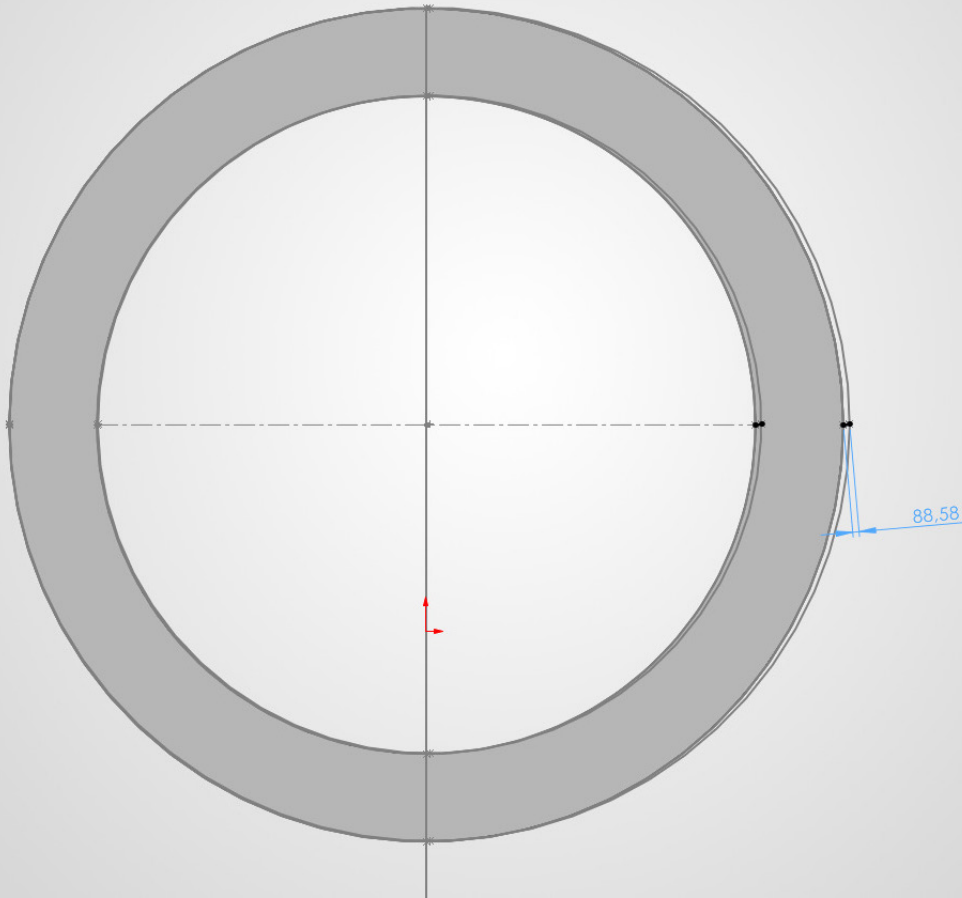
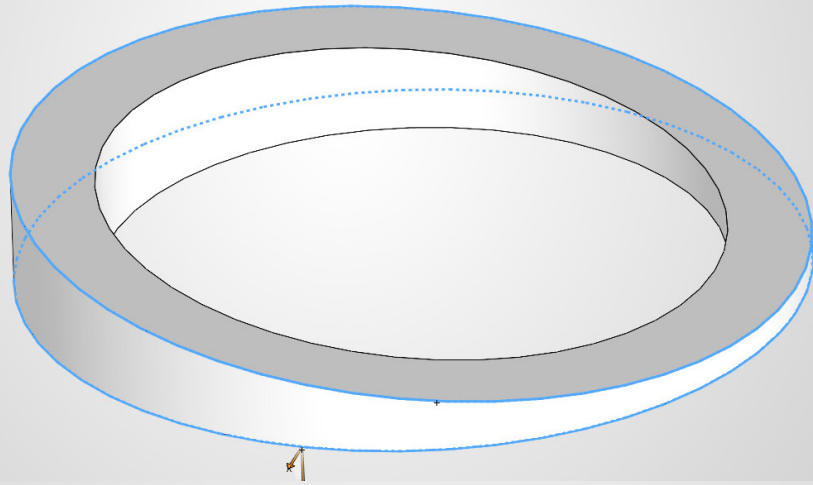
Habrán 3 ejes más sin necesidad de motor ni tensor de rueda.

Los ejes tienen un punto de giro.









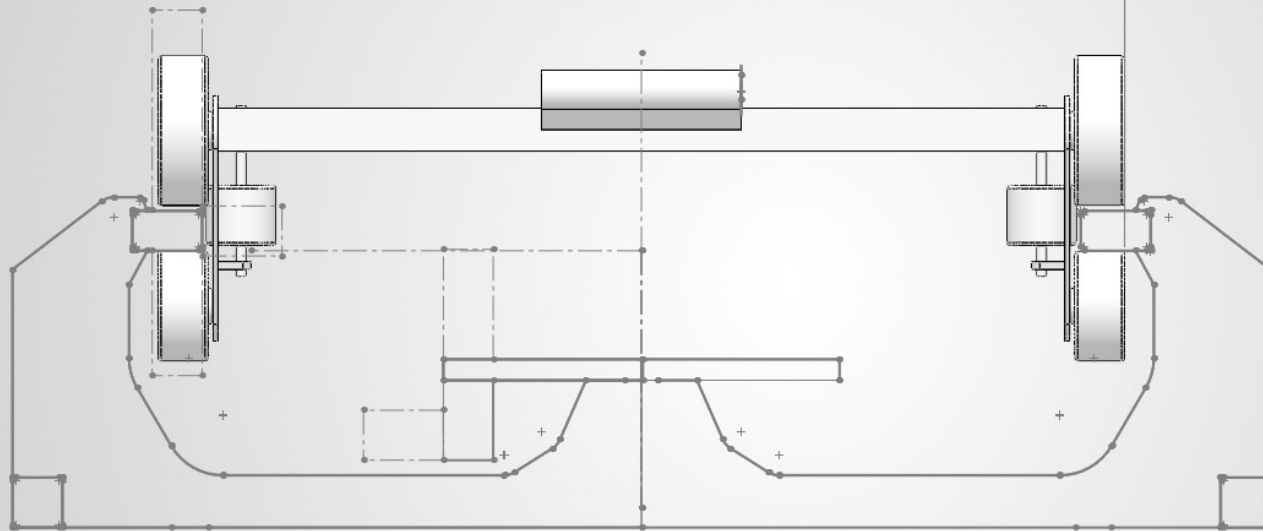
El circuito circular hay una ligera diferencia entre el plano de base de la estructura total, y la verdadera magnitud de la vía que se desarrolla en un plano de corte en diagonal. La diferencia es muy ligera y complica el desarrollo del proyecto, por lo que lo planteamos como un círculo y habrá que corregirlo en las sujeciones superiores.

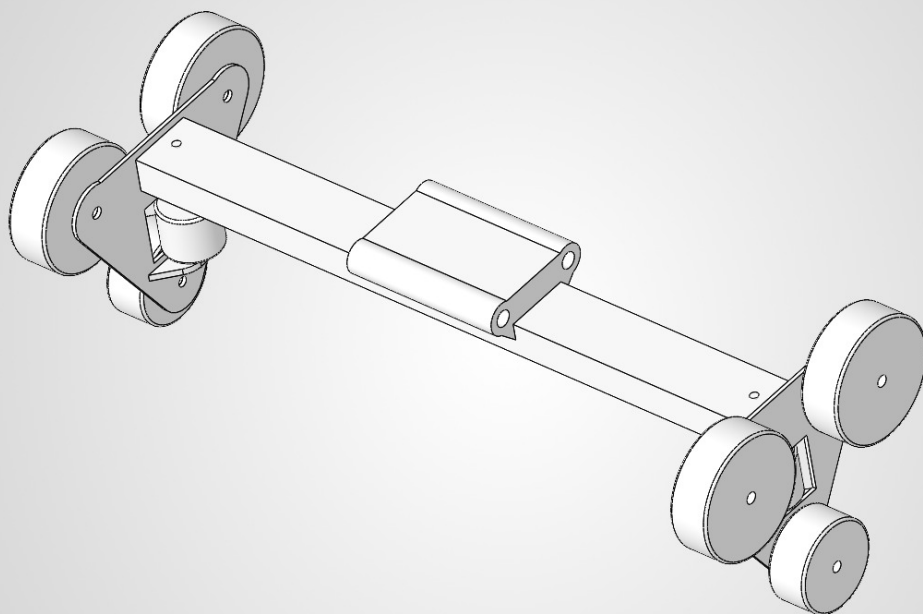
El modelo de la vía alta es diferente, y el eje de las vagonetas también. Este modelo tiene el mismo perfil de rodadura pero este circuito tiene un circuito interior por donde va el mecanismo de movimiento.

La idea básica es de un efecto escénico consistente en un tren de dos vagonetas que recorre un circuito de montaña rusa: asciende lentamente por una vía, corona una cresta y desciende por una segunda vía con perfil de velocidad en campana, frenando de forma progresiva hasta detenerse fuera del campo visual del público.

Las vagonetas transportan maniquíes. No hay transporte de personas, por lo que el sistema no queda sujeto al régimen de elevación de personas.

Dos máquinas independientes, una por vía, cada una compuesta por motor-reductor, tambor de cable ranurado y doble ramal de cuerda. El tren se engancha y desengancha automáticamente en la coronación mediante piezas de arrastre tipo quinta rueda, sin intervención manual. El frenado del descenso se realiza por retención del motor, gobernado por variador de frecuencia con resistencia de frenado. La energía potencial liberada se disipa en la resistencia.





Este eje no necesita pendular lateralmente, pero si necesita bisagra. La haremos larga para que tenga la mayor rigidez lateral.

El último eje tiene un enganche.

Dos vagonetas sobre tres ejes, con eje central compartido (bogie Jacobs)

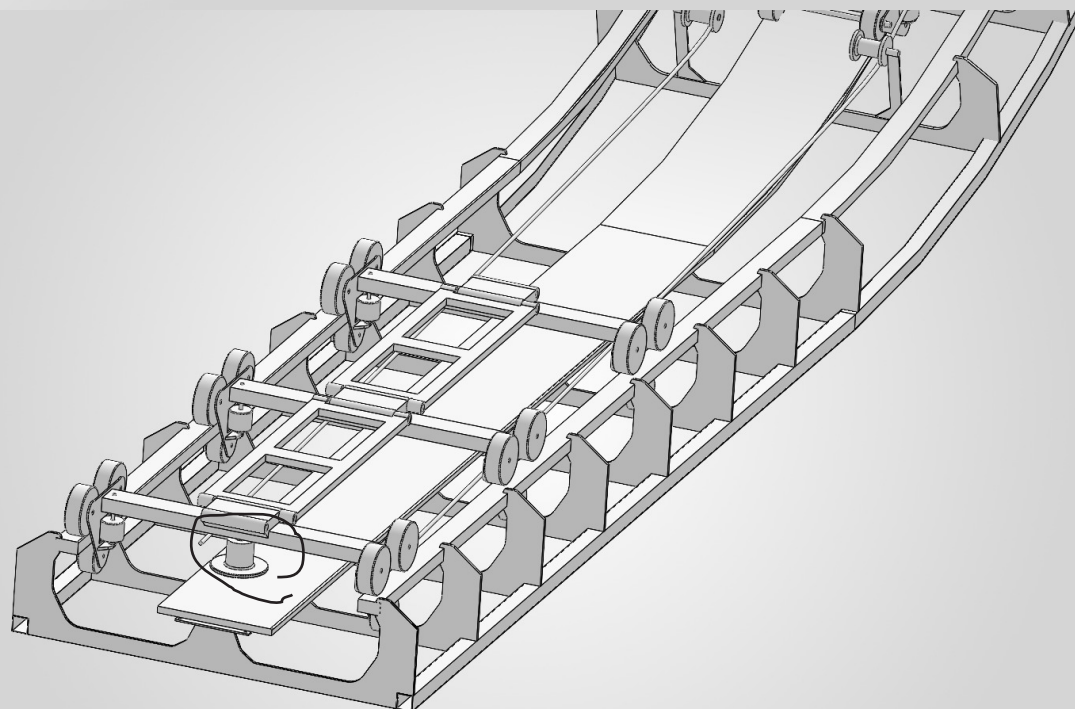
Cuadro metálico de 700 × 600 mm por vagoneta.

Fibra de vidrio atornillada sobre el bastidor.

Doble bisagra separada de 700 mm de ancho, para eliminar juego lateral

2 ruedas superiores 150mm + 1 contra-rueda 100 mm por lado + guías laterales

Las ruedas las planteamos de 150 mm de diámetro y 50mm de rodadura. Entre las ruedas superiores y la contra rueda dejaremos 3 mm de holgura para que en las curva cóncava pueda rodar.

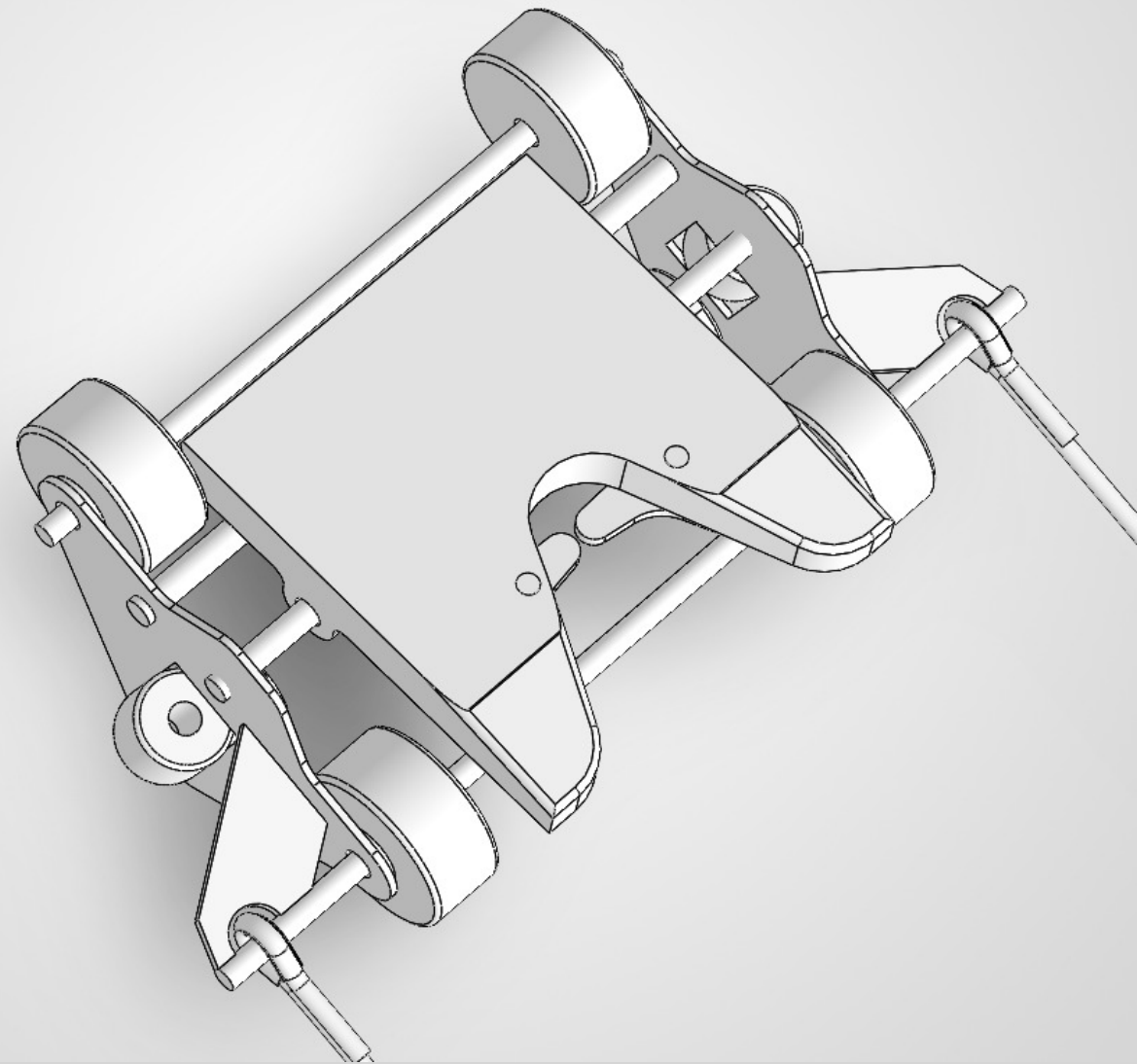
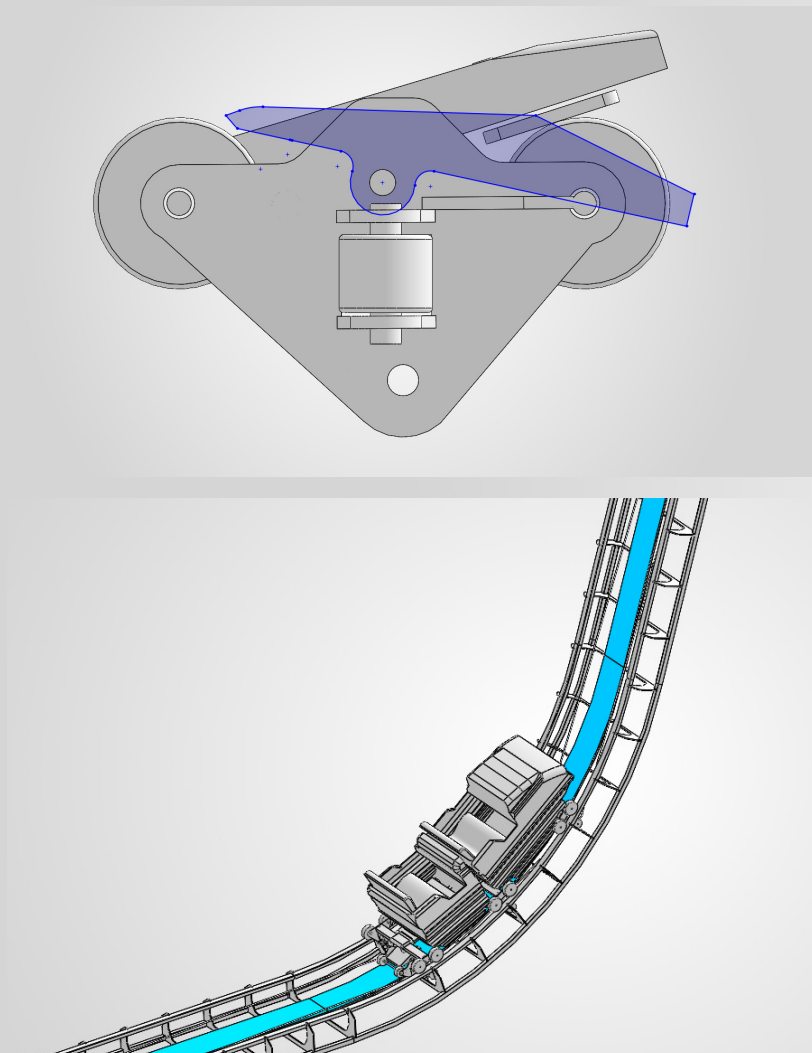


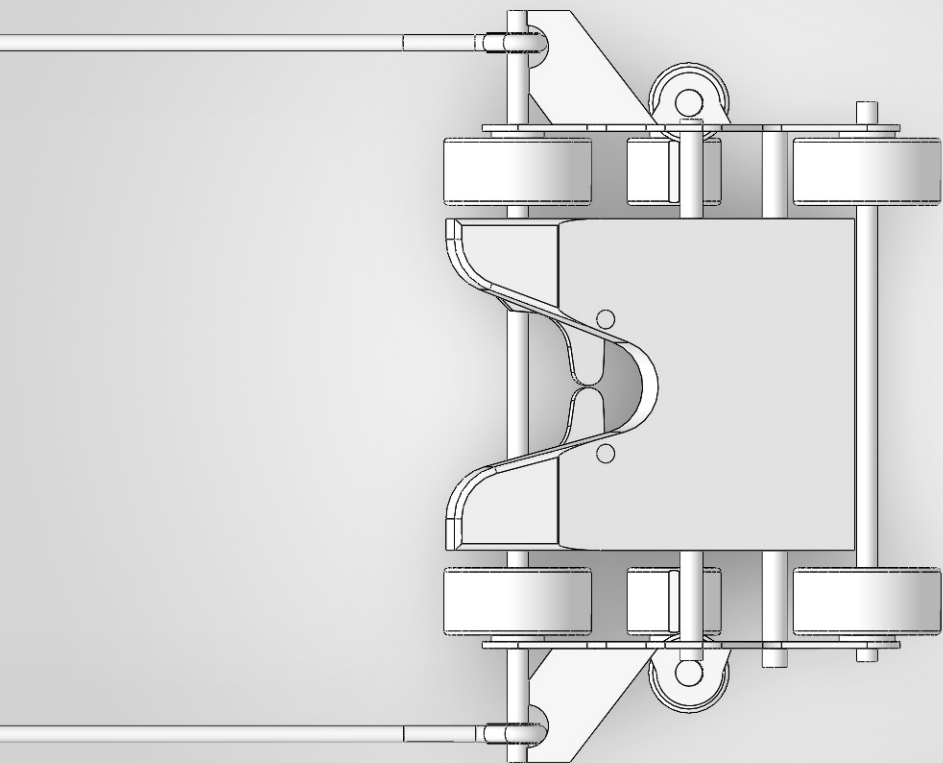
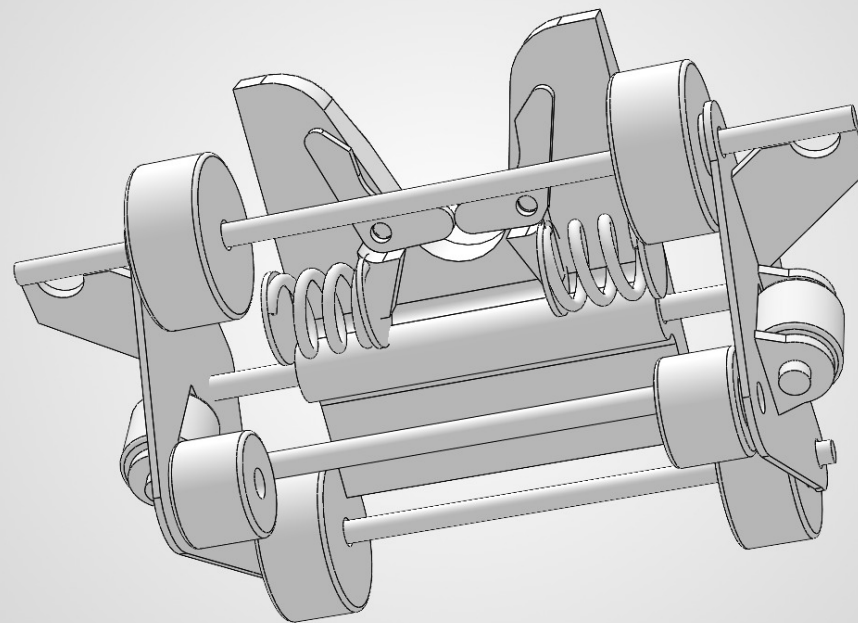
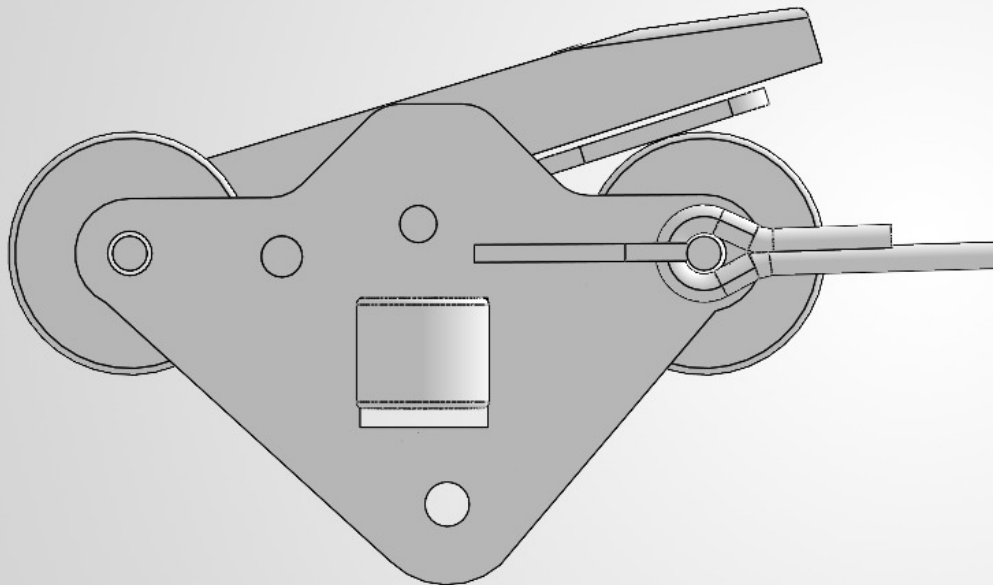
Mecanismo de arrastre(Ratón). Pieza de arrastre tipo quinta rueda que empuja la vagoneta trasera durante el ascenso y se desengancha por gravedad cuando el centro de masas del tren rebasa la charnela de la coronación. Una segunda pieza simétrica, manejada por la máquina de bajada, recoge el tren en el descenso. El desenganche final se realiza manualmente, con el tren ya detenido fuera del campo visual.

La placa de enganche tiene que pivotar, pues las vagonetas pasan por encima del carro desde atrás y solo se engancha una vez estén los ejes por delante.

La tracción la haremos con dos cuerdas Dyneema de 6mm. Cuerda y no cadena por facilidad de encarrillarlos y porque la cadena mete mucho ruido.

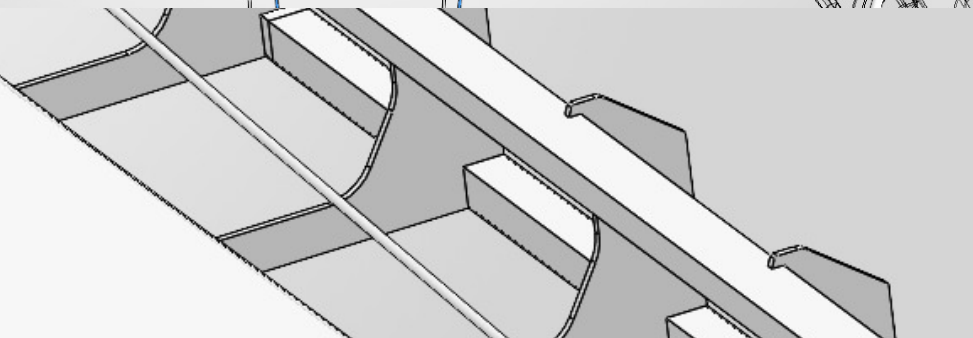
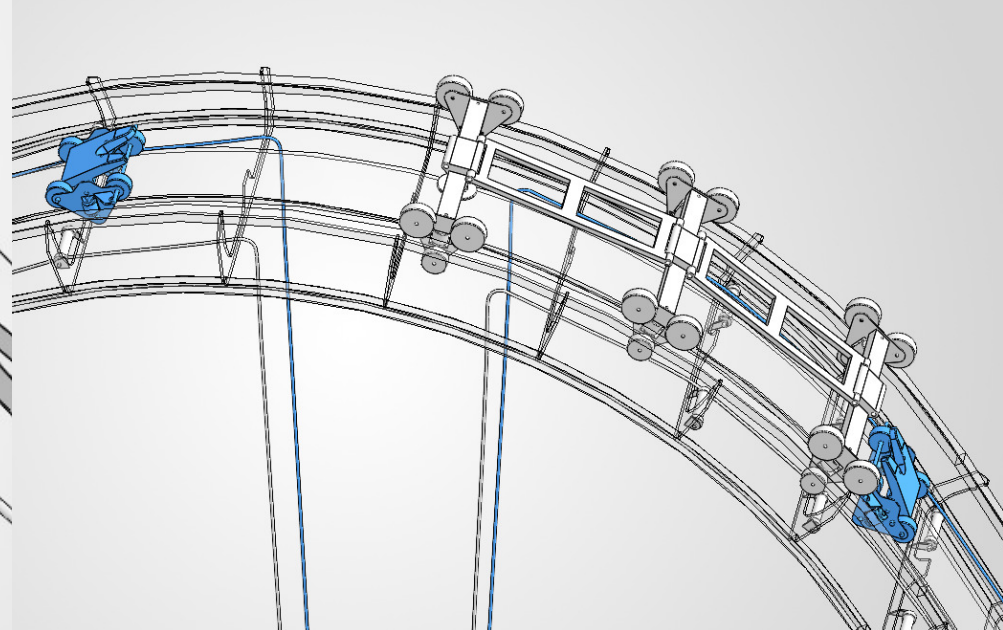
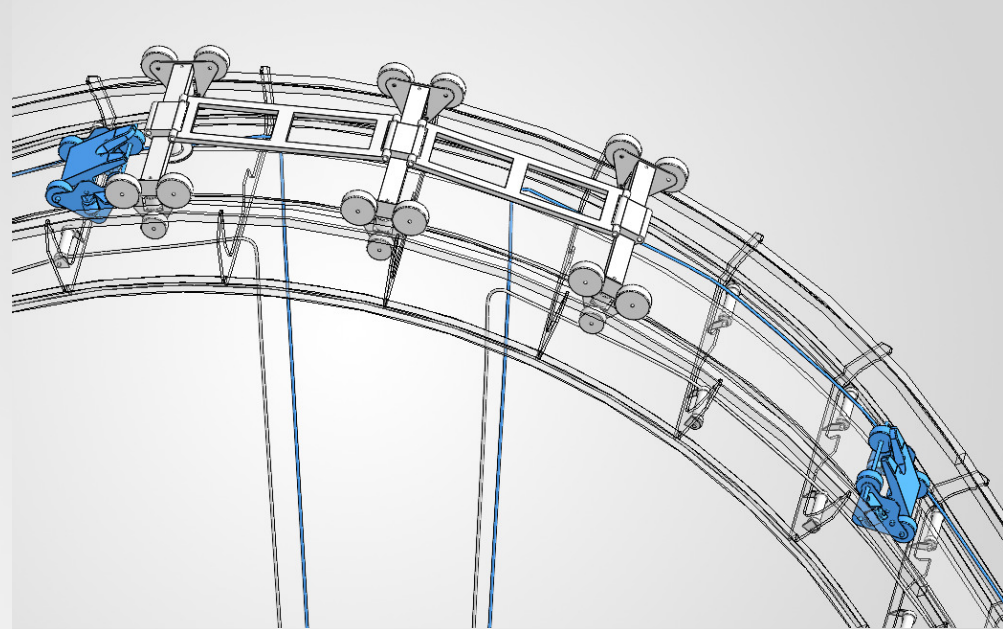
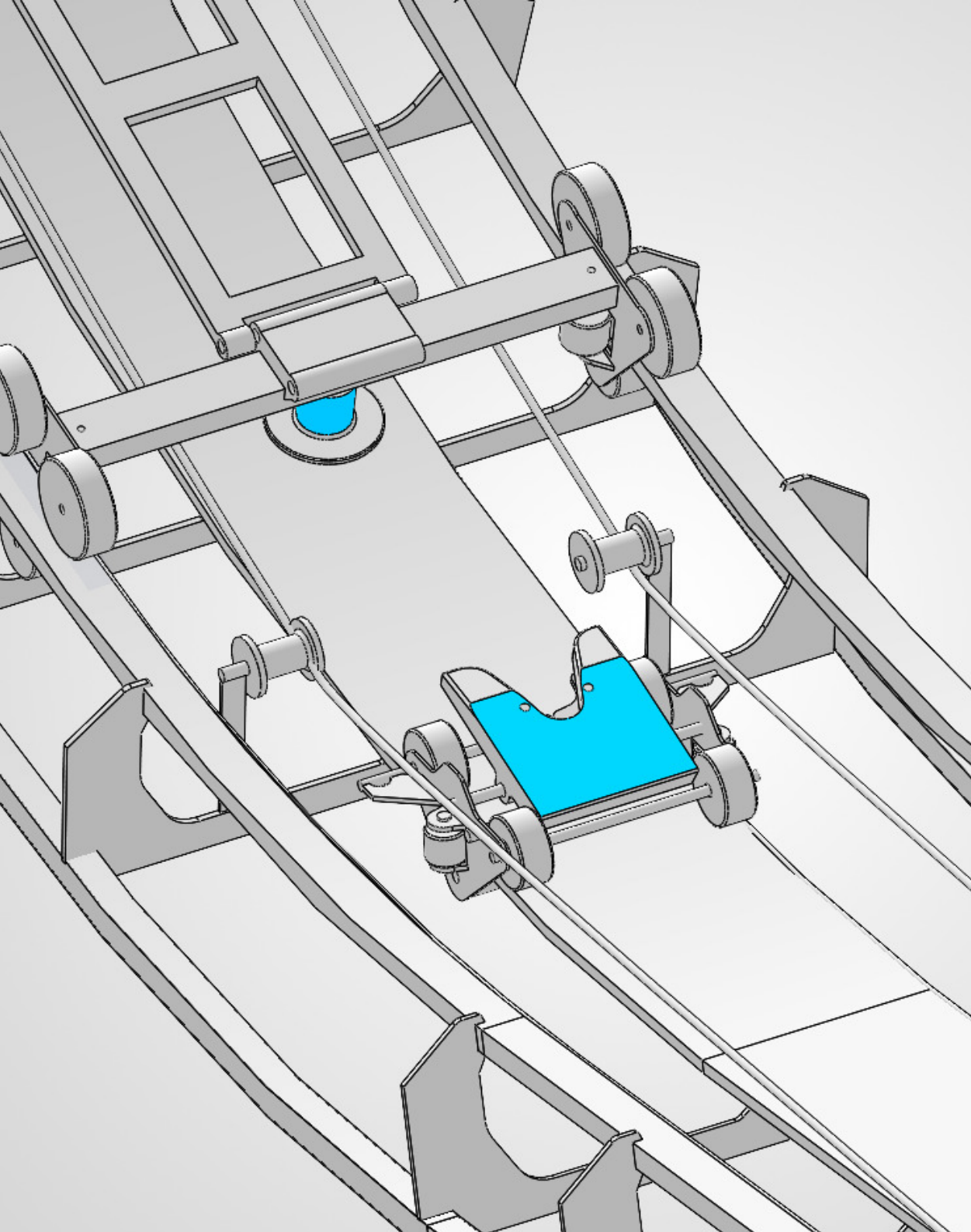
Este enganche rueda por una pista de madera laminada de 21mm. No soporta las vagonetas, solamente el enganche para recuperarlo en su posición inicial, para la siguiente subida. En este caso la holgura entre las ruedas superiores y la contra rueda ha de ser de 12mm o quizá más.

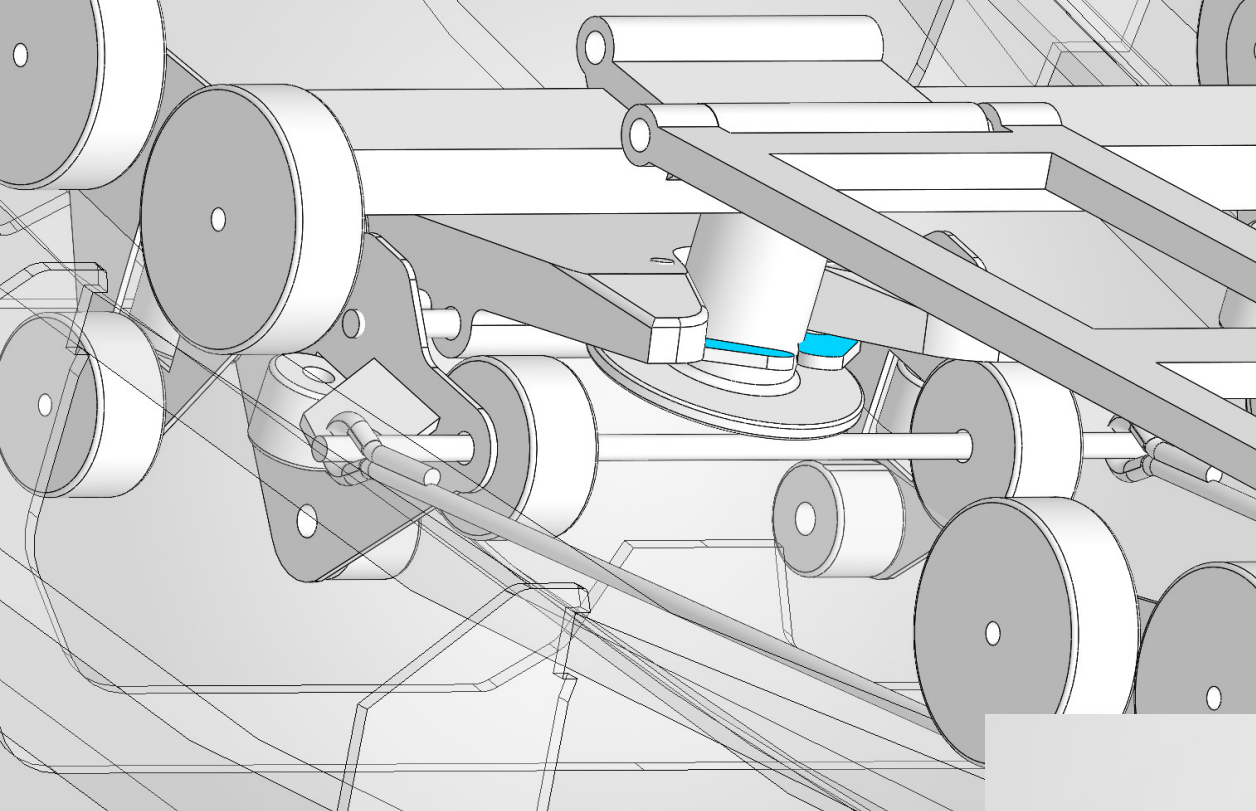




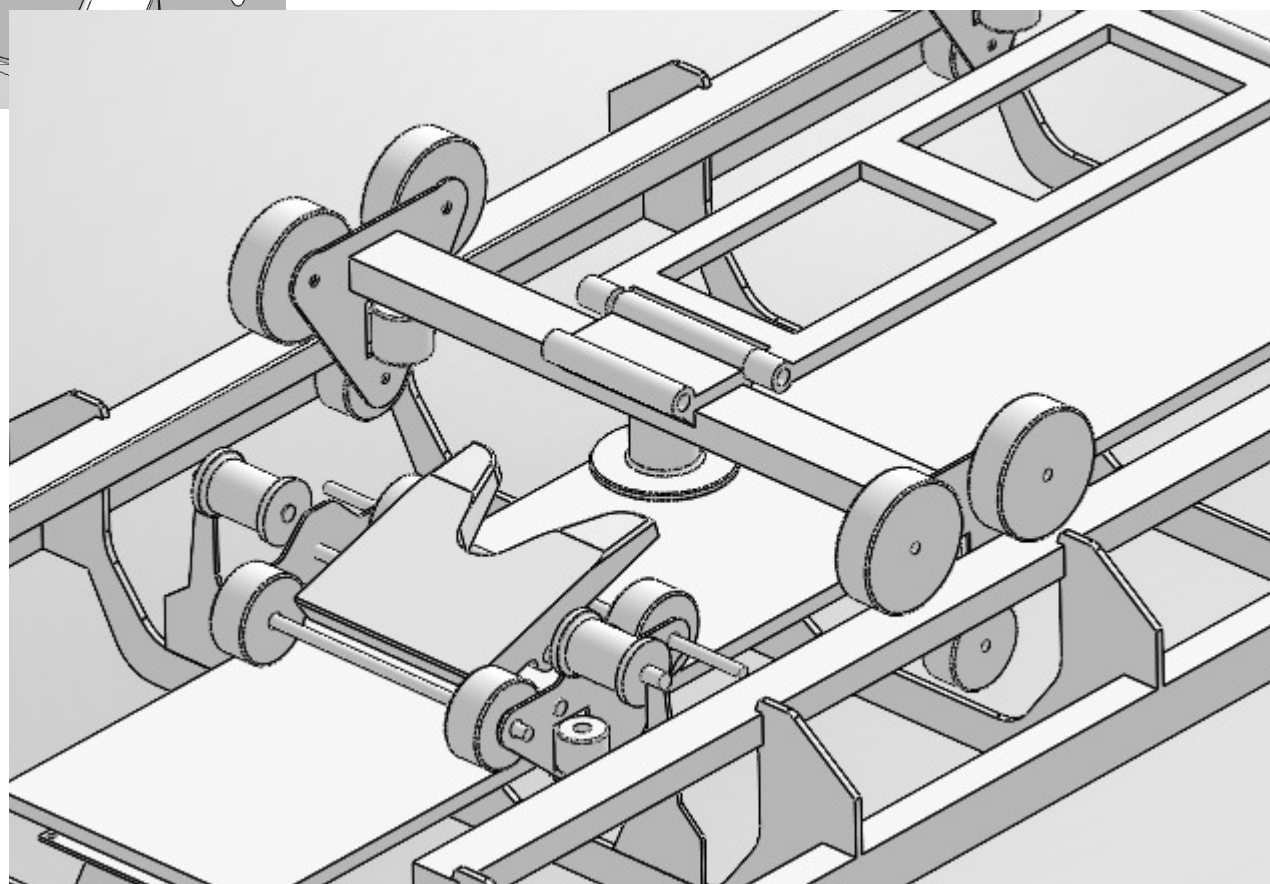
Perfil de movimiento:

1. Coronación	2,08 m	1,21 s	Aceleración libre, 0,29 g
2. Crucero	8,81 m	2,58 s	3,42 m/s constante, motor reteniendo
3. Frenado	4,31 m	2,52 s	Deceleración 1,36 m/s ²
TOTAL	15,20 m	6,31 s	

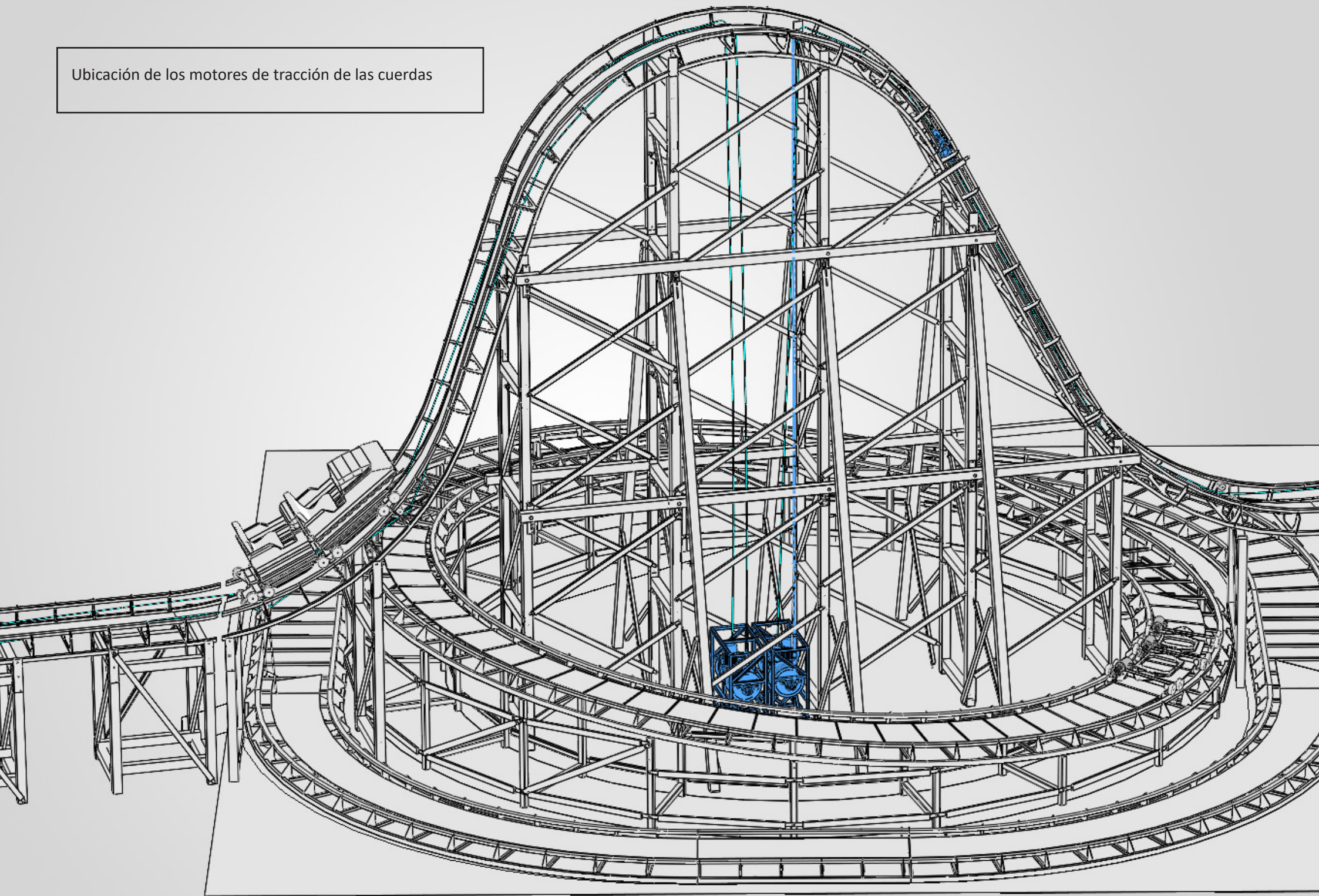


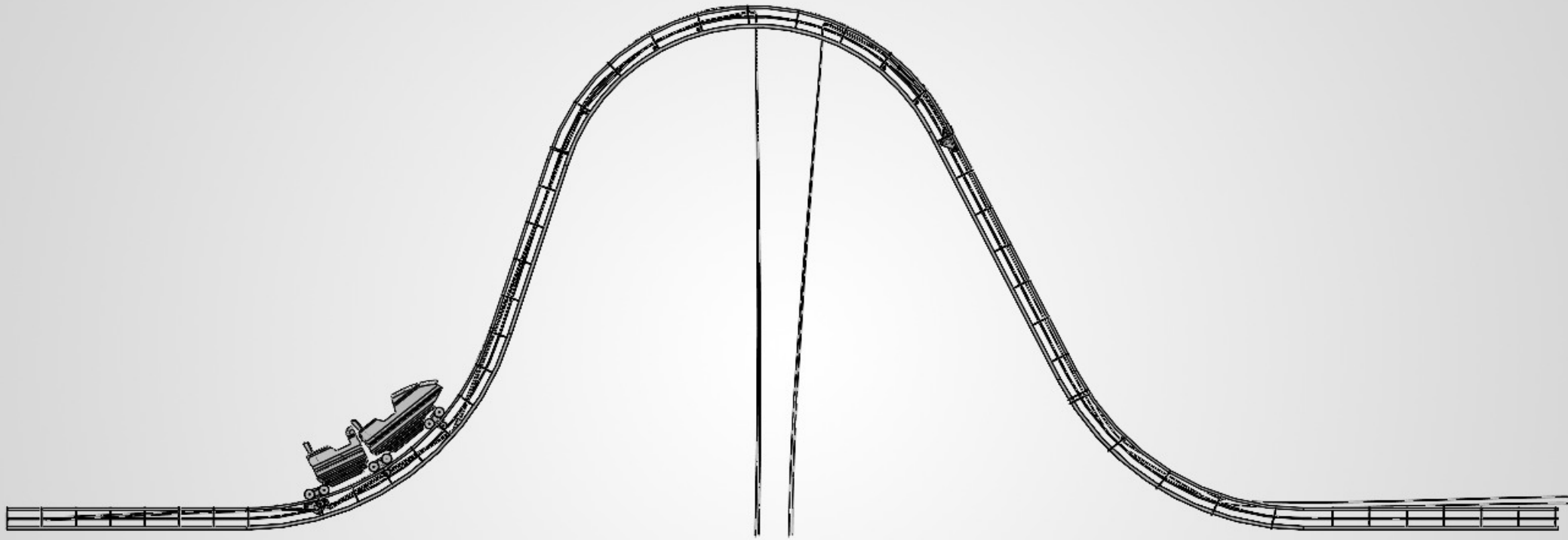


El receptáculo del enganche ha de tener un sistema mecánico de seguridad que a su vez haga de muelle, con recorrido de unos 4mm, que absorba el golpe de enganche de las vagonetas.



Ubicación de los motores de tracción de las cuerdas



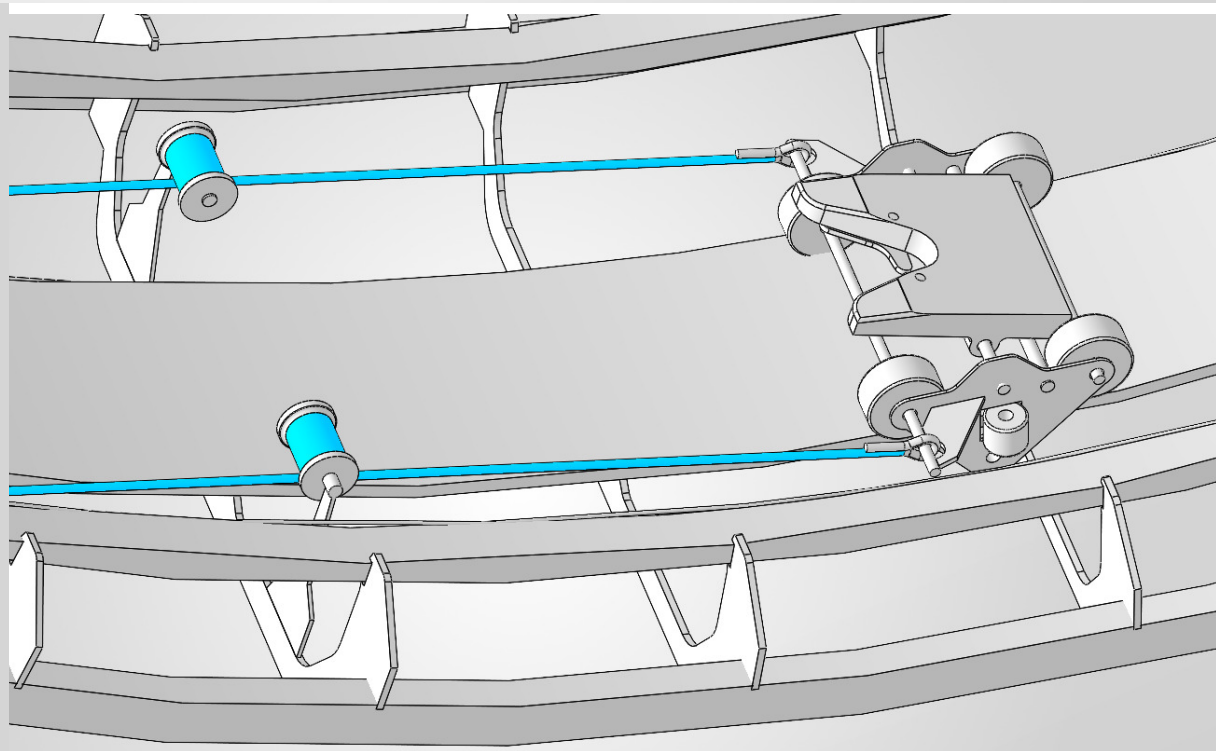
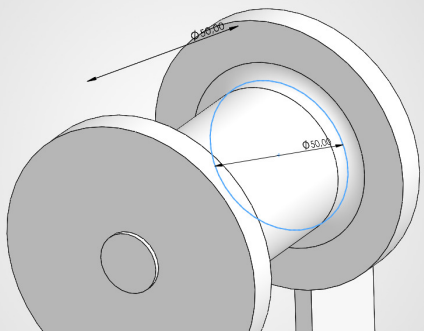
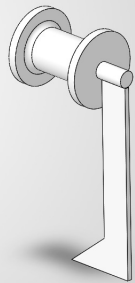
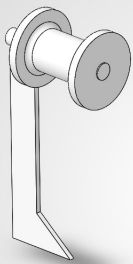
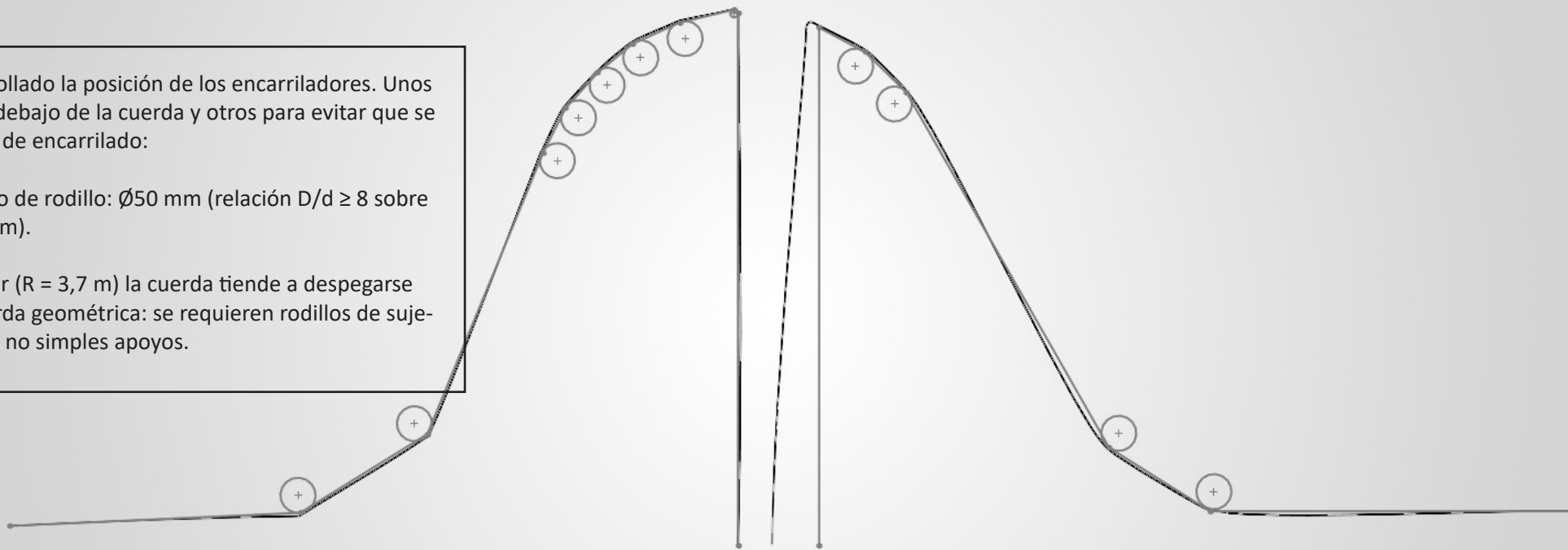


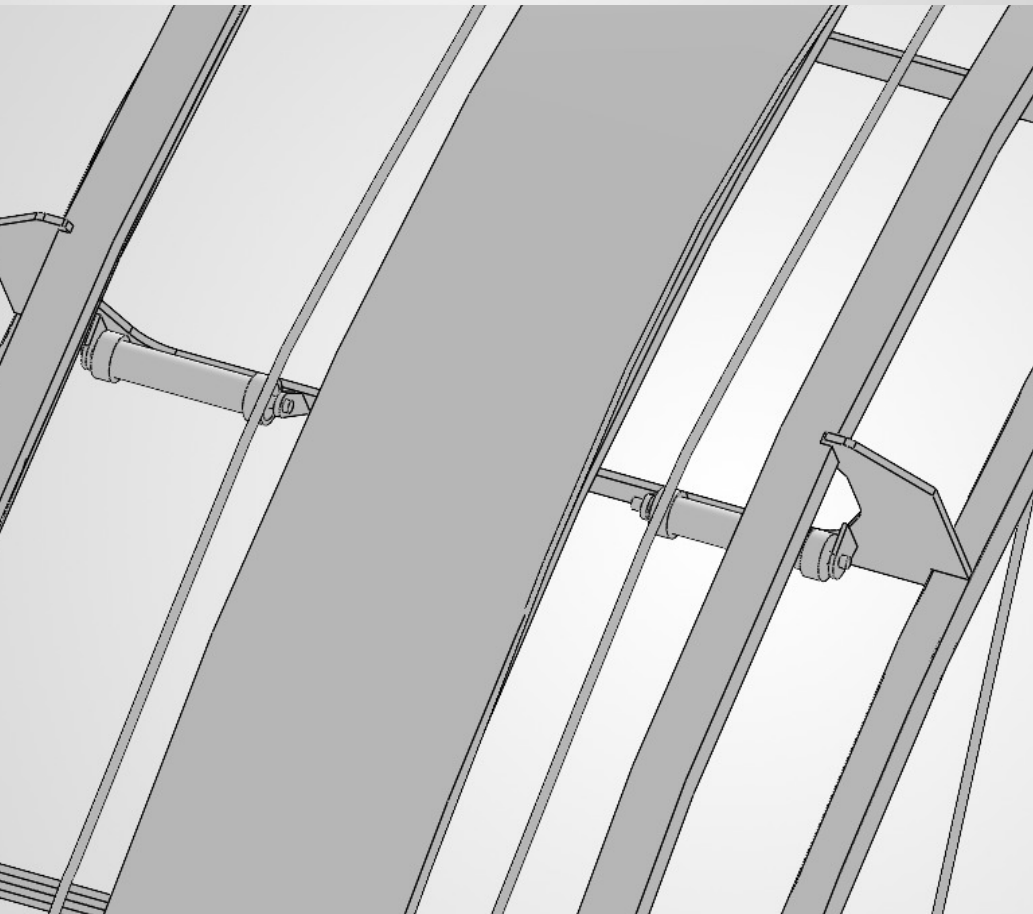
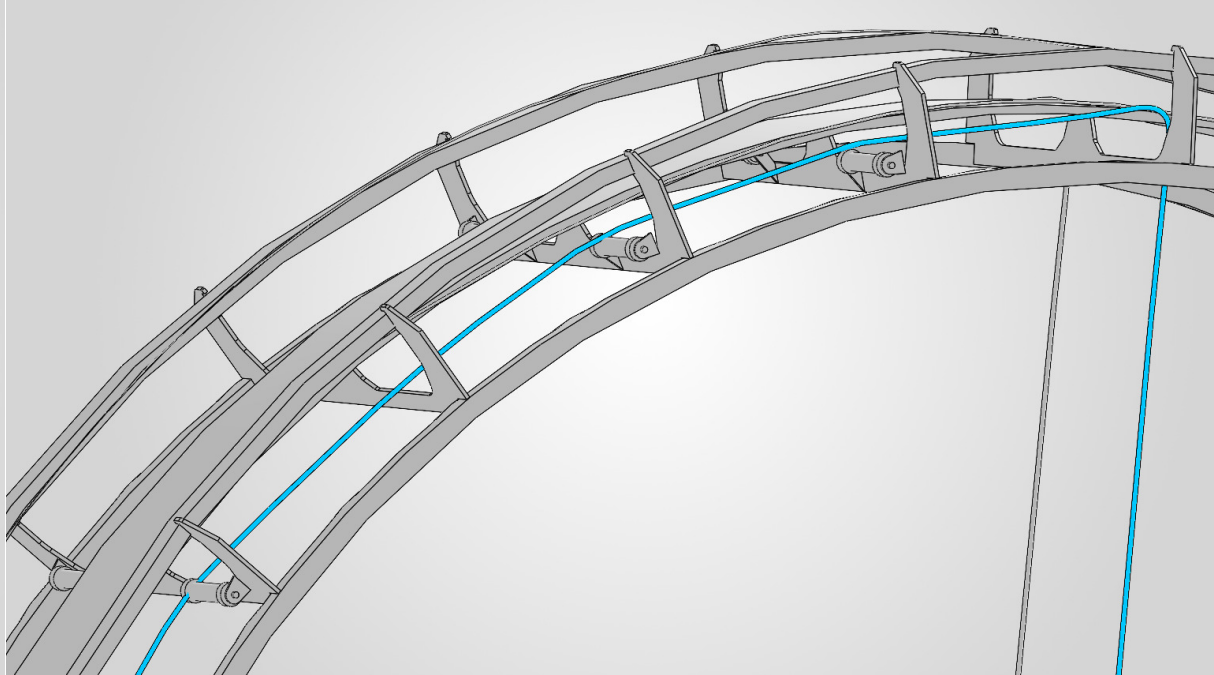
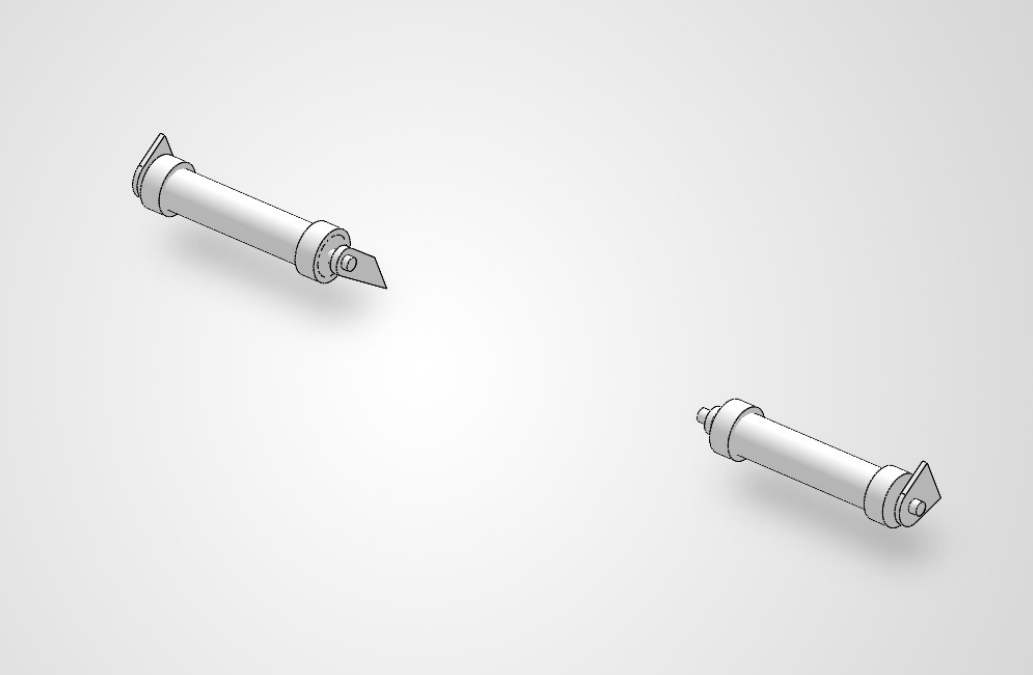
La cuerda lógicamente cuando se tensa hace una línea que no sigue la curva del circuito. Para evitar que no roce con la estructura y que no se vea mucho en línea recta fuera de ella pondremos unos encarriladores. Tiene una forma especial para que no impida el paso del enganche o “ratón”.

Aquí esta desarrollado la posición de los encarriladores. Unos son rodillos por debajo de la cuerda y otros para evitar que se levante. Rodillos de encarrilado:

Diámetro mínimo de rodillo: $\varnothing 50$ mm (relación $D/d \geq 8$ sobre la cuerda de 6 mm).

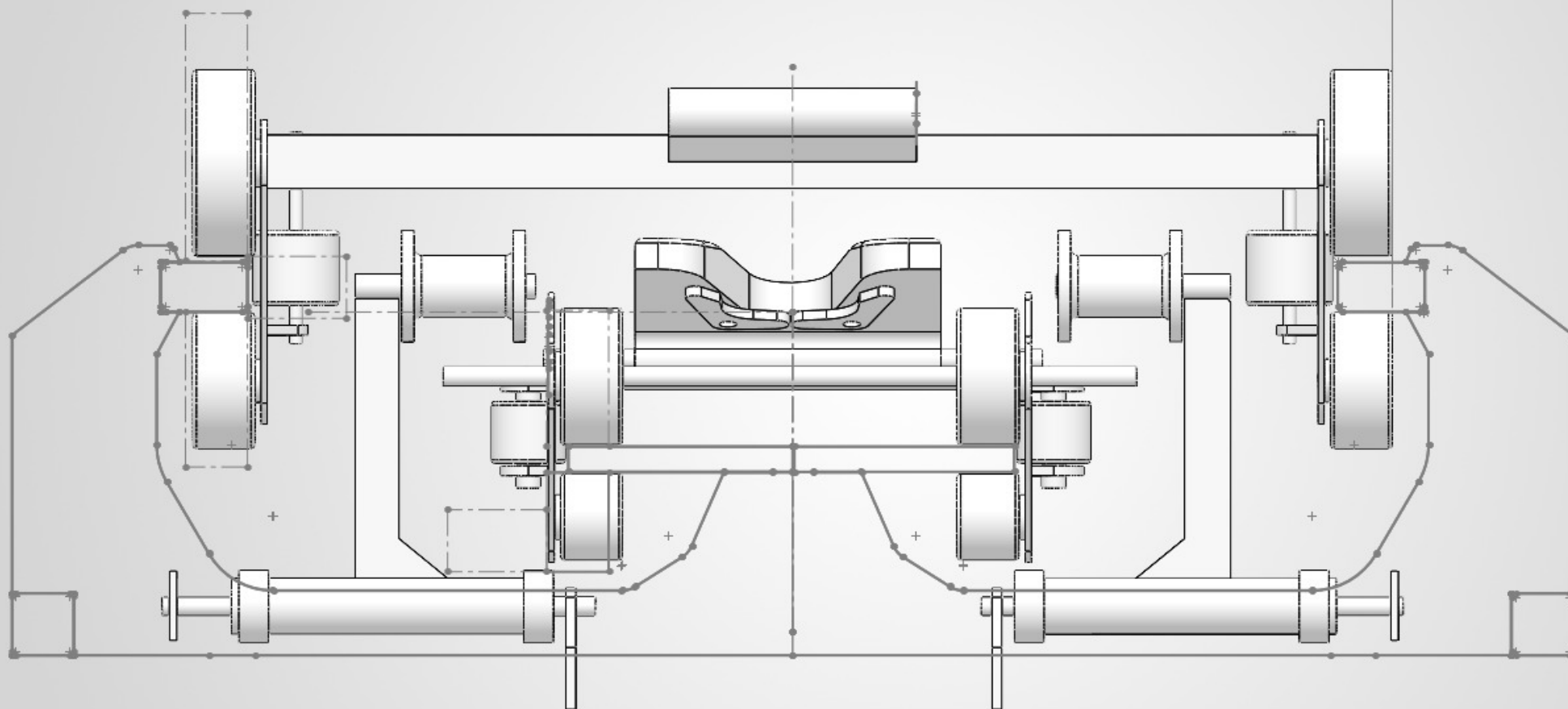
En el arco inferior ($R = 3,7$ m) la cuerda tiende a desprejarse buscando la cuerda geométrica: se requieren rodillos de sujeción por encima, no simples apoyos.





Desarrollo de la cuerda y estilo de los rodillos que van por debajo de la cuerda.

Ubicación en el perfil, de todos los elementos que intervienen en la vía alta. La ubicación y tamaño de elementos es crítica. Cualquier mejora o modificación ha de tener en cuenta todos los elementos y que no choquen entre ellos.



El diseño está planteado para un tren con un peso de 200kg.

Diseño de los motores de tracción de la cuerda. Los 2 mecanismos sólo se diferencian en la relación de reducción de los motores.

El tambor tiene un diámetro de 350 mm, una huella de 6mm y un paso de hélice de 8mm. Con 14 vueltas + 3 vueltas muertas sería suficiente pero podemos poner más.

El diámetro nominal de $\varnothing 350$ se refiere a la superficie cilíndrica antes de ranurar; con garganta a media caña, el eje neutro de la cuerda coincide con dicha superficie y no necesita corrección.

Guía de cuerda: con una longitud de tambor de 140 mm, la polea de reenvío situada a más de 2,7 m mantiene el ángulo de desviación por debajo de $1,5^\circ$ y la cuerda se asienta sola en la garganta. No se precisa guía móvil ni husillo. Si la distancia real fuese menor, se recurriría a husillo Tr16x8 (paso 2, cuatro entradas) acoplado 1:1 al eje del tambor.

Subida:

4 kW, 4 polos, 1.400 rpm, con freno de seguridad (mismo modelo que bajada)

Corona y tornillo sin fin, $i = 30$ (puede ser 28 más estándar) $\geq 478 \text{ N}\cdot\text{m}$

Cilíndrico $\varnothing 350 \times 140 \text{ mm}$ (pieza idéntica a la de bajada) 0,86 m/s ,17,2 s

Bajada:

Motor 4 kW, 2 polos, 2.800 rpm, con freno de seguridad por falta de corriente.

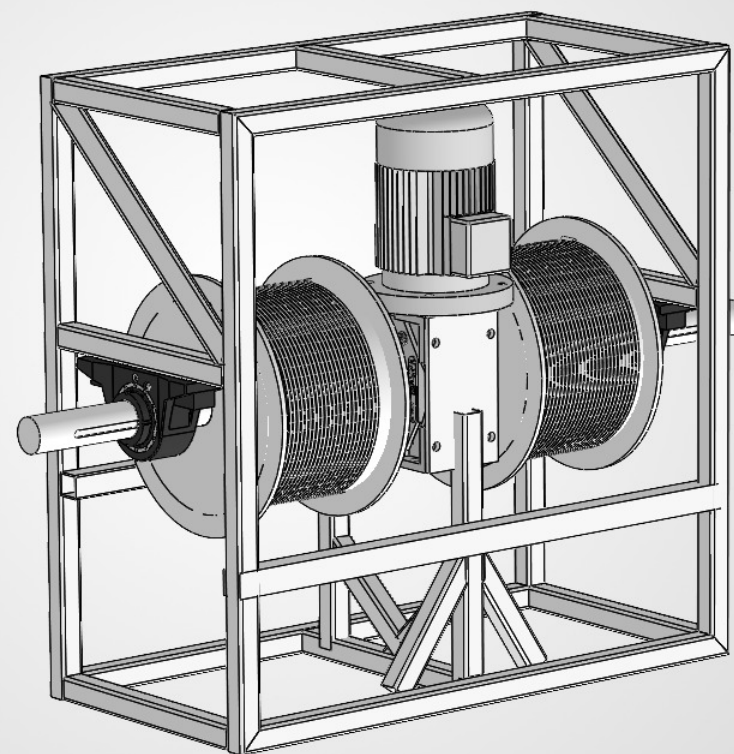
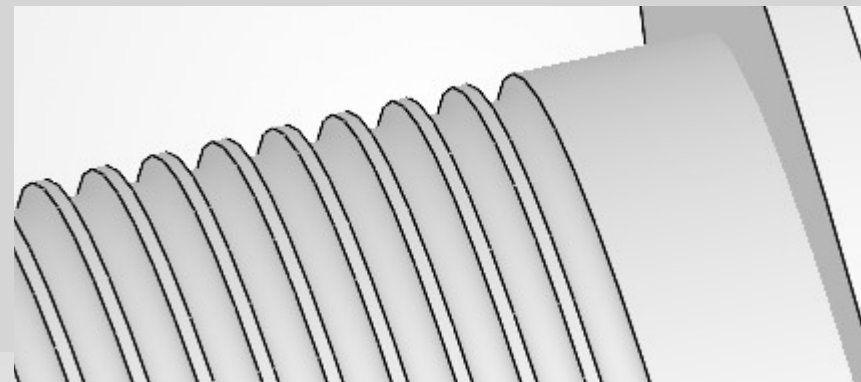
Reductora $i = 7,5 \geq 448 \text{ N}\cdot\text{m}$ ($320 \text{ N}\cdot\text{m} \times \text{f.s. } 1,4$)

Tambor $\varnothing 350 \times 140 \text{ mm} \cdot 13,8 \text{ vueltas} + 3 \text{ muertas} \cdot \text{paso } 8 \cdot \text{profundidad } 3$

Velocidad de tope de cuerda (tambor) 6,84 m/s — margen amplio sobre los 4,67 m/s de captura. Par en tambor 320 N·m

Variador 7,5 kW · resistencia $\approx 85 \Omega$, 6 kW pico, 13,2 kJ

El motor de bajada es de 2 polos (2.800 rpm), a diferencia del de subida (4 polos). El motivo es que la cuerda debe alcanzar 4,67 m/s en el instante de captura del tren (véase apartado 11), velocidad que el tambor de $\varnothing 350$ no logra con un motor de 4 polos. Con 2 polos el tope es de 6,84 m/s y se trabaja con holgura. Este cambio, además, relaja la exigencia de relación: con 2 polos incluso $i = 10$ proporcionaría cuerda suficiente (5,13 m/s de tope).



El variador arranca el motor de bajada mediante un final de carrera en la vía de subida, con antelación suficiente para que la cuerda alcance 4,67 m/s en el punto de captura. La rampa de frenado posterior se gobierna por posición mediante encoder en el tambor o final de carrera, nunca por temporización.

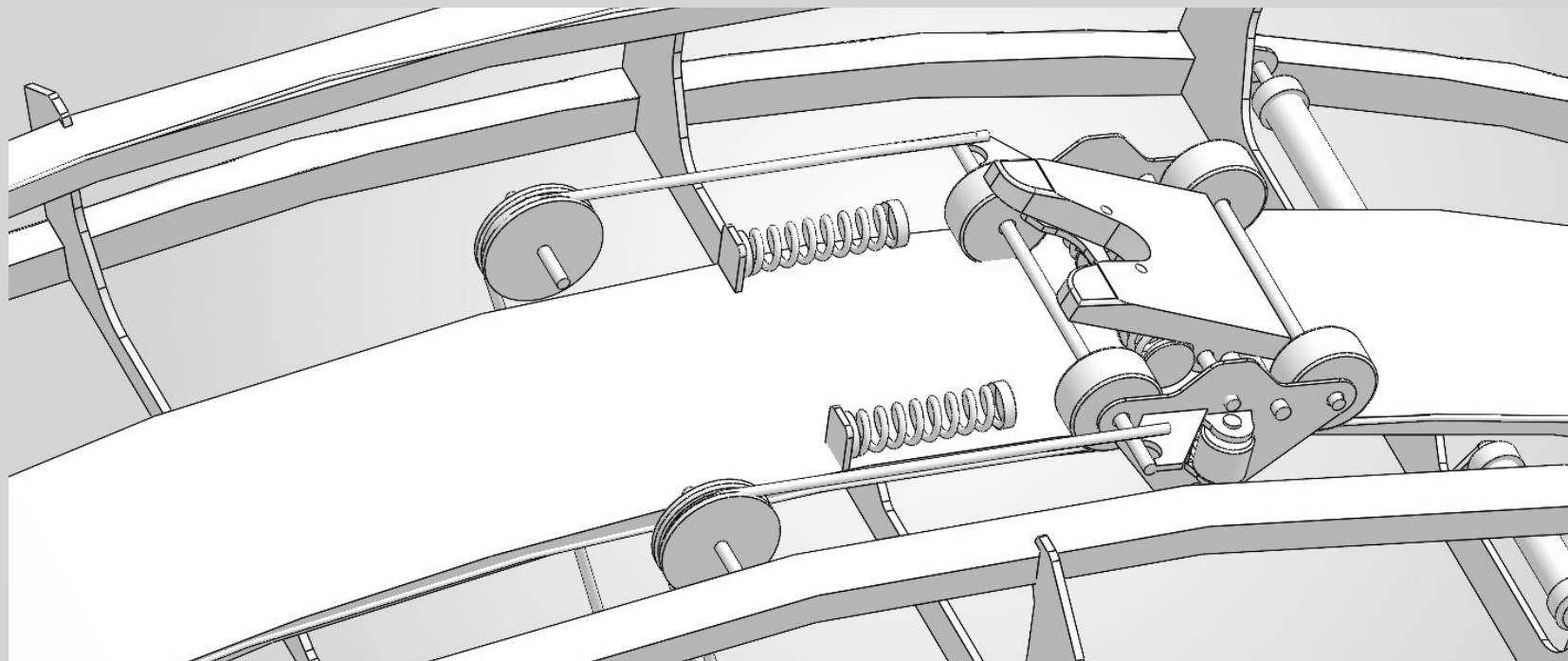
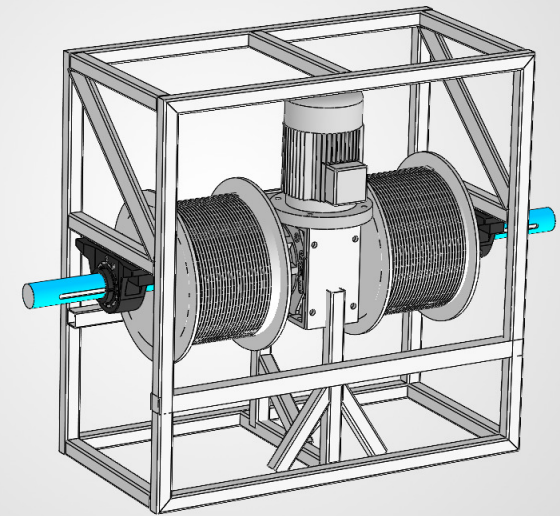
Perfil de movimiento

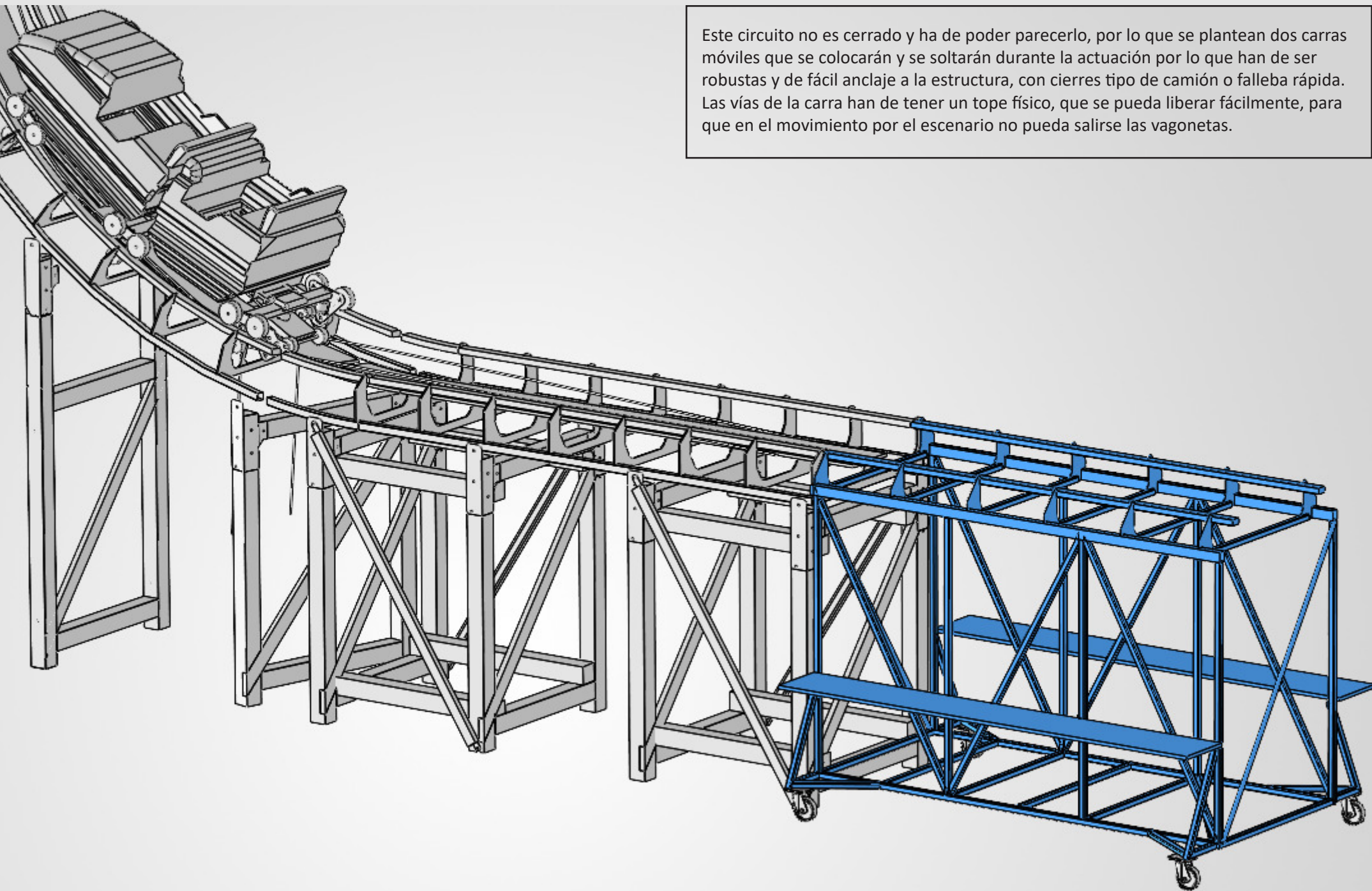
1. Caída libre 1,42 m de desnivel. El tren cae sin cuerda tras coronar; caída visible en escena.
2. Captura a 0,8 m de arco de la cresta. El eje trasero se engancha en el ratón; $\Delta v = 0,6$ m/s absorbido por muelle
3. Retención resto del recorrido. El variador reduce frecuencia y frena progresivamente
4. Parada tramo horizontal, fuera de escena. Detención total; desenganche manual.

Tiene que haber finales de carrera par los carros tanto en el punto bajo como en el alto y finales físicos, estos tienen muelle que frene el golpe seco y que ayuden a la arrancada del enganche en bajada, que es por gravedad.

También hay que implementar el diseño eléctrico que garantice el bloqueo de las acciones de cada máquina mientras la otra no esté todavía en posición, de modo que el ciclo pueda ejecutarse con seguridad.

El eje de los cilindros los dejaremos largos, por si hubiera que añadir algún elemento de ajuste en el momento de los ensayos.





Este circuito no es cerrado y ha de poder parecerlo, por lo que se plantean dos carras móviles que se colocarán y se soltarán durante la actuación por lo que han de ser robustas y de fácil anclaje a la estructura, con cierres tipo de camión o falleba rápida. Las vías de la carra han de tener un tope físico, que se pueda liberar fácilmente, para que en el movimiento por el escenario no pueda salirse las vagonetas.

Estas piezas pueden ser desmontables, o fácilmente modificables para usar la carra como jaula de transporte de las vagonetas, en los desplazamientos en camión.

