

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.
Secretaría Distrital de Movilidad
Empresa de Transporte del Tercer Milenio – TRANSMILENIO S.A.

Licitación pública No. TMSA-LP-14-2026

Pliego de condiciones definitivo

Objeto

Seleccionar la oferta más favorable para contratar el suministro, instalación y mantenimiento de puertas automáticas deslizantes de dos y cuatro hojas y equipos ITS y complementarios para estaciones del componente BRT del Sistema de Transporte Masivo de la ciudad de Bogotá D.C.

Anexo No. 1.1 – Especificaciones técnicas de las puertas automáticas

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETO 5
2. ALCANCE 5
3. GENERALIDADES 5
4. ESPECIFICACIONES PUERTAS AUTOMATICAS 5
4.1. Requerimientos generales de las puertas 5
4.1.1. Configuración no convencional 5
4.1.2. Condiciones de operación 6
4.2. Caja de mecanismos 6
4.2.1. Generalidades 6
4.2.2. Acabados y protección 6
4.2.3. Dimensiones 7
4.2.4. Protección ambiental 8
4.2.5. Accesibilidad al interior de la caja para mantenimiento 8
4.2.6. Bisagras de la puerta frontal de la caja de mecanismos 8
4.2.7. Sistema de cierre de la puerta de acceso a la caja de mecanismos 9
4.3. Estructura de los perfiles o marcos de las hojas 9
4.3.1. Materiales y fabricación 9
4.3.2. Acabados 10
4.3.3. Configuración y dimensiones 10
4.3.4. Requisitos funcionales de los perfiles 10
4.3.5. Tolerancias y adaptaciones 11
4.4. Lámina hoja de la puerta 11
4.4.1. Materiales y fabricación 11
4.4.2. Acabados 11
4.4.3. Configuración y dimensiones 12
4.4.4. Requisitos funcionales de la lámina 12
4.5. Guías y rieles de desplazamiento 13
4.5.1. Configuración general 13
4.5.2. Riel superior 13
4.5.3. Riel inferior 13
4.5.4. Condiciones geométricas y de instalación 14
4.5.5. Elementos de seguridad y accesibilidad 14
4.5.6. Requisitos de diseño y aprobación 14
4.5.7. Sistema de autolimpieza 15
4.6. Motorización 15
4.6.1. Requisitos del sistema de motorización 16
4.6.2. Protección del sistema de motorización 16
4.6.3. Condiciones de instalación y operación 17
4.6.4. Requisitos de diseño y aprobación 17

4.7. Mecanismo de tracción 18
4.7.1. Configuración general 18
4.7.2. Sistema de transmisión mediante correa dentada 18
4.7.3. Carros deslizantes y elementos de arrastre 19
4.7.4. Requisitos de desempeño del sistema de tracción 20
4.7.5. Requisitos de diseño y selección del sistema 21
4.8. Mecanismo de bloqueo de las hojas 22
4.8.1. Requisitos generales 22
4.8.2. Bloqueo por intento de forzamiento 22
4.8.3. Condición de bloqueo en estado cerrado 23
4.8.4. Detección de atrapamiento y reversión controlada 23
4.8.5. Lógica de reintentos de operación 24
4.8.6. Parámetros configurables 24
4.8.7. Evidencia de cumplimiento 24
4.9. Capacidad de autocalibración ante eventos de apertura forzada 25
4.9.1. Requisitos funcionales 25
4.9.2. Requisitos de documentación técnica 26
4.10. Protección anti-aplastamiento 26
4.10.1. Requisito general 26
4.10.2. Características del material 26
4.10.3. Configuración e instalación 27
4.10.4. Sistema de fijación y mantenimiento 27
4.11. Parámetros operacionales de movimiento 28
4.11.1. Tiempo de apertura y cierre 28
4.11.2. Aceleración 30
4.11.3. Desaceleración 30
4.11.4. Fuerzas de cierre y retención 31
4.12. Señalización auditiva de orientación al usuario 33
4.13. Señalización luminosa de orientación al usuario 34
4.13.1. Objeto 34
4.13.2. Requisitos funcionales del sistema 34
4.13.3. Configurabilidad 34
4.13.4. Eventos y alarmas mínimas requeridas 35
4.13.5. Requisitos de instalación y resistencia 35
4.14. Mecanismos de alimentación eléctrica de emergencia 36
4.14.1. Gestión y monitoreo del sistema de respaldo 37
4.15. Límites permitidos para la alimentación eléctrica y potencia consumida 37
4.15.1. Condiciones de alimentación y consumo 37
4.15.2. Compatibilidad con la infraestructura existente 38
4.16. Límites de ruido permitidos durante el ciclo de apertura y el ciclo de cierre 38

4.17. Requerimientos específicos de las puertas deslizantes de dos (2) hojas 38
4.17.1. Dimensiones, tipología y configuración 38
4.17.2. Condiciones de adaptación a la infraestructura existente 39
4.17.3. Condiciones de excepción al ancho de paso libre 39
4.17.4. Configuraciones de apertura 40
4.17.5. Responsabilidad del contratista 40
4.18. Requerimientos específicos de las puertas deslizantes de cuatro (4) hojas 40
4.18.1. Dimensiones, tipología y configuración 41
4.18.2. Condiciones de adaptación a la infraestructura existente 41
4.18.3. Condiciones de excepción al ancho de paso libre 42
4.18.4. Responsabilidad del contratista 42
4.19. Protección de equipos contra polvo y humedad 42
4.20. Interruptores de final de carrera o recorrido 43
4.21. Botón de apertura local parametrizable 44
4.21.1. Condición de instalación y protección 45
5. ESPECIFICACIONES ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS Y DE SEGURIDAD 45
5.1. Botón de apertura de emergencia de puertas automáticas 45
5.1.1. Alcance de la obligación 45
5.1.2. Ubicación 45
5.1.3. Funcionalidad 46
5.1.4. Sistema de protección y accionamiento 46
5.1.5. Integración tecnológica 46
5.1.6. Mantenimiento y reposición 46
5.1.7. Operación 47
5.2. Alarma luminosa – sonora asociada (criterio ponderable) 47
5.3. Identificación de las puertas automáticas y del rack ITS 47
6. DOCUMENTACIÓN DE PRODUCTO SUMINISTRADO Y CERTIFICADOS A ENTREGAR 48
6.1. Documentación de producto suministrado 48
6.2. Reportes, pruebas y certificados a entregar 52
7. CLASIFICACIÓN Y CRITERIOS DE VALIDACIÓN DE LOS REQUISITOS 52
7.1. Clasificación de los requisitos 53
7.2. Aplicación de la clasificación de requisitos 54

1. OBJETO

Establecer las especificaciones y requisitos técnicos mínimos que deberán cumplir las puertas automáticas y los equipos complementarios, en el desarrollo de las actividades de suministro e instalación a cargo del contratista en las estaciones del Sistema TransMilenio.

El presente documento hace parte integral del anexo técnico principal del proceso de contratación, por lo cual sus disposiciones son de obligatorio cumplimiento y deberán interpretarse de manera armónica con los demás documentos que hacen parte del proceso contractual.

2. ALCANCE

Cualquier disposición no contenida en este documento, no exonera al contratista de su responsabilidad de entregar las puertas automáticas, completas en todos sus aspectos y satisfactoriamente operables.

3. GENERALIDADES

Las puertas automáticas para suministrar por el contratista deberán cumplir, como mínimo, pero sin limitarse a ello, con las especificaciones técnicas y funcionalidades definidas en el presente anexo, aplicables a puertas deslizantes de dos (2) hojas y de cuatro (4) hojas.

4. ESPECIFICACIONES PUERTAS AUTOMATICAS

Las puertas para suministrar por el contratista deberán cumplir como mínimo, pero sin limitarse a ello, con las especificaciones y/o funcionalidades para puertas deslizantes de dos (2) hojas y puertas deslizantes de cuatro (4) hojas que se presentan a continuación.

4.1. Requerimientos generales de las puertas

Las puertas deberán configurarse de acuerdo con las condiciones de diseño de las estaciones, las dimensiones de los vanos y los requerimientos operativos, así:

(a) Puertas automáticas deslizantes de dos (2) hojas.
(b) Puertas automáticas deslizantes de cuatro (4) hojas.

4.1.1. Configuración no convencional

Sin perjuicio de lo anterior, para aquellas puertas clasificadas como de dos (2) hojas, el contratista deberá contemplar la implementación de alternativas de diseño de apertura, tales como soluciones

telescópicas o equivalentes, cuando las condiciones físicas de la estación, incluida la presencia de paneles fijos o elementos estructurales como columnas, no permitan el ocultamiento total de las hojas en apertura bajo una configuración convencional.

En estos casos, la solución deberá garantizar la funcionalidad, seguridad y operación integral de la puerta bajo las condiciones establecidas en el presente anexo y demás documentos del proceso. No obstante, para todos los efectos contractuales y técnicos, dichas puertas continuarán clasificándose como puertas de dos (2) hojas, sin que haya lugar a reconocimiento de costos adicionales o diferentes por la implementación de dichas configuraciones.

La selección, diseño e implementación de la solución propuesta deberá ser previamente verificada y aprobada por la Interventoría antes de su fabricación, suministro e instalación.

4.1.2. Condiciones de operación

Las puertas deberán estar diseñadas para utilización en ambientes de tráfico pesado y dimensionadas para soportar la operación en régimen continuo de servicio de mínimo 90 ciclos de apertura y cierre por hora para un sistema de transporte masivo.

4.2. Caja de mecanismos

4.2.1. Generalidades

La unidad superior de control y motorización de las puertas (caja de mecanismos) deberá estar fabricada en aluminio extruido continuo y deberá estar compuesta por elementos estandarizados por el fabricante, de carácter comercial e intercambiables entre sí.

El diseño de la caja de mecanismos y de los componentes asociados a la motorización y control de la puerta deberá facilitar las actividades de mantenimiento, permitiendo la sustitución ágil de sus componentes en campo sin requerir ajustes complejos o intervenciones especializadas.

Todos los elementos constitutivos de la caja de mecanismos y sus sistemas asociados deberán ser fabricados con materiales que garanticen una adecuada resistencia mecánica y una larga vida útil bajo condiciones exigentes de esfuerzos y operación.

Los elementos estructurales de la caja de mecanismos deberán ser construidos en aleaciones de aluminio tipo AA6061 con tratamiento T6 y/o AA6063 con tratamiento T5.

4.2.2. Acabados y protección

Los elementos exteriores de la caja de mecanismos deberán contar con un acabado en pintura electrostática en polvo horneada, adecuado para ambientes de alta exigencia operativa y exposición al uso intensivo.

Adicionalmente, las superficies exteriores deberán contar con un recubrimiento antigrafiti que permita la limpieza y remoción de intervenciones sin deteriorar el acabado original.

Los elementos internos con función estructural o de soporte, tales como el riel guía de los carros o componentes equivalentes, deberán contar con:

(a) Recubrimiento anodizado Clase 1.
(b) Espesor del recubrimiento mínimo certificado de 18 micras.

Los acabados especificados deberán garantizar un desempeño adecuado frente a las condiciones de operación previstas, incluyendo resistencia al desgaste, a la corrosión y a la exposición a factores ambientales tales como polvo, humedad, agentes de limpieza y uso intensivo.

4.2.3. Dimensiones

La caja de mecanismos deberá considerar como referencia las siguientes dimensiones máximas:

(c) Altura: 25 cm
(d) Profundidad: 25 cm
(e) Ancho: En un solo elemento cubriendo toda la extensión de la puerta

Estas dimensiones corresponden a valores de referencia definidos con base en las condiciones constructivas de los vagones de las estaciones. No obstante, el contratista podrá proponer dimensiones alternativas siempre que:

(a) No se modifiquen elementos estructurales como vigas o columnas (se prohíben cortes o intervenciones dichos elementos).
(b) Las fijaciones requeridas (tornillería o anclajes) deberán ejecutarse sin afectar la integridad estructural, debiendo garantizar el contratista que no se compromete la resistencia ni el desempeño de dichos elementos.
(c) Se conserve el eje de desplazamiento de las puertas, dichos ejes no podrán ser desplazados en ningún sentido, hacia adentro o hacia afuera del vagón.
(d) Se mantenga la estética de los vagones, en caso de que el contratista adjudicatario desee modificar estas medidas deberá presentar una propuesta al interventor para el contrato y a la Entidad para que sea aprobada previo a su fabricación.

Cualquier modificación deberá ser presentada para revisión y aprobación de la Interventoría previo a su fabricación e instalación.

En todo caso será responsabilidad del contratista verificar las dimensiones en sitio.

4.2.4. Protección ambiental

La caja de mecanismos deberá contar con protecciones adecuadas contra las condiciones ambientales de operación, incluyendo:

(a) Protección contra ingreso de polvo, humedad y agua propias del ambiente y,
(b) Protección frente a las actividades rutinarias e intensivas de limpieza y mantenimiento desarrolladas en la infraestructura.
(c) Protección frente a la exposición de agentes de limpieza y agua comúnmente utilizados en las labores de aseo.

La caja de mecanismos y sus componentes asociados deberán contar con un grado de protección mínimo IP54, garantizando la adecuada protección de los equipos y la continuidad de su operación bajo las condiciones ambientales y de mantenimiento previstas para el proyecto.

El contratista deberá acreditar el cumplimiento de este requisito mediante documentación técnica del fabricante, certificados o informes de ensayo correspondientes.

4.2.5. Accesibilidad al interior de la caja para mantenimiento

El acceso a los componentes de motorización y control alojados en la caja de mecanismos deberá realizarse mediante una única puerta frontal de tipo basculante, provista de bisagra continua de tipo industrial de alta resistencia, dimensionada para operación en puertas automáticas de tráfico pesado.

La puerta frontal de acceso a la caja deberá poder mantenerse en posición abierta mediante accionamiento manual y deberá contar con un mínimo de dos (2) dispositivos de sujeción tipo barras pivotantes o de fijación, instalados de manera firme en la estructura de la caja, que garanticen su posición de apertura y estabilidad durante las labores de mantenimiento.

La configuración deberá permitir al personal técnico trabajar con ambas manos libres, sin limitaciones de movimiento, reduciendo el riesgo de cierre accidental y contribuyendo a condiciones seguras durante la ejecución de actividades de inspección, mantenimiento preventivo y correctivo.

4.2.6. Bisagras de la puerta frontal de la caja de mecanismos

Las bisagras deberán ser de tipo piano, fabricadas en lámina de acero inoxidable calibre 18, con un ancho total de 36 mm, conformadas por dos pestañas de 18 mm cada una y un alma central de 2 mm.

Deberán ser de instalación oculta, de tal manera que, con la tapa frontal en posición de cierre, no sean visibles ni accesibles desde el exterior, evitando su manipulación o intervención no autorizada.

Los elementos de fijación (remaches o equivalentes) para la sujeción de las bisagras a la tapa frontal y al cuerpo de la caja deberán disponerse con una separación máxima de 20 cm entre sí en cada pestaña de la bisagra.

Las bisagras deberán garantizar la resistencia mecánica necesaria para soportar las condiciones de operación previstas y las operaciones repetitivas de apertura y cierre de la puerta en condiciones de uso, sin presentar deformaciones permanentes ni fallas funcionales.

4.2.7. Sistema de cierre de la puerta de acceso a la caja de mecanismos

Las cerraduras de la tapa frontal de la caja de mecanismos deberán operar mediante un sistema de llave no comercial, provisto de un esquema de amaestramiento de llaves que permita su uso exclusivo por parte del contratista y del personal autorizado de la Entidad, dificultando la apertura por parte de usuarios no autorizados y garantizando al mismo tiempo una operación ágil para el personal técnico.

El sistema de cierre deberá asegurar la fijación de la tapa en posición de cierre mediante un mínimo de:

(a) Tres (3) puntos de cierre para puertas de dos (2) hojas
(b) Cinco (5) puntos de cierre para puertas de cuatro (4) hojas

Las cerraduras deberán ubicarse en la tapa frontal, en el lado opuesto a la bisagra, y deberán disponerse de manera equitativa y uniforme a lo largo de la misma. La configuración del sistema de cierre deberá impedir la apertura mediante el uso de palanca u otros métodos de forzamiento, garantizando la adecuada seguridad de acceso a la caja de mecanismos.

4.3. Estructura de los perfiles o marcos de las hojas

4.3.1. Materiales y fabricación

Los perfiles o marcos de las hojas deberán estar fabricados en aleación de aluminio extruido tipo AA6063 con tratamiento térmico T5, con un espesor mínimo de pared de 3 mm.

El proceso de fabricación y ensamblaje de los marcos deberá garantizar su resistencia mecánica, estabilidad estructural y durabilidad bajo las condiciones de operación previstas. Para tal efecto, podrán emplearse uniones soldadas mediante proceso TIG para aluminio o procesos equivalentes técnicamente comprobados que aseguren una resistencia mecánica adecuada frente a las condiciones de uso intensivo y a los esfuerzos derivados de actos vandálicos.

Los marcos deberán conservar su integridad estructural bajo condiciones de uso intensivo, así como frente a los esfuerzos mecánicos derivados de la operación normal, la interacción habitual de los usuarios y los actos vandálicos sin presentar deformaciones permanentes que afecten su funcionamiento.

4.3.2. Acabados

Los perfiles o marcos deberán contar con:

(a) Acabado en pintura electrostática en polvo, aplicada y curada en horno.
(b) Recubrimiento antigrafiti que permita la remoción de grafitis sin afectar la superficie.
(c) Protección frente a radiación UV.

El color de los perfiles deberá cumplir con la paleta o código de color definido por TRANSMILENIO S.A. En ausencia de una especificación particular, el acabado mínimo exigido será gris RAL 7004, con acabado texturizado, en pintura electrostática en polvo tipo poliéster, garantizando uniformidad cromática entre lotes.

4.3.3. Configuración y dimensiones

Los perfiles que conforman los marcos de las hojas de las puertas deberán cumplir con las siguientes dimensiones de referencia:

(a) Un perfil lateral de espalda con dimensión de 10 cm (frontal) por 5 cm (profundidad).
(b) Un perfil lateral de nariz con dimensión de 10 cm (frontal) por 5 cm (profundidad).
(c) Un perfil superior de fijación de la hoja de la puerta al mecanismo de tracción con dimensión de 10 cm (frontal) por 5 cm (profundidad).
(d) Una barra central con dimensión de 12 cm (frontal) por 5 cm (profundidad)
(e) Un zócalo o perfil inferior de la hoja con altura de 25 cm (frontal) por 5 cm (profundidad)

4.3.4. Requisitos funcionales de los perfiles

(a) La barra central deberá dividir la hoja en dos secciones equivalentes, de modo que las dimensiones de las láminas perforadas superior e inferior sean iguales.

(b) El zócalo o perfil inferior deberá permitir la absorción de impactos y posibles golpes en la parte inferior del mismo y brindar estabilidad estructural aumentada a la hoja de la puerta.

4.3.5. Tolerancias y adaptaciones

Las dimensiones de los perfiles podrán presentar una variación máxima de ± 5% respecto a los valores indicados, permitiendo la utilización de perfiles comerciales disponibles en el mercado.

En caso de que el contratista requiera utilizar perfiles con dimensiones diferentes, deberá:

(a) Justificar técnicamente la solución propuesta.
(b) Garantizar el cumplimiento de los requisitos estructurales y funcionales.
(c) Los perfiles propuestos deberán corresponder a perfiles comerciales disponibles en el mercado.
(d) Presentar la propuesta para revisión y aprobación de la Interventoría previo a su fabricación e instalación.
(e) La variación propuesta no deberá afectar la integridad estructural, el desempeño funcional ni la compatibilidad con los demás componentes del sistema de puertas definido en el presente anexo y demás documentos del proceso.

4.4. Lámina hoja de la puerta

4.4.1. Materiales y fabricación

Las hojas de las puertas deberán fabricarse en lámina de acero Cold Rolled (C.R.) perforada, con un espesor mínimo de 3,0 mm (calibre 11 o 1/8”).

Las láminas deberán fabricarse mediante procesos que garanticen uniformidad dimensional, resistencia mecánica y durabilidad bajo las condiciones de operación previstas para el sistema.

4.4.2. Acabados

Las láminas de las hojas deberán contar con los siguientes acabados y tratamientos superficiales:

(a) Pintura electrostática en polvo, aplicada y curada en horno, garantizando adherencia, uniformidad y resistencia.
(b) Recubrimiento antigrafiti, que permita la fácil remoción de grafitis sin afectar el acabado base.
(c) Protección frente a la radiación ultravioleta (UV), que minimice la degradación del recubrimiento y la pérdida de color.
(d) Superficie tratada para minimizar la acumulación de polvo.

(e) El recubrimiento deberá ser resistente al desgaste ocasionado por:
  (i) Limpieza manual
  (ii) Lavado con agua a presión
  (iii) Exposición a radiación solar
  (iv) Exposición a condiciones ambientales y meteorológicas
  (v) Operación normal de las puertas
(f) Adicionalmente, Las láminas perforadas deberán encontrarse libres de rebabas, filos cortantes, aristas vivas o protuberancias que puedan representar riesgo para los usuarios, el personal técnico o terceros.

El color de la lámina para las puertas de cada estación deberá corresponder al código de color definido por TRANSMILENIO S.A. para la respectiva troncal. La Entidad suministrará dicha información al contratista durante la ejecución del contrato. El contratista deberá garantizar la uniformidad, estabilidad y permanencia del color bajo las condiciones normales de operación, limpieza y exposición ambiental previstas para el proyecto.

4.4.3. Configuración y dimensiones

Las láminas de las hojas deberán cumplir con las siguientes características geométricas:

(a) Espesor: mínimo 3,0 mm (calibre 11 o 1/8”).
(b) Tipo: lámina perforada.
(c) Diámetro de perforaciones: 6,0 mm.
(d) Distancia entre centros de perforaciones: 7,5 mm.
(e) Porcentaje de área perforada: 57% del área total de la hoja (sin incluir el marco).

La configuración de las perforaciones deberá ser uniforme en toda la superficie de la lámina y garantizar condiciones adecuadas de resistencia mecánica, integridad estructural y seguridad para los usuarios.

4.4.4. Requisitos funcionales de la lámina

El sistema de fijación de la lámina al marco será definido por el fabricante, siempre que cumpla con los siguientes requisitos:

(a) Garantizar que la lámina no pueda ser desmontada o manipulada fácilmente por usuarios no autorizados.
(b) Permitir el desmontaje, montaje y reemplazo eficiente por personal técnico autorizado por la Entidad.

(c) No se permitirá el uso de sistemas de fijación mediante adhesivos, siliconas o cualquier tipo de pegamento.

4.5. Guías y rieles de desplazamiento

4.5.1. Configuración general

Las hojas de las puertas deberán desplazarse horizontalmente mediante un sistema compuesto por un riel superior y un riel inferior, diseñados para operar de manera continua, estable y segura bajo condiciones de uso intensivo y condiciones de operación para un sistema de transporte masivo.

Las hojas de las puertas deberán desplazarse horizontalmente mediante un sistema compuesto por un riel superior y un riel inferior, diseñados para garantizar una operación continua, estable y segura, soportando como mínimo el régimen de servicio definido en el numeral 4.1.2 del presente anexo y propias de un sistema de transporte masivo.

4.5.2. Riel superior

El sistema deberá contar con un riel superior que cumpla con las siguientes condiciones:

(a) Deberá ser fabricado en aleación de aluminio tipo AA6061 con tratamiento térmico T6.
(b) Deberá ser continuo y cubrir la totalidad de la longitud útil de la puerta, garantizando el adecuado guiado y desplazamiento de las hojas.
(c) Deberá ser desmontable y reemplazable en sitio, sin requerir intervenciones mayores en la estructura de la puerta.
(d) Deberá estar diseñado para permitir la fijación segura de los elementos de motorización y transmisión de movimiento de las hojas.
(e) El riel superior deberá contar como mínimo con dos (2) elementos ajustables de apoyo antielevación por cada hoja. Los elementos antielevación deberán:
    (i) Impedir el levantamiento, descarrilamiento o desacople de la hoja.
    (ii) Resistir intentos de manipulación o retiro por parte de usuarios no autorizados.
    (iii) Permitir ajuste, inspección y mantenimiento por parte de personal autorizado.

4.5.3. Riel inferior

El sistema deberá contar con un riel inferior que cumpla con las siguientes condiciones:

(a) Deberá ser fabricado en aleación de aluminio tipo AA6063 con temple T5.

(b) Deberá contar con una canaleta o elemento de desgaste reemplazable en campo, que permita su sustitución mediante actividades rutinarias de mantenimiento, sin requerir intervenciones mayores en la estructura de la puerta ni en la infraestructura existente.
(c) Deberá funcionar como guía inferior continua, con el fin de:
    (i) Evitar el descarrilamiento de las hojas durante la operación normal y frente a intentos de manipulación por parte de usuarios no autorizados.
    (ii) Reducir el balanceo y las oscilaciones de las hojas ocasionados por efectos aerodinámicos, tales como la onda de aire producida por el paso de los vehículos del sistema.
(d) Deberá extenderse a lo largo de toda la longitud del recorrido de las hojas de la puerta.

4.5.4. Condiciones geométricas y de instalación

(a) El riel deberá instalarse de forma superpuesta sobre el nivel del piso de la estación.
(b) Deberá contar con una ranura de guía con:
    (i) Ancho máximo (a): 20 mm
    (ii) Altura máxima total (h): 17 mm sobre el nivel del piso
(c) El sistema deberá incluir un pin guía en la hoja de la puerta, el cual:
    (i) Deberá acoplar adecuadamente dentro de la ranura del riel.
    (ii) Deberá ser compatible con la geometría del riel y su altura.
    (iii) Deberá garantizar una longitud efectiva (l) de guiado del pin dentro de la ranura del riel no inferior a 11 mm.

4.5.5. Elementos de seguridad y accesibilidad

El riel deberá contar en toda su extensión con rampas de transición anteriores y posteriores, las cuales deberán:

(a) Ser antideslizantes.
(b) Minimizar el riesgo de tropiezo para los usuarios.
(c) Facilitar el tránsito de personas y objetos, incluyendo sillas de ruedas, coches y equipos de mantenimiento.

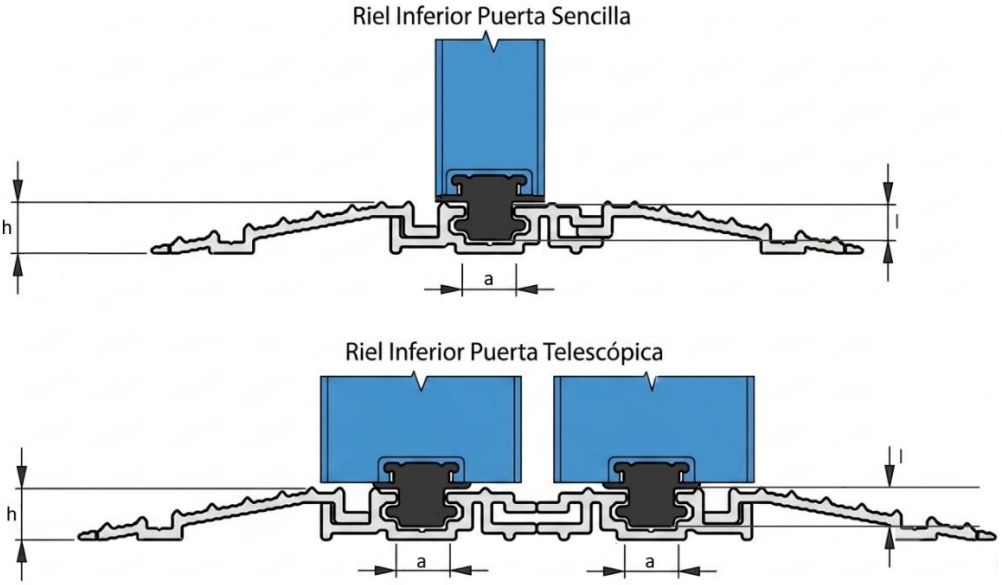
La geometría de las rampas deberá diseñarse de tal forma que:

(a) No genere cambios bruscos de nivel ni ángulos pronunciados que dificulten el tránsito y paso de los usuarios.
(b) Garantice condiciones adecuadas de accesibilidad y seguridad para los usuarios.

4.5.6. Requisitos de diseño y aprobación

(a) El contratista deberá diseñar y suministrar el detalle constructivo del riel inferior, incluyendo geometría, materiales, sistema de fijación y elementos de transición.
(b) Dicho diseño deberá ser presentado para revisión y aprobación por parte de la interventoría previo a su fabricación e instalación.
(c) El diseño deberá ser consistente con el esquema guía conceptual indicado en la Figura 1 (corte lateral del sistema de guía y rampa).

Figura 1. Corte lateral sistema de guías y rampas. Parte superior esquema para puerta de dos (2) hojas, parte inferior esquema para puerta (4) hojas, imagen demostrativa.



4.5.7. Sistema de autolimpieza

El riel inferior deberá contar con mecanismos o soluciones de diseño de autolimpiado que:

(a) Eviten la acumulación de residuos, suciedad o elementos extraños.
(b) Garanticen el libre desplazamiento de las hojas.
(c) Reduzcan la necesidad de mantenimiento frecuente.

4.6. Motorización

Las hojas de las puertas deberán desplazarse mediante un sistema de motorización compuesto por un motorreductor de corriente continua (DC) o un servomotor, diseñado para operar de manera continua, estable y segura bajo las condiciones de operación establecidas en el numeral 4.1.2 del presente anexo y propias de un sistema de transporte masivo.

El sistema de motorización deberá garantizar el movimiento de apertura y cierre de las hojas de forma confiable, considerando el peso de las hojas, las cargas operativas, los efectos de fricción y las condiciones de operación del sistema.

El sistema de motorización deberá permitir el ajuste de parámetros de operación en campo, tales como la velocidad y la fuerza de apertura y cierre, con el fin de adaptarse a las condiciones específicas de operación del sistema.

El sistema de motorización deberá operar integrado con el sistema de control de la puerta, de tal manera que el movimiento de las hojas solo sea permitido cuando se cumplan las condiciones de operación.

El movimiento de las hojas deberá realizarse de forma controlada y uniforme, garantizando condiciones seguras para los usuarios durante toda la operación.

La fuerza ejercida por el sistema durante el cierre deberá ser controlada, de manera que se minimice el riesgo de lesión a los usuarios en caso de contacto con las hojas.

4.6.1. Requisitos del sistema de motorización

El sistema de motorización deberá cumplir con los siguientes requisitos:

(a) Deberá ser apto para operación continua en ambiente de transporte masivo.
(b) Deberá ser capaz de suministrar el par y la potencia requeridos para el desplazamiento de las hojas en todas las condiciones de operación previstas.
(c) Deberá garantizar un desplazamiento uniforme y estable de las hojas, sin vibraciones que afecten la operación, la seguridad o la durabilidad del sistema.
(d) Deberá garantizar un comportamiento consistente y repetible durante los ciclos de apertura y cierre.
(e) Deberá permitir su integración con el sistema de control de la puerta, garantizando la correcta ejecución de las funciones de apertura, cierre, protección y seguridad definidas para el sistema.

4.6.2. Protección del sistema de motorización

Las puertas deberán contar con mecanismos que protejan el sistema de motorización bajo los siguientes eventos:

(a) Variaciones de voltaje: Cada puerta deberá contar con una fuente de alimentación regulada que garantice la estabilidad del sistema eléctrico.
(b) Eventos de bloqueo o esfuerzo mecánico: El sistema deberá proteger la motorización y el mecanismo de tracción frente a intentos de apertura forzada, obstrucciones, bloqueos o cualquier esfuerzo externo que se oponga al movimiento normal de las hojas, evitando daños en los componentes del sistema.
(c) Protección electrónica del motor: El motor deberá contar con protecciones electrónicas contra sobrecargas, bloqueos mecánicos, atrapamientos de elementos u otras condiciones de operación.

4.6.3. Condiciones de instalación y operación

El sistema de motorización deberá cumplir con las siguientes condiciones:

(a) Deberá ser diseñado para operar bajo condiciones ambientales propias del sistema, incluyendo variaciones de temperatura, humedad, polvo y agentes contaminantes.
(b) Deberá ser resistente a vibraciones y condiciones operativas propias de un sistema de transporte masivo, sin afectar su desempeño ni su seguridad.
(c) Deberá permitir su mantenimiento, inspección y reemplazo sin requerir intervenciones mayores en la estructura de la puerta.
(d) Todos los componentes deberán estar debidamente protegidos contra acceso no autorizado.
(e) Los componentes del sistema de motorización deberán instalarse dentro de la caja de mecanismos de tal modo que estén protegidos que impidan su manipulación por personal no autorizado.

4.6.4. Requisitos de diseño y aprobación

(a) El contratista deberá diseñar y suministrar el sistema de motorización, incluyendo selección del motor, sistema de transmisión, soportes, fijaciones y elementos de protección.
(b) El diseño del sistema de motorización deberá formar parte del Documento de Diseño de Detalle y obtener la correspondiente aprobación por parte de la interventoría, como requisito previo al inicio de las actividades de fabricación e instalación.
(c) Los componentes del sistema de motorización deberán instalarse dentro de la caja de mecanismos, de tal modo que se impida su acceso, manipulación o intervención por parte de personal no autorizado.G

El sistema de motorización deberá estar basado en componentes estandarizados y disponibles comercialmente, que cuenten con respaldo del fabricante y disponibilidad de repuestos en el mercado.

4.7. Mecanismo de tracción

La tracción para el desplazamiento de las hojas deberá realizarse mediante un sistema de correas dentadas síncronas tipo S8M o equivalente, diseñado para garantizar una operación resistente, estable y silenciosa bajo las condiciones de operación propias del Sistema TransMilenio.

El contratista será responsable de definir y dimensionar las características de la correa, incluyendo su sección, tipo de refuerzo y elementos resistentes, garantizando el cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente numeral y demás documentos del proceso.

4.7.1. Configuración general

El desplazamiento horizontal de las hojas de las puertas deberá realizarse mediante un sistema de tracción mecánica, encargado de transmitir el movimiento generado por el sistema de motorización hacia las hojas.

El sistema de tracción deberá garantizar una operación continua, estable y segura, acorde con las condiciones de uso intensivo propias de las estaciones del Sistema TransMilenio, y estar diseñado de manera que asegure la transmisión eficiente del movimiento, manteniendo la sincronización de las hojas, la precisión de desplazamiento y la repetibilidad en los ciclos de apertura y cierre.

4.7.2. Sistema de transmisión mediante correa dentada

La tracción para el desplazamiento de las hojas deberá realizarse mediante correas dentadas del tipo síncrono.
El sistema de correas deberá cumplir con las siguientes condiciones:

(a) Deberá estar fabricado en material elastomérico (caucho u otro equivalente) reforzado con fibra de vidrio, acero u otro material de alta resistencia.
(b) Deberá ser del tipo S8M o equivalente, garantizando características mecánicas adecuadas para la aplicación y un desempeño igual o superior al requerido.
(c) Deberá presentar alta resistencia al desgaste, fatiga y esfuerzos repetitivos.
(d) Deberá limitar la elongación excesiva de la correa en caso de bloqueo de las hojas o durante la operación, evitando pérdidas de sincronización y desplazamientos no controlados de las hojas.
(e) Deberá garantizar una operación silenciosa y sin vibraciones que afecten la seguridad, la operación o la durabilidad del sistema.

El contratista deberá definir:

(a) La sección de la correa.
(b) El tipo de refuerzo interno.
(c) El número de hilos o elementos resistentes.

Lo anterior con el fin de garantizar la resistencia, estabilidad y durabilidad del sistema bajo condiciones reales de operación.

En caso de emplearse una correa distinta al tipo S8M, el contratista deberá presentar la ficha técnica correspondiente que demuestre que la solución propuesta cumple o supera las características de desempeño requeridas, para revisión y aprobación de la INTERVENTORÍA como parte del Documento de Diseño de Detalle.

4.7.3. Carros deslizantes y elementos de arrastre

Las hojas de las puertas deberán desplazarse soportadas mediante carros deslizantes, los cuales deberán estar acoplados al sistema de tracción de correas.

Para el tamaño de las hojas del sistema, cada hoja deberá contar como mínimo con dos (2) carros deslizantes, no siendo aceptable el uso de un único carro por hoja, con el fin de evitar el basculamiento y garantizar la estabilidad durante la operación.

Para puertas de dos (2) hojas, al menos un (1) carro por cada hoja deberá estar unido a la correa de tracción principal, o conforme al diseño propuesto por el contratista, siempre que se garantice la correcta transmisión del movimiento y la estabilidad de la hoja.

Para puertas de cuatro (4) hojas, al menos un (1) carro por cada hoja central deberá estar unido a la correa de tracción principal. El segundo carro de cada hoja central deberá estar unido a la correa de tracción posterior o secundaria, o conforme al diseño propuesto por el contratista, siempre que se garantice la transmisión adecuada del movimiento, la sincronización entre hojas y la estabilidad del sistema.

En todos los casos, el sistema de fijación de los carros a las correas deberá garantizar:

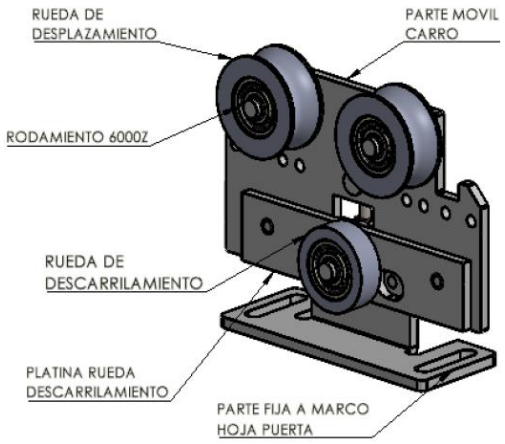
(a) Transmisión eficiente del movimiento.
(b) Sincronización entre las hojas.
(c) Estabilidad durante la operación.
(d) Resistencia ante esfuerzos dinámicos y condiciones de uso intensivo.

Los carros deslizantes deberán cumplir como mínimo con las siguientes condiciones:

(a) Deberán contar como mínimo con dos (2) ruedas provistas de rodamientos sellados y prelubricados, libres de mantenimiento, que permitan el desplazamiento de los carros sobre los rieles guía.
(b) Deberán desplazarse sobre los rieles guía, garantizando un movimiento suave, estable y preciso.
(c) Incorporar un sistema de ajuste que permita la nivelación de las hojas durante la instalación y mantenimiento y elementos que garanticen la correcta transmisión del movimiento desde el sistema de tracción hacia la hoja.
(d) Contar con mecanismos anti-descarrilamiento o una rueda anti-descarrilamiento que:
    (i) Impida el levantamiento de la hoja.
    (ii) Evite el desacople del sistema de guía.
    (iii) Resistir los esfuerzos mecánicos derivados de intentos de levantamiento o descarrilamiento de las hojas.

A continuación, se presenta una figura demostrativa de un carro deslizante basada en los diseños de puertas automáticas implementados por la Entidad en contratos anteriores. La figura tiene carácter ilustrativo y no limita las soluciones de diseño que pueda proponer el contratista, siempre que cumpla con los requisitos establecidos en el presente anexo.

Figura 2 imagen demostrativa carro deslizante



4.7.4. Requisitos de desempeño del sistema de tracción

El sistema de tracción deberá cumplir con los siguientes requisitos:

(a) Deberá garantizar la transmisión del movimiento sin deslizamientos ni pérdidas de sincronización.

(b) Deberá resistir condiciones de operación con presencia de cargas dinámicas, vibraciones y acciones externas.
(c) Deberá mantener sus características funcionales y mecánicas bajo condiciones de operación repetitiva y uso intensivo.
(d) Deberá ser compatible con las condiciones de operación del sistema, incluyendo efectos aerodinámicos generados por el paso de los vehículos.

El sistema de tracción deberá diseñarse de forma que, ante fallas o condiciones de operación anormales, no genere movimientos no controlados de las hojas ni condiciones inseguras para los usuarios.

4.7.5. Requisitos de diseño y selección del sistema

El sistema de tracción deberá ser del tipo transmisión mediante correa dentada, no siendo aceptables sistemas de tracción basados en tecnologías diferentes.

El sistema de tracción por correa deberá corresponder a una solución tecnológica con aplicación comprobada en sistemas de transporte masivo o aplicaciones equivalentes de uso intensivo.

La selección de este tipo de sistema se fundamenta en que la tecnología de tracción mediante correa cuenta con amplio desarrollo y experiencia a nivel mundial, y ha sido previamente evaluada, probada y validada por la Entidad mediante pruebas piloto y desarrollos de prototipo, constituyéndose como el sistema estandarizado para el presente proceso.

El contratista deberá demostrar:

(a) Experiencia de uso del sistema en aplicaciones similares.
(b) Confiabilidad del sistema propuesto.
(c) Disponibilidad de repuestos y soporte técnico en el mercado.

El diseño del sistema de tracción por correa deberá formar parte del Documento de Diseño de Detalle y presentarse para revisión y aprobación de la interventoría, incluyendo como mínimo:

(a) Especificaciones técnicas de la correa
(b) Sistema de fijación
(c) Elementos de arrastre
(d) Criterios de diseño
(e) Planos de detalle y despiece del sistema de tracción, identificando la disposición de correas, carros deslizantes, elementos de fijación, mecanismos de ajuste y componentes asociados.

4.8. Mecanismo de bloqueo de las hojas

4.8.1. Requisitos generales

El sistema de puertas deberá contar con un mecanismo de bloqueo que garantice la seguridad operativa de las hojas frente a intentos de apertura forzada y no autorizada, condiciones atípicas durante la operación y la protección de los componentes de tracción.

El sistema de puertas deberá contar con un mecanismo de bloqueo mecánico positivo, entendido como un sistema de enclavamiento basado en acople geométrico directo, que impida la apertura o desplazamiento forzado y no autorizado de las hojas, tanto en condición estática (puerta cerrada) como durante el ciclo de operación de apertura y cierre en cualquier punto de su recorrido, cuando la electrónica de control detecte un intento de apertura o retroceso forzado.

El mecanismo de bloqueo deberá estar constituido por uno o más elementos de enclavamiento físico, tales como pasadores, pines, pestillos o dispositivos equivalentes, que garanticen un bloqueo efectivo mediante contacto mecánico directo, sin depender de la acción del motor, fricción o control electrónico para mantener la puerta en posición cerrada.

El diseño del mecanismo deberá asegurar que los esfuerzos generados por intentos de apertura y desplazamiento forzado por parte de los usuarios sean absorbidos directamente por el dispositivo de bloqueo, evitando su transmisión hacia el mecanismo de tracción, guías o motorización del sistema. Esta función deberá proteger los componentes de motorización, transmisión, tracción y guiado frente a esfuerzos anormales ocasionados por bloqueos inesperados o acciones externas sobre las hojas.

4.8.2. Bloqueo por intento de forzamiento

El sistema deberá estar equipado con un dispositivo de bloqueo mecánico positivo que impida el desplazamiento no autorizado de las hojas en cualquier punto de su recorrido de apertura o cierre cuando la electrónica de control detecte un intento de apertura forzada, retroceso forzado o cualquier interferencia externa sobre el movimiento de las puertas.

Cuando las hojas alcancen la posición completamente cerrada o abierta, el mecanismo de bloqueo deberá permanecer activado conforme a lo establecido al numeral 0.

Una vez desaparezca la condición de forzamiento o bloqueo que originó la actuación del sistema, este deberá retomar automáticamente el movimiento en el sentido original de operación junto con su respectivo mensaje de audio y completar el ciclo correspondiente sin requerir intervención manual, de acuerdo con la lógica de control definida en los numerales 0 y 0.

(a) El sistema deberá detectar, a través de su electrónica de control, cualquier intento de:

(i) Apertura manual forzada.
(ii) Retroceso o interferencia del movimiento durante el ciclo de apertura o cierre.
(iii) Acciones o esfuerzos externos ejercidos sobre las hojas, tanto en el sentido de desplazamiento como en sentido contrario, que afecten su movimiento normal.

(b) Ante la detección de estas condiciones, el sistema deberá:

(i) Activar automáticamente el mecanismo de bloqueo mecánico.
(ii) Evitar el desplazamiento de las hojas en cualquier punto de su recorrido.
(iii) Proteger los componentes de motorización, transmisión y guías.

(c) Una vez desaparezca la condición de forzamiento, el sistema deberá:

(i) Retomar automáticamente el movimiento en el sentido original de operación.
(ii) Completar el ciclo sin requerir intervención manual.

4.8.3. Condición de bloqueo en estado cerrado

(a) Cuando las puertas se encuentren en posición completamente cerrada el mecanismo de bloqueo deberá permanecer activado de manera permanente mientras el sistema se encuentre energizado.
(b) Si se presenta ausencia de alimentación eléctrica y agotamiento del sistema de respaldo (baterías), el mecanismo de bloqueo deberá liberarse automáticamente para permitir la apertura manual de emergencia.

4.8.4. Detección de atrapamiento y reversión controlada

Durante el ciclo de apertura o cierre, el sistema deberá:

(a) Detectar la presencia de obstáculos, atrapamientos o interferencias. Al detectarse alguna de estas condiciones, el mecanismo deberá detener inmediatamente el movimiento de la hoja.
(b) Durante el ciclo de cierre, el sistema deberá ejecutar automáticamente una reversión controlada del movimiento. El retroceso no deberá corresponder a la apertura total, sino a un desplazamiento parcial suficiente para liberar el objeto o cuerpo atrapado y deberá ser parametrizable en campo. Una vez ejecutado el retroceso, el sistema deberá activar automáticamente el mecanismo de bloqueo mecánico.
(c) Durante el ciclo de apertura, la detección de obstáculos, atrapamientos o interferencias no deberá generar un movimiento automático de cierre.

4.8.5. Lógica de reintentos de operación

(a) Una vez activado el mecanismo de bloqueo, el sistema deberá entrar en un estado de espera durante un tiempo t, previo a la ejecución de un nuevo intento de operación.
(b) Transcurrido el tiempo t, el sistema deberá reintentar el movimiento en el sentido original de operación, manteniendo los parámetros de fuerza y velocidad previamente configurados.
(c) En caso de persistir la condición de bloqueo, el sistema deberá repetir el ciclo de retroceso, bloqueo y espera.
(d) Este proceso se repetirá hasta completar un número máximo de intentos n, tras lo cual el sistema deberá:
    (i) Suspender nuevos intentos de operación, y
    (ii) Mantener el mecanismo de bloqueo activado.
(e) La reactivación del sistema solo deberá ocurrir cuando se reciba una nueva señal válida de apertura (e.j., llegada de bus).

4.8.6. Parámetros configurables

Los siguientes parámetros deberán ser configurables en campo por personal autorizado:

(a) Magnitud del retroceso (distancia o porcentaje del recorrido).
(b) Tiempo de espera entre reintentos t.
(c) Número de reintentos n.

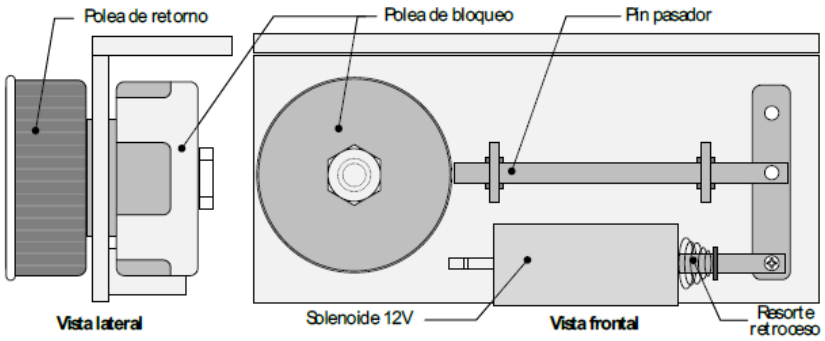
4.8.7. Evidencia de cumplimiento

El contratista deberá:

(a) Describir de manera detallada el funcionamiento del sistema de bloqueo, tanto en el diseño de detalle como en los manuales técnicos correspondientes.
(b) Presentar fichas técnicas de los componentes y diagramas de operación del sistema.
(c) Incluir los procedimientos para la configuración en campo de los parámetros operativos del sistema.
(d) Demostrar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente numeral mediante protocolos de prueba. Cuando aplique, las variables verificables deberán medirse con instrumentos adecuados y aprobados por la interventoría. Las pruebas podrán realizarse sobre el prototipo y sobre puertas que van a entrar en operación y deberán ser verificadas y aprobadas por la interventoría.

A continuación, se presenta una figura demostrativa de un mecanismo de bloqueo basada en los diseños de puertas automáticas implementados por la Entidad en contratos anteriores. La figura tiene carácter ilustrativo y se incluye únicamente como referencia conceptual, sin limitar las soluciones de diseño que pueda proponer el contratista, siempre que se cumpla con los requisitos establecidos en el presente anexo y demás documentos del proceso.

Figura 3. imagen demostrativa mecanismo de bloqueo



4.9. Capacidad de autocalibración ante eventos de apertura forzada

Las puertas deberán contar con un sistema automático de detección y recuperación de calibración que permita restablecer las condiciones normales de operación en caso de pérdida de referencias ocasionada por intentos de apertura forzada, esfuerzos externos sobre las hojas o cualquier otra condición que afecte la calibración del sistema.

4.9.1. Requisitos funcionales

El sistema deberá cumplir, como mínimo, con los siguientes requisitos:

(a) Detectar de manera automática, sin intervención externa, la pérdida de calibración o la desalineación de los parámetros de referencia de posición.
(b) Ante dicha condición, ejecutar de forma autónoma un proceso de reinicio controlado del sistema.
(c) Posterior al reinicio, realizar un ciclo completo de autocalibración y autoparametrización, mediante el cual se restablezcan las referencias de posición de inicio y fin de carrera de las hojas.
(d) Garantizar que la recalibración restituya la precisión de posicionamiento y la correcta sincronización del sistema de puertas.

(e) Permitir que, una vez finalizado el proceso, la puerta retorne a condición operativa normal sin requerir intervención manual, ajustes mecánicos, reprogramación ni cualquier otra intervención técnica externa.
(f) Asegurar que el proceso de reinicio y autocalibración se ejecute bajo condiciones seguras, sin generar movimientos no controlados ni riesgos para los usuarios, el personal operativo o la integridad del sistema.

4.9.2. Requisitos de documentación técnica

El contratista deberá incluir en el diseño de detalle y en los manuales técnicos la descripción del sistema de autocalibración, indicando como mínimo:

(a) Criterios y condiciones de activación del proceso.
(b) Secuencia de operación del ciclo de reinicio y autocalibración.
(c) Tiempos estimados de ejecución.
(d) Mecanismos de seguridad implementados durante el proceso.
(e) Condiciones requeridas para el retorno de la puerta a la operación normal.

4.10. Protección anti-aplastamiento

Las hojas de las puertas deberán incorporar un sistema de protección anti-aplastamiento diseñado para mitigar el riesgo de atrapamiento de los usuarios durante la operación de cierre, garantizando condiciones adecuadas de seguridad y operación.

4.10.1. **Requisito** general

Los perfiles o montantes verticales centrales de las hojas de las puertas deberán incorporar un sistema de protección anti-aplastamiento constituido por un borde de material elástico comprimible, de color negro, cuya función sea mitigar el riesgo de atrapamiento o lesión de las manos de los usuarios durante el proceso de cierre.

4.10.2. Características del material

El contratista deberá diseñar, seleccionar y suministrar un material que cumpla, como mínimo, con las siguientes características, las cuales deberán ser demostrables mediante fichas técnicas o certificaciones del fabricante y compatibles con las condiciones de operación del Sistema TransMilenio:

(a) Resistencia a la deformación permanente por compresión y capacidad de recuperación elástica después de ciclos repetidos de compresión.
(b) Resistencia al desgarre, a la abrasión y al impacto.
(c) Resistencia a la radiación solar ultravioleta (UV) y a condiciones de intemperie.
(d) Resistencia a solventes, grasas y aceites de uso común en entornos urbanos.
(e) Resistencia a la llama y/o comportamiento retardante a la llama.
(f) Ausencia de olor perceptible en condiciones normales de operación.
(g) No transferir color ni generar manchas sobre la ropa o elementos de los usuarios.

El material deberá mantener sus propiedades mecánicas en todo el rango de condiciones ambientales de operación del sistema.

4.10.3. Configuración e instalación

El borde elástico comprimible deberá:

(a) Instalarse mediante un sistema continuo a lo largo de toda la altura útil de contacto entre las hojas.
(b) Implementar una configuración tipo macho-hembra, traslapo lateral o equivalente, que garantice simultáneamente:
    (i) La no existencia de luz o intersticio visible cuando la puerta se encuentre en posición completamente cerrada.
    (ii) Mantener una distancia de seguridad deformable que reduzca el riesgo de atrapamiento, además de ser comprimible.
(c) Garantizar una compresibilidad controlada, de tal forma que ante la presencia de un obstáculo se genere una deformación suficiente para evitar lesiones, sin comprometer la integridad del sistema ni el cierre operativo de la puerta.

El perfil elastomérico deberá incorporar un elemento deformable continuo con geometría tipo bulbo, labio o equivalente, cuyas dimensiones y características de compresibilidad sean suficientes para garantizar la mitigación del riesgo de atrapamiento y el cumplimiento de los requisitos funcionales establecidos en el presente numeral. El contratista deberá sustentar técnicamente la solución propuesta mediante fichas técnicas y documentación del fabricante.

4.10.4. Sistema de fijación y mantenimiento

El sistema de fijación del perfil elástico a la hoja de la puerta deberá cumplir con lo siguiente:

(a) Incorporar un diseño que evite el desprendimiento accidental o la remoción del perfil por acciones de manipulación derivadas de la interacción habitual de los usuarios.

(b) Permitir su reemplazo de manera ágil y segura por parte del personal de mantenimiento autorizado, sin requerir desmonte de la hoja completa ni herramientas especializadas de alta complejidad.
(c) Garantizar una vida útil acorde con los ciclos de operación definidos para el sistema de puertas, con intervalos de mantenimiento claramente especificados por el fabricante.

4.11. Parámetros operacionales de movimiento

El sistema de puertas deberá permitir la parametrización en campo de los principales parámetros de movimiento requeridos para su operación segura y compatible con las condiciones operativas del Sistema TransMilenio.

Mediante esta funcionalidad el personal de TRANSMILENIO S.A. o el que designe la Entidad podrá configurarlos de acuerdo con las necesidades iniciales o futuras y en forma compatible no solo con la seguridad sino también con los requerimientos operacionales.

El movimiento de las hojas deberá realizarse mediante perfiles de movimiento controlados, compuestos por las fases de aceleración, velocidad de desplazamiento y desaceleración definidas por el fabricante. Dichos perfiles deberán ser configurables en campo y permitir su ajuste en función de las características operativas de cada tipología de puerta y de su recorrido efectivo.

En recorridos reducidos, el perfil de movimiento podrá consistir en una transición continua entre las fases de aceleración y desaceleración, sin requerir necesariamente una fase de velocidad constante. En todos los casos, el movimiento de las hojas deberá efectuarse de forma suave y progresiva, sin arranques bruscos, cambios súbitos de velocidad, vibraciones excesivas, impactos mecánicos o comportamientos que puedan afectar la seguridad de los usuarios, la disponibilidad del sistema o la vida útil de los componentes.

El Proveedor deberá especificar durante el diseño de detalle los parámetros operacionales configurables de la solución propuesta, incluyendo como mínimo los rangos de configuración de los tiempos de apertura y cierre, así como las opciones de ajuste de aceleración, desaceleración, velocidades de desplazamiento, perfiles de movimiento, niveles, curvas o parámetros funcionalmente equivalentes implementados por el fabricante.

4.11.1. Tiempo de apertura y cierre

Las puertas deberán permitir el ajuste independiente en campo de los tiempos totales de apertura y cierre mediante la configuración de parámetros operacionales, tales como velocidades de desplazamiento, aceleración, desaceleración, perfiles de movimiento, niveles de configuración, parámetros de control definidos por el fabricante u otros funcionalmente equivalentes.

Los parámetros deberán poder configurarse desde la pasarela inteligente y/o mediante las herramientas de parametrización suministradas por el fabricante.

El tiempo total de apertura y el tiempo total de cierre corresponderán al intervalo transcurrido entre el inicio del desplazamiento de las hojas y su llegada a posición final de carrera, ya sea en apertura o en cierre. Los tiempos establecidos en el presente numeral corresponden exclusivamente al tiempo de desplazamiento de las hojas entre sus posiciones finales de apertura y cierre. No incluyen, entonces, los tiempos durante los que la puerta permanece abierta para la operación de ascenso y descenso de pasajeros, ni los tiempos de espera o retraso previos al inicio del cierre, tales como los asociados a la presencia o salida del vehículo de la zona de atraque, la pérdida de señales de autorización o las demás condiciones definidas por la lógica de control del sistema.

Los parámetros de velocidad, aceleración, desaceleración, perfiles de movimiento u otros funcionalmente equivalentes que hubiese definido el fabricante, deberán permitir que se alcancen y ajusten los tiempos de apertura y cierre en campo, según las condiciones previstas en este numeral. En ese sentido, la solución deberá permitir que los tiempos totales de apertura y cierre se ajuste de manera independiente en campo y que, para la configuración seleccionada, dichos tiempos se encuentren dentro de los siguientes rangos:

(a) Puertas de dos (2) hojas: entre 3 s y 10 s.
(b) Puertas de cuatro (4) hojas: entre 4 s y 10 s.

La verificación de cumplimiento de estos tiempos deberá corresponder a una medición directa del movimiento de las hojas.

Los valores medidos deberán ser consistentes con los parámetros de velocidad, aceleración, desaceleración y demás perfiles de movimiento definidos para la operación de la puerta, sin comprometer el cumplimiento de los requisitos funcionales, operacionales y de seguridad establecidos en el presente anexo.

En cualquier configuración seleccionada, la solución deberá garantizar el cumplimiento de los requisitos de seguridad, detección de obstáculos, protección antiaplastamiento, confiabilidad, disponibilidad y vida útil establecidos en el presente anexo y demás documentos del proceso.

El contratista deberá especificar los parámetros de configuración y los valores ajustados para cada tipología de puerta suministrada en el diseño de detalle y en el manual de operación, demostrando el cumplimiento de los rangos establecidos en el presente numeral.

La parametrización de los tiempos de apertura y cierre deberá permitir optimizar la operación de la puerta sin comprometer la seguridad de los usuarios, la protección de los componentes mecánicos, las funcionalidades de detección de obstáculos, la protección antiaplastamiento y los requisitos de disponibilidad del sistema.

Cualquier modificación de estos parámetros deberá poder realizarse exclusivamente por personal autorizado, utilizando las herramientas de parametrización suministradas por el fabricante y los niveles de acceso definidos para tal fin.

4.11.2. Aceleración

Durante el inicio de los ciclos de apertura y cierre, las hojas deberán incrementar progresivamente su velocidad mediante rampas de aceleración controladas, con el fin de evitar arranques bruscos, minimizar esfuerzos mecánicos sobre la motorización, el sistema de tracción y las hojas de la puerta, y mejorar las condiciones de seguridad durante la operación.

El sistema deberá permitir la configuración y parametrización en campo de la aceleración de manera independiente para la apertura y el cierre mediante niveles, perfiles de movimiento o parámetros funcionalmente equivalentes implementados por el fabricante.

La configuración de la aceleración deberá garantizar una transición progresiva desde el estado de reposo hasta la velocidad de desplazamiento definida para cada movimiento, sin tirones, vibraciones excesivas, pérdidas de sincronismo entre hojas ni esfuerzos mecánicos que puedan afectar la seguridad de los usuarios, la disponibilidad del sistema o la vida útil de sus componentes.

4.11.3. Desaceleración

Durante la aproximación a las posiciones finales de apertura y cierre, las hojas deberán reducir automáticamente su velocidad de desplazamiento mediante rampas de desaceleración controladas, con el fin de minimizar esfuerzos mecánicos, reducir el riesgo de atrapamiento y obstrucción, y mejorar las condiciones de seguridad durante la operación.

El sistema deberá permitir la parametrización en campo de la desaceleración mediante el ajuste de los perfiles de movimiento y de los puntos de inicio y final de la desaceleración, definidos en función del recorrido de la hoja o mediante parámetros funcionalmente equivalentes implementados por el fabricante.

El sistema deberá permitir la parametrización en campo de la fase final de los movimientos de apertura y cierre mediante el ajuste de los perfiles de movimiento, niveles o parámetros funcionalmente equivalentes implementados por el fabricante, de forma que las hojas alcancen sus posiciones finales

de apertura y cierre de manera controlada y progresiva, minimizando los esfuerzos mecánicos sobre los componentes y manteniendo las condiciones de seguridad de los usuarios.

La configuración de la desaceleración deberá garantizar que las hojas alcancen sus posiciones finales de apertura y cierre de manera controlada, sin impactos mecánicos excesivos, vibraciones, resonancias o rebotes que puedan afectar la operación normal de la puerta.

En la posición final de cierre, la configuración de la desaceleración deberá garantizar adicionalmente la ausencia de reaperturas no comandadas y de separaciones permanentes que afecten el cierre correcto de la puerta.

La configuración de la desaceleración deberá garantizar una transición progresiva durante la fase final de los movimientos de apertura y cierre, sin afectar las funcionalidades de detección de obstáculos y protección antiaplastamiento.

4.11.4. Fuerzas de cierre y retención

Durante el ciclo de cierre, la fuerza dinámica ejercida por las hojas sobre un obstáculo deberá ser compatible con los requisitos de seguridad, protección antiaplastamiento y detección de obstrucciones definidos en el presente anexo.

La verificación de la fuerza dinámica de cierre deberá realizarse mediante medición de la fuerza pico utilizando un dispositivo de ensayo adecuado y un procedimiento de medición documentado por el Contratista.

Las mediciones deberán efectuarse entre los bordes de cierre de las hojas en diferentes posiciones del recorrido de cierre.

La fuerza dinámica de cierre no deberá exceder los siguientes valores máximos:

(a) Para separaciones comprendidas entre[1] 100 mm y 200 mm, inclusive, la fuerza pico medida no deberá superar 300 N.
(b) Para separaciones superiores a 200 mm y hasta 400 mm[2], la fuerza pico medida no deberá superar 500 N.

[1] Para separaciones inferiores no se exigirá la medición instrumental directa de la fuerza pico. No obstante, el sistema deberá estar diseñado para que, en dicho intervalo, la fuerza pico no supere los 400 N y, al alcanzar una separación de 100 mm, cumpla el límite máximo de 300N.
[2] Para separaciones superiores a 400 mm, la seguridad operacional del sistema deberá garantizarse mediante la configuración de los perfiles de movimiento, aceleración, desaceleración, parámetros de aproximación al cierre,

El cumplimiento de esta condición deberá sustentarse mediante la curva característica de fuerza del sistema, memoria técnica, documentación del fabricante o ensayos complementarios, previstos en el protocolo de pruebas. La ausencia de medición instrumental directa no exime la contratista del cumplimiento de las especificaciones de detección de obstáculos, detención, reversión controlada y demás respuestas de seguridad previstas en el presente anexo.

Las mediciones deberán ser realizadas por el Contratista en banco de pruebas y/o durante las pruebas del prototipo en sitio, utilizando un dinamómetro electrónico o equipo equivalente, debidamente calibrado, con capacidad para registrar la fuerza pico, la fuerza estática o residual, la duración de su aplicación y la curva fuera-tiempo durante el ciclo de cierre del sistema. Dichas mediciones se efectuarán entre los bordes de cierre de las hojas de las puertas.

El procedimiento de ensayo, la instrumentación empleada, los puntos de medición, el número de repeticiones, las tolerancias y los criterios de aceptación deberán ser previamente aprobados por la Interventoría. Los resultados obtenidos deberán entregarse como evidencia de cumplimiento, incluyendo los registros y las curvas fuerza-tiempo correspondientes.

El sistema deberá permitir la configuración y parametrización en campo de los parámetros operacionales que influyen en el esfuerzo de accionamiento y en las fuerzas desarrolladas durante los movimientos de apertura y cierre, tales como fuerza, torque, sensibilidad, niveles de esfuerzo o parámetros funcionalmente equivalentes implementados por el fabricante. La configuración de dichos parámetros deberá garantizar el cumplimiento de los límites de fuerza, requisitos de seguridad, detección de obstáculos, protección antiaplastamiento, confiabilidad, disponibilidad y demás condiciones establecidas en el presente anexo durante todo el ciclo de operación de la puerta.

En caso de detectarse una obstrucción durante el ciclo de cierre, la aplicación de fuerzas de cierre asociadas a dicha obstrucción no deberá mantenerse por un tiempo superior a 1 s, tras lo cual el sistema deberá ejecutar automáticamente la respuesta de seguridad configurada por el fabricante, incluyendo la detención del movimiento y la reapertura parcial de las hojas de acuerdo con lo establecido en el presente anexo.

La fuerza de retención (estática) en posición cerrada deberá ser suficiente para evitar aperturas involuntarias de las hojas durante la operación normal del sistema, incluyendo las cargas derivadas del uso habitual por parte de los usuarios, sin afectar las funciones de liberación de emergencia, detección de obstáculos, protección antiaplastamiento ni los demás requisitos establecidos en el presente anexo.

detección de obstáculos, limitación de tiempo de aplicación de la fuerza, reversión controlada y demás funciones de protección implementadas por el fabricante.

La configuración de los perfiles de movimiento y demás parámetros operacionales deberá garantizar el cumplimiento de los límites de fuerza y demás requisitos de seguridad establecidos en el presente numeral.

TRANSMILENIO S.A. se reserva el derecho de exigir ajustes de configuración dentro de los rangos y capacidades declarados por el fabricante y aprobados durante el diseño de detalle, cuando las condiciones operacionales identificadas durante la etapa de pruebas, puesta en servicio u operación así lo requieran.

4.12. Señalización auditiva de orientación al usuario

La señalización auditiva mediante la emisión de mensajes de audio pregrabados tendrá como objetivos fundamentales:

(a) Facilitar la inclusión de usuarios con limitaciones visuales, quienes podrán orientarse y guiarse a través de las señales auditivas emitidas por la puerta.
(b) Generar alertas auditivas a los usuarios sobre situaciones de bloqueo, obstrucción (retomando el mensaje auditivo del proceso interrumpido), ciclos habituales de apertura y cierre de cada puerta, entre otros que defina la Entidad. El contenido de la señalización auditiva deberá ser configurable mediante el envío de secuencias de audio digital previamente suministradas por TRANSMILENIO S.A., en formatos estándar.

El sistema de audio de cada puerta deberá cumplir con las siguientes características técnicas mínimas:

(a) Potencia de salida no inferior a 60 watts RMS.
(b) Respuesta de frecuencia entre 80 Hz y 16 kHz (±3 dB).
(c) Distorsión armónica total (THD) máxima ≤ 1%, medida a potencia nominal de salida (RMS) y dentro del rango de frecuencia especificado, bajo condiciones de operación normales del sistema.

El volumen de la señalización auditiva deberá ser configurable y parametrizable mediante software dentro del rango completo de potencia especificado para cada puerta. La configuración deberá realizarse de forma remota o local mediante las herramientas o la APK suministradas por el fabricante, mediante acceso controlado y restringido a personal autorizado, evitando manipulaciones no autorizadas.

El sistema de amplificación y sus componentes asociados deberán contar con mecanismos de fijación y protección que mitiguen riesgos de manipulación indebida, vandalismo o hurto.

La reproducción de los mensajes auditivos en las puertas automáticas de una misma estación deberá sincronizarse de manera que se evite la superposición de señales sonoras entre puertas adyacentes, garantizando la adecuada inteligibilidad de los mensajes emitidos.

El sistema de audio deberá operar de manera embebida en cada puerta, mediante módulos locales de reproducción controlados por la interfaz hardware/software de la puerta, con almacenamiento local de archivos de audio y capacidad de configuración mediante herramientas de mantenimiento definidas por TRANSMILENIO S.A app y/o pasarela inteligente.

Adicionalmente, el sistema deberá permitir su integración con la solución ITS – pasarela inteligente del Sistema Inteligente de Gestión y Monitorización de Puertas (SIGMP), de tal manera que sea posible la activación remota de la reproducción de mensajes pregrabados, acorde a la parametrización que sea definida por la Entidad para su operación.

4.13. Señalización luminosa de orientación al usuario

4.13.1. Objeto

La señalización luminosa asociada a las puertas automáticas deberá cumplir simultáneamente con los siguientes objetivos:

(a) Facilitar la orientación y accesibilidad para usuarios con limitaciones auditivas, mediante indicaciones visuales claras del estado de la puerta.
(b) Proporcionar alertas visuales oportunas a todos los usuarios ante condiciones de operación de la puerta, incluyendo situaciones de bloqueo o forzado irregular de las puertas.

4.13.2. Requisitos funcionales del sistema

(a) El sistema de control de la puerta (interfaces hardware y software) deberá incorporar al menos un indicador lumínico tipo RGB, integrado y operando en función de señales de entrada a través de contactos secos asociados a los estados de apertura y cierre.
(b) El indicador lumínico deberá soportar, como mínimo, los siguientes modos de operación:
    (i) Estado apagado
    (ii) Estado activo en modo intermitente
    (iii) Estado activo en modo fijo
(c) La activación del indicador lumínico deberá estar directamente vinculada a eventos operativos y de estado de la puerta, sin retardos perceptibles para el usuario.

4.13.3. Configurabilidad

(a) El sistema deberá permitir la configuración independiente de la señalización luminosa para cada evento definido, mediante al menos los siguientes parámetros:
   (i) Color del indicador (mínimo: rojo, verde y amarillo)
   (ii) Modo de operación (fijo o intermitente)
(b) La configuración deberá realizarse mediante herramientas de software del sistema de control de la puerta, incluyendo como mínimo:
   (i) Una aplicación móvil en formato APP suministrada por el contratista para uso operativo y de tareas de mantenimiento de TRANSMILENIO S.A.
   (ii) La interfaz visual implementada en la pasarela inteligente de la estación

Estas herramientas deberán permitir la parametrización de la señalización luminosa de orientación al usuario, sin requerir modificaciones físicas ni intervenciones sobre el hardware instalado.

4.13.4. Eventos y alarmas mínimas requeridas

El sistema deberá permitir la parametrización de mínimo 8 tipos eventos distintos. Como mínimo deberán contemplarse los siguientes:

(a) El inicio del Ciclo de Apertura de la puerta.
(b) El inicio del Ciclo de Cierre de la puerta.
(c) Detección de intento de apertura forzada durante su ciclo de operación.
(d) Detección de obstrucción o intento de bloqueo durante la apertura.
(e) Detección de obstrucción o intento de bloqueo durante el cierre.
(f) Forzado de la puerta cuando está en posición de apertura o cierre total.
(g) Otras condiciones configurables por TRANSMILENIO S.A.

El sistema deberá permitir la incorporación y parametrización de eventos adicionales definidos por TRANSMILENIO S.A. sin requerir modificaciones estructurales, de hardware o de arquitectura del sistema.

4.13.5. Requisitos de instalación y resistencia

(a) Los dispositivos luminosos deberán instalarse de forma empotrada o integrada en la tapa de la caja de mecanismos de la puerta que garantice adecuada visibilidad para el usuario en condiciones normales de operación.
(b) Los iluminadores deberán contar con diseño de características antivandálicas y cumplir con condiciones de resistencia mecánica y ambiental acordes con el entorno operativo de estaciones del Sistema de Transporte Masivo TransMilenio, incluyendo como mínimo:
   (i) Protección contra impactos
   (ii) Protección contra ingreso de polvo y agua

(iii) Resistencia a manipulación indebida por parte de los usuarios

(c) El contratista deberá especificar el grado de protección (por ejemplo, IP y/o IK) de los dispositivos ofrecidos, el cual deberá ser consistente con aplicaciones en infraestructura de transporte masivo.

4.14. Mecanismos de alimentación eléctrica de emergencia

Cada puerta deberá contar con un sistema de respaldo de energía propio, basado en baterías libres de mantenimiento, que le permita seguir operando de manera temporal en caso de falla o interrupción del suministro de energía eléctrica de la red pública.

El sistema de respaldo deberá cumplir con las siguientes condiciones:

(a) Autonomía mínima: Las baterías integradas en la puerta deberán garantizar, como mínimo, cien (100) ciclos completos de operación (apertura y cierre). Esta autonomía aplica exclusivamente a los componentes propios de la puerta, tales como la motorización, la electrónica de control directamente asociada a su funcionamiento.

(b) Alcance del respaldo: La solución ITS y los sistemas de detección contingente que hagan parte de la solución instalada no deberán ser soportados por el sistema de respaldo de la puerta. Su esquema de alimentación y respaldo energético deberá definirse y cumplir de manera independiente con lo establecido en el anexo No. 1.2.

(c) Ubicación: Las baterías deberán estar completamente integradas y contenidas dentro de la estructura de la puerta, preferiblemente en la caja de mecanismos, sin requerir elementos externos adicionales para su funcionamiento.

(d) Características del sistema: El sistema de respaldo deberá ser de tecnología compacta, segura y de bajo mantenimiento, acorde con las condiciones de operación intensiva propias del sistema BRT.

(e) Dimensionamiento: El contratista deberá dimensionar el sistema de respaldo con base en el consumo real de la puerta (motorización, electrónica y demás componentes asociados). La capacidad del sistema deberá expresarse en número de ciclos de apertura y cierre garantizados, siendo responsabilidad del contratista asegurar el cumplimiento de la autonomía mínima exigida.

(f) Comportamiento ante agotamiento del respaldo: Cuando se presente una interrupción del suministro de energía eléctrica y la autonomía del sistema de respaldo esté próxima a agotarse, la puerta deberá ejecutar una apertura total de las hojas y permanecer asegurada en dicha posición, de conformidad con los criterios de operación, seguridad e integración definidos en el sistema SIGMP.

(g) Monitoreo: El sistema deberá permitir el monitoreo remoto del estado y condición de las baterías (incluyendo, como mínimo, nivel de carga, estado operativo y alertas de falla), integrándose con los sistemas de supervisión y control central definidos por la Entidad.

(h) Costos asociados: Todos los costos relacionados con el suministro, instalación, integración, puesta en funcionamiento y mantenimiento del sistema de respaldo de las puertas deberán estar incluidos dentro del valor ofertado para las puertas automáticas.

En todo caso, la operación de cada puerta no podrá depender exclusivamente de la disponibilidad del servicio de energía de la red eléctrica pública.

4.14.1. Gestión y monitoreo del sistema de respaldo

El estado y nivel de carga de las baterías de las puertas deberá ser monitoreado de forma remota desde el Centro de Gestión.

Mientras exista suministro de energía de la red, las baterías deberán mantenerse en condición de carga completa. Si el nivel de carga desciende por debajo del ochenta por ciento (80%) o por rangos que defina TRANSMILENIO S.A., en condiciones normales de alimentación, el sistema deberá generar automáticamente una alarma hacia el Centro de Gestión, indicando una posible falla del sistema de respaldo.

4.15. Límites permitidos para la alimentación eléctrica y potencia consumida

Las puertas automáticas deberán diseñarse, suministrarse e instalarse para operar de manera continua y segura bajo las condiciones eléctricas disponibles en las estaciones del Sistema, las cuales cuentan típicamente con alimentación trifásica.

El sistema eléctrico de las estaciones corresponde a una red trifásica con un nivel de tensión de 120 V (fase–neutro) o 208 V (fase–fase), a 60 Hz. En este sentido, el contratista deberá garantizar la correcta adaptación de los equipos a estas condiciones de suministro, sin requerir modificaciones a la infraestructura existente que no estén contempladas dentro del alcance del contrato.

4.15.1. Condiciones de alimentación y consumo

Cada puerta deberá operar correctamente en condiciones de bajo voltaje o sobrevoltaje dentro de un rango de 90 a 260 V AC, a 60 Hz, en circuito monofásico y/o bifásico, conforme al diseño propuesto por el contratista.

Como referencia de operación sobre la red existente, la solución deberá garantizar funcionamiento adecuado para tensiones nominales de 120 V o 208 V, con un rango de variación operacional de ±15% respecto a dichos valores.

El consumo energético de cada puerta no deberá superar los 200 watts en condiciones normales de operación.

El contratista deberá definir en su diseño la configuración de conexión (monofásica o bifásica) a partir de la red trifásica existente, asegurando que dicha solución no genere desbalances, sobrecargas ni afectaciones en la calidad del servicio eléctrico de la estación.

4.15.2. Compatibilidad con la infraestructura existente

El contratista deberá revisar el anexo No. 1.3, en el cual se establecen las condiciones de las redes eléctricas de las estaciones. Será responsabilidad del contratista garantizar que los equipos implementados sean plenamente compatibles con dicha infraestructura y cumplan con todas las condiciones técnicas allí definidas, sin requerir adecuaciones adicionales no contempladas en el alcance contractual.

4.16. Límites de ruido permitidos durante el ciclo de apertura y el ciclo de cierre

El contratista deberá garantizar que, durante los ciclos de apertura y cierre, el sistema de motorización y el desplazamiento de las hojas de las puertas no generen un nivel de presión sonora superior a sesenta decibelios (60 dB(A)), medido a un (1) metro de distancia.

El cumplimiento de este requisito deberá demostrarse en la etapa de validación de prototipo, como parte de las actividades de aprobación de diseño y previo al inicio de la fabricación o suministro de los equipos. Para tal efecto, el contratista deberá ejecutar las pruebas correspondientes en condiciones normales de operación, utilizando equipos de medición debidamente calibrados y conforme a procedimientos aceptados de medición acústica.

Los resultados deberán consignarse en el informe de instalación y puesta en funcionamiento de prototipo de puertas que haga parte de la documentación de aprobación del prototipo y que será sometido a revisión y aprobación de la interventoría.

4.17. Requerimientos específicos de las puertas deslizantes de dos (2) hojas

El presente numeral establece las condiciones técnicas mínimas para el suministro, fabricación, adecuación e instalación de puertas automáticas deslizantes de dos (2) hojas, destinadas a su implementación en estaciones del sistema.

4.17.1. Dimensiones, tipología y configuración

Las puertas deberán corresponder a un sistema deslizante de configuración doble, conformado por dos (2) hojas móviles que interactúan con elementos fijos laterales o superficies de cierre existentes, diseñado para operar de manera segura, continua y acorde con las condiciones de servicio del sistema BRT.

Las dimensiones y características tipo son las siguientes:

Ancho de paso libre	: 160 cm con una tolerancia de ± 10 cm.
Altura libre	: 205 cm.
Tipología	: Puerta deslizante doble (dos hojas móviles)
Traslapo entre hojas	: 5 cm ± 2 cm entre cada hoja móvil y los elementos fijos, medido en posición de cierre.

El ancho de paso libre deberá verificarse en condición de apertura total del sistema instalado.

Estas dimensiones corresponden a valores de referencia para el diseño y fabricación del sistema. En todo caso, será responsabilidad del contratista verificar en sitio las condiciones geométricas, constructivas y de instalación en cada estación, y ajustar el diseño, la fabricación y la instalación del sistema de puertas, de manera que la solución propuesta se adapte plenamente a dichas condiciones, bajo su propia responsabilidad.

4.17.2. Condiciones de adaptación a la infraestructura existente

El sistema de puertas deberá diseñarse e instalarse de manera que se adapte completamente a la infraestructura existente, sin requerir modificaciones por parte de la Entidad. En ese sentido:

(a) No se permitirán modificaciones, intervenciones o ajustes sobre elementos estructurales o arquitectónicos existentes.
(b) El contratista deberá considerar, desde la etapa de ingeniería de detalle, las variaciones dimensionales, tolerancias constructivas, interferencias y demás condiciones particulares de cada estación.
(c) El suministro deberá incluir todos los elementos y soluciones necesarias para garantizar la correcta instalación y operación del sistema dentro del espacio disponible, incluyendo sistemas de fijación, guías, mecanismos de deslizamiento y demás componentes requeridos.

4.17.3. Condiciones de excepción al ancho de paso libre

El ancho de paso libre podrá presentar variaciones frente al valor de referencia indicado, dependiendo de las condiciones particulares de cada estación. En particular, dicho ancho estará condicionado por:

(a) La distancia efectiva disponible entre los elementos fijos existentes, que constituye el espacio base para la instalación del sistema de puertas.
(b) La necesidad de garantizar los traslapos mínimos entre cada hoja móvil y los elementos fijos laterales, los cuales hacen parte de la infraestructura existente de la estación. Estos traslapos deberán mantenerse en posición de cierre para asegurar el adecuado sellado, el control de holguras y el correcto funcionamiento del sistema, y deberán ser considerados por el contratista dentro del espacio disponible entre elementos fijos, con el fin de optimizar el ancho de paso libre.
(c) Las limitaciones de espacio para la apertura de las hojas, especialmente cuando la presencia de columnas u otros elementos contiguos restrinja su desplazamiento o impida su alojamiento completo en posición abierta.

En estos casos, el ancho de paso libre efectivo corresponderá al máximo valor técnicamente viable dentro del espacio disponible, determinado a partir de la combinación de las condiciones anteriores. El contratista deberá ajustar su solución para que, en condición de apertura, el sistema de puertas permita alcanzar un ancho de paso libre lo más cercano posible al valor de referencia establecido, sin comprometer la seguridad de los usuarios ni el correcto funcionamiento del sistema.

4.17.4. Configuraciones de apertura

Cuando las condiciones de la estación no permitan el ocultamiento total de las hojas bajo una configuración convencional, el contratista deberá dar aplicación a lo dispuesto en el numeral 0 del presente anexo (Configuración no convencional), incorporando las soluciones allí establecidas, previa validación y aprobación de la Interventoría y sin que ello genere reconocimiento de costos adicionales para la Entidad.

4.17.5. Responsabilidad del contratista

El contratista será responsable del diseño definitivo, suministro e instalación del sistema de puertas, garantizando el cumplimiento de los requisitos aquí establecidos y su adecuada adaptación a las condiciones reales de cada estación.

En consecuencia, deberá asumir todos los costos asociados a ajustes, adaptaciones y soluciones técnicas necesarias para su correcta implementación, sin que haya lugar a reconocimientos adicionales por este concepto.

4.18. Requerimientos específicos de las puertas deslizantes de cuatro (4) hojas

El presente numeral establece las condiciones técnicas mínimas para el suministro, fabricación, adecuación e instalación de puertas automáticas deslizantes de cuatro (4) hojas, destinadas a su implementación en estaciones del sistema.

4.18.1. Dimensiones, tipología y configuración

Las puertas deberán corresponder a un sistema deslizante de configuración cuádruple, conformado por cuatro (4) hojas móviles, diseñado para operar de manera segura, continua y acorde con las condiciones de servicio del sistema BRT.

Las dimensiones y características de referencia son las siguientes:

Ancho de paso libre	: 310 cm con una tolerancia de ± 15 cm.
Altura libre	: 205 cm.
Tipología	: Hoja deslizante cuádruple (Cuatro paneles móviles)
Traslapo entre hojas	: 5 cm ± 2 cm medido entre cada hoja móvil y entre hojas y los elementos fijos (como celosías) en posición de cierre.

El ancho de paso libre deberá verificarse en condición de apertura total del sistema instalado.

Estas dimensiones corresponden a valores de referencia para el diseño y fabricación del sistema. En todo caso, será responsabilidad del contratista verificar en sitio las condiciones geométricas, constructivas y de implantación en cada estación, y ajustar el diseño, la fabricación y la instalación del sistema, de manera que la solución propuesta se adapte plenamente a dichas condiciones, bajo su propia responsabilidad.

4.18.2. Condiciones de adaptación a la infraestructura existente

El contratista deberá garantizar que el diseño, suministro e instalación de las puertas se adapten plenamente a la infraestructura existente, sin requerir modificaciones por parte de la Entidad. En ese sentido:

(a) No se permitirán modificaciones, intervenciones o ajustes sobre elementos estructurales o arquitectónicos existentes.
(b) El contratista deberá prever, desde la etapa de ingeniería de detalle, las variaciones dimensionales, tolerancias constructivas, interferencias físicas y demás condiciones particulares de cada estación.

(c) El suministro deberá incluir todos los elementos y soluciones necesarias para garantizar una correcta instalación y operación del sistema dentro del espacio disponible, incluyendo sistemas de fijación, guías, mecanismos de deslizamiento y demás componentes requeridos.

4.18.3. Condiciones de excepción al ancho de paso libre

El ancho de paso libre podrá presentar variaciones frente al valor de referencia indicado, dependiendo de las condiciones particulares de cada estación. En particular, dicho ancho estará condicionado por:

(a) La distancia efectiva disponible entre los elementos fijos existentes, que constituye el espacio base para la instalación del sistema de puertas.
(b) La necesidad de garantizar los traslapos mínimos entre las hojas móviles, así como entre estas y los elementos fijos laterales. Estos traslapos deberán mantenerse en posición de cierre para asegurar el adecuado funcionamiento del sistema y deberán ser considerados por el contratista dentro del espacio disponible entre elementos fijos, con el fin de optimizar el ancho de paso libre.
(c) Las limitaciones de espacio para la apertura de las hojas, especialmente cuando la presencia de columnas u otros elementos contiguos a los cuerpos fijos restrinja su desplazamiento o impida su ocultamiento total.

En estos casos, el ancho de paso libre efectivo corresponderá al máximo valor técnicamente viable dentro del espacio disponible, determinado a partir de la combinación de las condiciones anteriores. El contratista deberá ajustar su solución para que, en condición de apertura, el sistema de puertas permita alcanzar un ancho de paso libre lo más cercano posible al valor de referencia establecido, sin comprometer la seguridad de los usuarios ni el correcto funcionamiento del sistema.

4.18.4. Responsabilidad del contratista

El contratista será responsable del diseño definitivo, suministro e instalación del sistema de puertas de cuatro (4) hojas, garantizando el cumplimiento de los requisitos aquí establecidos y su adecuada adaptación a las condiciones reales de cada estación.
En consecuencia, deberá asumir todos los costos asociados a ajustes, adaptaciones y soluciones técnicas necesarias para su correcta implementación, sin que haya lugar a reconocimientos adicionales por este concepto.

4.19. Protección de equipos contra polvo y humedad

Los componentes internos de las puertas automáticas tales como la tarjeta controladora, el motor, la fuente de alimentación y demás elementos electrónicos y electromecánicos que el fabricante o el

contratista identifique como críticos, ubicados dentro de la caja de mecanismos o dintel, deberán contar con una protección adecuada frente al ingreso de cuerpos sólidos, polvo y agua.

Dicha protección deberá ser suficiente para garantizar el correcto funcionamiento y la durabilidad de los equipos bajo las condiciones reales de operación de las estaciones, incluyendo la exposición a ambientes polvorientos, humedad y las actividades de limpieza rutinaria e intensiva a las que se somete la infraestructura.

El contratista será responsable de definir y justificar el grado de protección (grado IP) aplicable a cada uno de los componentes, de acuerdo con lo establecido en la normativa vigente. Este grado deberá expresar claramente:

(a) El primer dígito: nivel de protección contra el ingreso de cuerpos sólidos.
(b) El segundo dígito: nivel de protección contra la entrada de líquidos.

En todo caso, para el motor, la tarjeta electrónica de control, la fuente de alimentación y demás componentes electrónicos, se exigirá como mínimo un grado de protección IP55.

4.20. Interruptores de final de carrera o recorrido

Cada puerta deberá estar equipada con interruptores de final de carrera que permitan identificar con precisión la posición de las hojas móviles durante su operación. Estos dispositivos deberán instalarse en ambos lados de las hojas de la puerta (lado derecho e izquierdo).

Estos dispositivos deben garantizar la detección inequívoca de las posiciones extremas del sistema, es decir:

(a) Apertura total, cuando las hojas alcanzan completamente la posición de apertura; y
(b) Cierre total, cuando las hojas llegan a su posición final de cierre.

El sistema de detección deberá disponerse de tal manera que asegure la operación sincronizada de ambas hojas (lado derecho e izquierdo). En consecuencia:

(a) Durante la apertura, ambas hojas deberán alcanzar simultáneamente la posición de apertura total.
(b) Durante el cierre, ambas hojas deberán llegar de forma simultánea a la posición de cierre total.

La solución implementada deberá garantizar una operación confiable, evitando desalineaciones o desfases entre hojas que puedan afectar la seguridad de los usuarios o el correcto funcionamiento de la puerta.

La información correspondiente al estado de apertura o cierre, generada por los interruptores de final de carrera, deberá estar articulada como señal de la interfaz hardware software inteligente de la puerta, de manera que permita su utilización para la supervisión, control e integración con la solución ITS y sistemas relacionados con Sistema Inteligente de Gestión y Monitorización de puertas y Centro de Gestión de la Entidad.

4.21. Botón de apertura local parametrizable

El contratista deberá instalar en cada módulo de puerta un botón pulsador con indicador lumínico de estado. Este botón deberá ubicarse en la caja de mecanismos o en un punto equivalente, de forma que sea claramente visible y accesible para los usuarios que se encuentren únicamente al interior de la estación, garantizando en todo momento que no pueda ser manipulado desde el exterior, en ninguna circunstancia.

La función de este dispositivo será permitir la apertura de la puerta como mecanismo contingente, en aquellos casos en que se presenten fallas en los sistemas de detección asociados. Estas fallas podrán corresponder tanto a la lectura del sistema RFID o sistema de detección sensórica (SISTEMA CONTINGENTE DE DETECCIÓN), según su ámbito de responsabilidad. Al ser accionado, el botón deberá generar una señal de mando que ejecute un ciclo completo de apertura y posterior cierre automático de la puerta, conforme a la lógica operacional configurada en el sistema de control.

El sistema de control del botón deberá cumplir con las siguientes capacidades:

(a) Ser monitoreado de manera remota y continua desde el Centro de Gestión y/o desde la plataforma que defina TRANSMILENIO S.A.
(b) Permitir su configuración, programación, así como su activación o desactivación de manera remota.
(c) Ser programable y parametrizable en cuanto a su lógica de funcionamiento, permitiendo ajustar sus condiciones de operación, activación y desactivación de acuerdo con las necesidades operativas que establezca TRANSMILENIO S.A. Las modificaciones requeridas por la Entidad serán comunicadas al contratista con la debida antelación para su implementación.

En caso de presentarse activaciones repetitivas del botón, el contratista deberá realizar la verificación en sitio y emitir el diagnóstico correspondiente para determinar si el comportamiento corresponde a:

(a) Fallas en la lectura del sistema RFID,
(b) Fallas en los sistemas de detección sensórica u otros subsistemas a su cargo, o
(c) Uso inadecuado por parte de los usuarios.

El resultado de esta revisión deberá ser reportado a la Interventoría o Supervisión del contrato.

(a) Si se identifica que la causa corresponde a fallas en la lectura del sistema RFID, TRANSMILENIO S.A. definirá, coordinará y tomará las acciones necesarias para restablecer la correcta operación del sistema bus–estación o de los componentes involucrados.
(b) Si se identifica que la causa corresponde a fallas en los sistemas de detección sensórica u otros elementos a cargo del contratista, este deberá adelantar las acciones correctivas necesarias para restablecer su funcionamiento, en los términos del contrato.
(c) Si se establece que corresponde a un uso indebido, la Interventoría emitirá el concepto respectivo para que TRANSMILENIO S.A. defina las medidas a adoptar.

4.21.1. Condición de instalación y protección

El botón deberá instalarse con elementos de protección física o en una ubicación que evite su manipulación indebida, especialmente desde el exterior de la estación. Esta condición deberá considerar las características actuales de las estaciones (por ejemplo, fachadas en celosía u otras configuraciones), garantizando en todos los casos que no exista acceso externo al dispositivo.

5. ESPECIFICACIONES ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS Y DE SEGURIDAD

Los elementos complementarios y de seguridad corresponden a dispositivos asociados a la operación de las puertas automáticas deslizantes, cuya función es contribuir a la seguridad de los usuarios, facilitar la operación del sistema y permitir la actuación ante condiciones anormales o de emergencia. Estos elementos deberán estar integrados con los sistemas de control y monitoreo de la puerta cuando aplique y garantizar un funcionamiento confiable durante la operación del sistema.

5.1. Botón de apertura de emergencia de puertas automáticas

5.1.1. Alcance de la obligación

El contratista deberá suministrar, instalar, integrar, probar y dejar en operación un sistema de botón de apertura de emergencia por cada vagón de estación, conforme a lo establecido en el presente anexo, en el anexo No. 1.2 y demás los documentos del proceso.

5.1.2. Ubicación

Los botones de emergencia deberán instalarse en zonas seguras y/o supervisadas dentro de cada vagón de estación. La ubicación exacta será definida y aprobada por la Entidad durante la etapa de suministro e instalación, garantizando condiciones de visibilidad, accesibilidad controlada y seguridad operativa.

5.1.3. Funcionalidad

El botón de emergencia deberá:

(a) Permitir la generación de una orden inmediata de apertura de la totalidad de las puertas automáticas del vagón al cual se encuentra asociado.
(b) Operar exclusivamente en condiciones de emergencia que requieran evacuación de usuarios.
(c) Garantizar la confiabilidad, disponibilidad y respuesta en tiempo real del sistema ante su activación.

5.1.4. Sistema de protección y accionamiento

(a) El dispositivo deberá contar con un sistema de encapsulamiento o protección física que impida su activación accidental, indebida o no autorizada.
(b) Su accionamiento deberá realizarse únicamente mediante la ruptura deliberada del elemento protector (tipo cápsula), cumpliendo con criterios de seguridad industrial y facilidad de uso en emergencias.

5.1.5. Integración tecnológica

(a) La activación del botón de emergencia deberá generar una señal y/o evento que sea integrado al sistema de control de puertas de la estación, permitiendo la ejecución de la orden operativa correspondiente.
(b) Dicho evento deberá ser comunicado a la pasarela inteligente de la estación, garantizando su registro, trazabilidad y disponibilidad para efectos de supervisión y control operativo.
(c) El contratista deberá asegurar que el evento asociado a la activación del botón de emergencia sea consistente e íntegro, y que permita su identificación dentro del sistema de puertas a nivel de vagón.
(d) El contratista deberá definir en el diseño de detalle el mecanismo mediante el cual se generará y enviará dicha información hacia la pasarela inteligente.
(e) La integración del botón de emergencia deberá realizarse como parte de la solución ITS suministrada e instalada por el contratista, de conformidad con lo establecido en el anexo No. 1.2.
(f) De manera adicional, la solución tecnológica deberá contemplar la capacidad de recibir y ejecutar comandos de apertura y/o cierre de puertas generado de forma remota por la Entidad, el cual deberá integrarse al sistema de control de puertas de la estación y operar de forma equivalente al accionamiento del botón de emergencia, garantizando su trazabilidad y registro como evento dentro del sistema.

5.1.6. Mantenimiento y reposición

En caso de activación del botón de emergencia:

(a) El contratista deberá realizar la reposición del elemento de protección (cápsula) y garantizar el restablecimiento total de la funcionalidad del dispositivo.
(b) El tiempo máximo para la reposición física y operativa no podrá exceder veinticuatro (24) horas contadas a partir del evento.

5.1.7. Operación

El uso, activación y gestión del botón de emergencia se regirá por los protocolos definidos por la Entidad. Dichos protocolos podrán ser actualizados durante la ejecución del contrato, y el contratista deberá ajustarse a los mismos sin que ello genere costos adicionales para la Entidad.

5.2. Alarma luminosa – sonora asociada (criterio ponderable)

(a) La implementación de una alarma luminosa - Sonora asociada a la activación del botón de emergencia no constituye una obligación mínima del Contrato, y estará sujeta al ofrecimiento realizado por el contratista en el marco del criterio ponderable definido en los estudios previos del proceso.
(b) En caso de que el contratista oferte este elementos y funcionalidad, la activación del botón de emergencia deberá activar automáticamente una alarma luminosa - sonora en materiales que garanticen su visibilidad desde los costados externos de la estación, con el propósito de advertir a los operadores de los buses troncales y al personal operativo sobre una posible evacuación, emergencia o contingencia operacional.
(c) El contratista que oferte esta funcionalidad deberá incluir la totalidad de los costos asociados a su suministro, instalación, integración, pruebas, puesta en operación y mantenimiento dentro de su propuesta económica.

5.3. Identificación de las puertas automáticas y del rack ITS

Cada puerta automática suministrada e instalada por el contratista, ya sea de dos (2) o cuatro (4) hojas, así como el rack ITS asociado, deberá contar con un código único de identificación. Dicho código deberá cumplir, como mínimo, las siguientes condiciones:

(a) Ser visible físicamente en sitio y resistente a las condiciones ambientales y operativas de la estación.
(b) Permitir la identificación inequívoca de cada puerta automática y del rack ITS asociado.
(c) Estar fijado de manera permanente, de tal forma que no pueda ser retirado o alterado por los usuarios.

(d) Permitir su remoción únicamente por personal técnico autorizado, cuando sea requerida por actividades de mantenimiento, reposición, actualización o reubicación de equipos.

El código de identificación deberá permitir el acceso a la hoja de vida de cada puerta automática y del rack ITS correspondiente mediante la plataforma CMMS implementada por el contratista para la gestión de activos, mantenimiento y seguimiento de los equipos.

La estructura, nomenclatura, codificación y mecanismo de generación de los códigos de identificación deberán ser previamente acordados con la Entidad y la Interventoría, y ajustarse a los lineamientos de codificación definidos para el Proyecto.

La Interventoría podrá solicitar la incorporación de criterios adicionales de identificación, trazabilidad o gestión de la información cuando estos sean necesarios para garantizar la adecuada operación, mantenimiento, seguimiento y administración de los equipos objeto del contrato.

6. DOCUMENTACIÓN DE PRODUCTO SUMINISTRADO Y CERTIFICADOS A ENTREGAR

El contratista deberá elaborar, recopilar, mantener actualizada y entregar toda la documentación técnica, registros, certificados, protocolos, resultados de pruebas y demás evidencias necesarias para demostrar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el presente anexo y demás documentos del proceso.

La documentación y evidencias suministradas deberán permitir a la Interventoría verificar de manera objetiva la conformidad de la solución propuesta con los requisitos técnicos, funcionales, constructivos, operativos, normativos y de desempeño aplicables.

La entrega de documentación, registros, informes, certificados o resultados de pruebas no eximirá al contratista de su responsabilidad de garantizar el cumplimiento integral de las especificaciones establecidas en el presente anexo.

6.1. Documentación de producto suministrado

El contratista deberá suministrar, como parte integral de las obligaciones contractuales, la totalidad de la documentación técnica, operativa y de mantenimiento correspondiente a las puertas automáticas y a la solución ITS asociada, garantizando su completitud, trazabilidad, coherencia técnica y utilidad para la operación y mantenimiento por parte de TRANSMILENIO S.A. Esta documentación deberá ser suficiente para permitir la correcta instalación, puesta en servicio, operación, diagnóstico, mantenimiento y reposición de todos los componentes del sistema.

La documentación elaborada por el contratista deberá entregarse en idioma español. Cuando la documentación emitida por el fabricante original no se encuentre disponible en este idioma, podrá entregarse en idioma inglés.

Como mínimo, sin limitarse a ello, el contratista deberá entregar lo siguiente:

(a) Información técnica del producto. Documentación oficial emitida por el fabricante original que contenga, como mínimo:

(i) Descripción detallada de los materiales utilizados en cada componente del sistema, soportada en las respectivas fichas técnicas oficiales de los componentes, emitidas por sus fabricantes.
(ii) Dimensiones de fabricación de todos los elementos, incluyendo componentes individuales, subconjuntos, perfilería y acabados.
(iii) Especificaciones y detalles técnicos de instalación, incluyendo condiciones requeridas para su adecuado montaje y funcionamiento.

La totalidad de la información descrita en el presente numeral deberá formar parte integral del diseño de detalle entregado por el Contratista.

(b) Planos y diseños del producto. Planos técnicos y de fabricación del producto, emitidos o avalados por el fabricante original, debidamente acotados y expresados en unidades del Sistema Internacional (SI), los cuales deberán permitir la correcta comprensión, fabricación, reposición, suministro e integración de todos los componentes del sistema.

Estos planos deberán entregarse en formato digital editable, incluyendo archivos DWG, DWG 3D, RVT o sus equivalentes, así como en formatos interoperables compatibles para el intercambio de información y modelos tridimensionales (3D). Adicionalmente, la totalidad de los planos deberá suministrarse en formato PDF, garantizando la conservación de la escala, legibilidad, integridad y nivel de detalle necesarios para su consulta, impresión y gestión documental. Como mínimo, deberán incluir:

(i) Elevaciones generales del sistema y por módulo.
(ii) Cortes, detalles constructivos y de ensamble.
(iii) Planos de fabricación de los componentes y subconjuntos, con el nivel de detalle suficiente que permita su producción, sustitución o identificación para adquisición en el mercado.
(iv) Identificación clara, codificada y trazable de todos los componentes, subconjuntos, opciones y accesorios.
(v) Especificación de interfaces físicas y funcionales, incluyendo interacciones con otros sistemas de la estación.

(vi) Versión en formato PDF de todos los planos, esquemas, detalles y modelos representados, debidamente organizados e identificados para consulta documental.
(vii) Modelos tridimensionales (3D) del sistema y sus componentes principales, en formatos interoperables compatibles DWG 3D o RVT.

La totalidad de la información descrita en el presente numeral deberá formar parte integral del diseño de detalle entregado por el Contratista.

(c) Manuales de operación. Manuales emitidos o avalados por el fabricante original, en idioma español, que describan de manera detallada la operación, administración y configuración del sistema. Como mínimo deberán incluir:

(i) Procedimientos de operación normal y segura del sistema.
(ii) Parametrización de funcionalidades, incluyendo instrucciones paso a paso para la configuración y ajuste de parámetros operativos por parte del personal de TRANSMILENIO S.A.
(iii) Protocolos de respuesta ante condiciones anormales, contingencias, degradación del servicio o fallas.
(iv) Procedimientos para la puesta en marcha, reinicio y retorno a operación después de eventos de mantenimiento o contingencia.
(v) Recomendaciones y restricciones operativas definidas por el fabricante.

(d) Manuales de mantenimiento. Documentación técnica que incluya:

(i) Procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo, con sus respectivas frecuencias, herramientas requeridas y niveles de intervención.
(ii) Diagnóstico de fallas y solución de problemas.
(iii) Recomendaciones técnicas del fabricante para la conservación del sistema.
(iv) Especificaciones particulares para el mantenimiento de sistemas complementarios, incluyendo alarmas lumínicas y sonoras, en caso de que estas hayan sido ofrecidas.

(e) Documentación de la solución ITS. Para la solución tecnológica asociada, el contratista deberá entregar:

(i) Manuales de instalación, operación, mantenimiento de todos los sistemas ITS involucrados, incluyendo desarrollos específicos, APIs, interfaces, protocolos de comunicación e integraciones.
(ii) Diseños electrónicos detallados de los componentes de la solución ITS, incluyendo tarjetas, módulos, interfaces hardware/software o dispositivos equivalentes.
(iii) Documentación definida en el numeral 2.8 del anexo técnico de ITS

(iv) Herramientas operativas de hardware y software de la solución integral de ITS del SIGMP y su documentación asociada, que permita a TRANSMILENIO S.A. dar continuidad con el mantenimiento y operación de las puertas automáticas en el futuro.

(f) Diagramas eléctricos y de comunicaciones. El contratista deberá suministrar:

(i) Diagramas eléctricos unifilares y multifilares completos del sistema para cada estación en la cual se instalen los equipos.
(ii) Diagramas de redes de datos y arquitectura de comunicaciones.
(iii) Esquemas de integración entre puertas, sensores y solución ITS, incluyendo el sistema contingente de detección.

Todos los componentes eléctricos deberán cumplir con lo establecido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), en su versión vigente (Libro 2 del RETIE 2024), incluyendo la presentación de los certificados de conformidad de producto y de instalación que apliquen.

Una vez ejecutada la instalación de los equipos, el contratista deberá actualizar los diagramas eléctricos, diagramas de comunicaciones, esquemas de integración y demás documentación técnica asociada para reflejar las condiciones finales de implementación. Esta información deberá incorporarse a la versión final del Diseño de Detalle, constituyendo el registro técnico de referencia de la solución instalada.

(g) Lista de repuestos. Listado integral de partes de reposición, emitido por el fabricante original, que incluya como mínimo: número de parte, nombre técnico, descripción funcional, compatibilidad, referencia y fabricante. En caso de existir repuestos homologados por fabricantes alternativos, se deberá incluir la respectiva relación, debidamente soportada.

(h) Información de soporte y suministro. El contratista deberá proporcionar:

(i) Datos de contacto directo del fabricante (nombre, teléfonos y correos electrónicos) para soporte técnico, mantenimiento especializado y suministro de repuestos originales.
(ii) Listado de proveedores autorizados o locales para la adquisición de partes, incluyendo repuestos homologados.

La totalidad de la documentación deberá ser entregada en medio digital editable y en formatos estándar ampliamente reconocidos, organizada de manera estructurada y debidamente indexada. Su aprobación por parte de la Interventoría será requisito previo para la aceptación de los equipos suministrados.

6.2. Reportes, pruebas y certificados a entregar

Como requisito para la finalización de la Fase I y la puesta en operación del sistema, el contratista deberá entregar los reportes, protocolos de prueba y certificados que acrediten el cumplimiento de las especificaciones técnicas de las puertas automáticas, sus componentes y la solución ITS asociada. Como mínimo deberá presentar:

(a) Reportes de cumplimiento técnico: Reportes certificados que evidencien el cumplimiento de las especificaciones técnicas exigidas, indicando metodología de verificación, resultados y criterios de aceptación.
(b) Protocolos y resultados de pruebas: Protocolos de pruebas de fábrica, laboratorio y/o sitio, incluyendo alcance, procedimientos, instrumentos, condiciones de ensayo y criterios de aceptación. Dichos protocolos deberán ser aprobados previamente por la Interventoría. Se entregarán los reportes de resultados con sus respectivas evidencias y firma del responsable técnico.
(c) Certificados de garantía: Certificados emitidos por el fabricante y/o el contratista para el sistema, componentes principales y solución ITS, indicando cobertura, vigencia y condiciones de aplicación.
(d) Certificaciones normativas: Documentación que demuestre el cumplimiento de la normativa aplicable y del RETIE vigente, incluyendo certificados de conformidad de producto, declaraciones de cumplimiento, dictámenes de inspección cuando apliquen y resultados de pruebas eléctricas. El cumplimiento deberá cubrir la totalidad de la intervención ejecutada y su integración con la infraestructura existente.

Los protocolos de prueba, resultados, mediciones, registros y demás evidencias asociadas a la validación del prototipo, así como a las pruebas de instalación, integración y puesta en funcionamiento ejecutadas sobre la solución implementada en las estaciones, deberán incorporarse en los informes y entregables de la Fase I según corresponda a la etapa de ejecución respectiva, de conformidad con lo establecido en el anexo técnico principal.

Los certificados de garantía y las certificaciones normativas exigidas, incluyendo aquellas relacionadas con el cumplimiento del RETIE y la conformidad de los equipos suministrados, deberán incorporarse a la versión final actualizada del Diseño de Detalle, una vez ejecutada la instalación de los equipos en las estaciones, con el fin de que este constituya el registro integral de la solución efectivamente implementada.

7. CLASIFICACIÓN Y CRITERIOS DE VALIDACIÓN DE LOS REQUISITOS

Con el fin de facilitar la interpretación, trazabilidad, gestión y seguimiento de las especificaciones establecidas en el presente anexo, los requisitos han sido clasificados de acuerdo con su naturaleza.

La clasificación de los requisitos tiene como propósito facilitar el desarrollo del Diseño de Detalle, la planificación y ejecución de las actividades de suministro, instalación, integración, pruebas, puesta en servicio y demás actividades requeridas para la correcta implementación de la solución propuesta por el contratista.

La clasificación establecida en el presente numeral constituye una referencia para la organización, gestión y control de los requisitos durante la ejecución contractual y no limita el alcance ni la responsabilidad del contratista respecto del cumplimiento integral de las especificaciones técnicas, funcionales, constructivas, operativas, normativas y de desempeño establecidas en el presente anexo y demás documentos del proceso.

Para verificar el cumplimiento de los requisitos, la Interventoría podrá aplicar, según corresponda y de manera individual o combinada, actividades de revisión documental, inspección, medición, ensayo, prueba funcional, certificación, validación de prototipos, verificación en fábrica y cualquier otro mecanismo técnico que resulte necesario para evidenciar objetivamente el cumplimiento de las especificaciones establecidas.

Será responsabilidad del contratista ejecutar, documentar y suministrar todas las actividades y evidencias requeridas para demostrar el cumplimiento integral de los requisitos establecidos en el presente anexo, independientemente de que los mecanismos de verificación o validación aplicables se encuentren o no expresamente identificados para cada requisito.

Así mismo, la revisión, observación, aceptación o aprobación por parte de la Interventoría de cualquier documento, diseño, procedimiento, protocolo, resultado de prueba o evidencia de cumplimiento no eximirá al contratista de su responsabilidad de garantizar el cumplimiento integral de la totalidad de los requisitos establecidos en el presente anexo.

7.1. Clasificación de los requisitos

Código	Tipo de requisito	Descripción
RF	Requisito Funcional	Corresponde a funciones, comportamientos, operaciones o capacidades que el sistema debe ejecutar durante su operación. Define lo que el sistema debe hacer.
RNF	Requisito No Funcional	Corresponde a condiciones de desempeño, seguridad, confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, capacidad, protección ambiental, consumo energético, niveles de ruido y demás características que determinan cómo debe operar el sistema.

Código	Tipo de requisito	Descripción
RT	Requisito Técnico	Corresponde a características técnicas verificables de equipos, dispositivos, materiales, componentes, interfaces, sistemas eléctricos, electrónicos, mecánicos y de comunicaciones que conforman la solución.
RC	Requisito Constructivo	Corresponde a condiciones relacionadas con materiales, fabricación, dimensiones, acabados, ensamble, instalación, montaje y demás aspectos constructivos del sistema.

7.2. Aplicación de la clasificación de requisitos

Los requisitos establecidos en el presente anexo han sido clasificados de acuerdo con las categorías definidas en el numeral anterior. La asignación del tipo de requisito tiene un carácter referencial y de trazabilidad, y tiene por objeto facilitar su identificación, gestión, seguimiento y verificación durante el desarrollo del proyecto.

La clasificación asignada no limita el alcance del requisito ni las obligaciones asociadas a su cumplimiento. En aquellos casos en que un requisito presente características propias de más de una categoría, este podrá clasificarse de manera combinada, reflejando las diferentes naturalezas involucradas para efectos de trazabilidad y verificación.

En todos los casos, corresponderá al contratista demostrar el cumplimiento integral del requisito, independientemente de la categoría o categorías bajo las cuales haya sido clasificado, y la Interventoría podrá solicitar y realizar las actividades de verificación que considere necesarias para evidenciar su conformidad.

Numeral	Descripción	Tipo
4.1	Requerimientos generales de las puertas	RF
4.1.1	Configuración no convencional	RF
4.1.2	Condiciones de operación	RNF
4.2	Caja de mecanismos	RT
4.2.1	Generalidades	RT
4.2.2	Acabados y protección	RT
4.2.3	Dimensiones	RC/RT
4.2.4	Protección ambiental	RNF
4.2.5	Accesibilidad al interior de la caja para mantenimiento	RT
4.2.6	Bisagras de la puerta frontal de la caja de mecanismos	RT
4.2.7	Sistema de cierre de la puerta de acceso a la caja de mecanismos	RT

Numeral	Descripción	Tipo
4.3	Estructura de perfiles o marcos	RT
4.3.1	Materiales y fabricación	RT
4.3.2	Acabados	RT
4.3.3	Configuración y dimensiones	RT
4.3.4	Requisitos funcionales de los perfiles	RT
4.3.5	Tolerancias y adaptaciones	RT
4.4	Lámina hoja de la puerta	RT
4.4.1	Materiales y fabricación	RT
4.4.2	Acabados	RT
4.4.3	Configuración y dimensiones	RT
4.4.4	Requisitos funcionales de la lámina	RT
4.5	Guías y rieles de desplazamiento	RT
4.5.1	Configuración general	RT
4.5.2	Riel superior	RT
4.5.3	Riel inferior	RT
4.5.4	Condiciones geométricas e instalación	RC/RT
4.5.5	Elementos de seguridad y accesibilidad	RT
4.5.6	Requisitos de diseño y aprobación	RT
4.5.7	Sistema de autolimpieza	RNF
4.6	Motorización	RT
4.6.1	Requisitos del sistema de motorización	RT
4.6.2	Protección del sistema de motorización	RT
4.6.3	Condiciones de instalación y operación	RNF/RT
4.6.4	Requisitos de diseño y aprobación	RT
4.7	Mecanismo de tracción	RT
4.7.1	Configuración general	RT
4.7.2	Sistema de transmisión mediante correa dentada	RT
4.7.3	Carros deslizantes y elementos de arrastre	RT
4.7.4	Requisitos de desempeño del sistema de tracción	RNF/RT
4.7.5	Requisitos de diseño y selección	RT
4.8	Mecanismo de bloqueo de las hojas	RT
4.8.1	Requisitos generales	RT
4.8.2	Bloqueo por intento de forzamiento	RF
4.8.3	Condición de bloqueo en estado cerrado	RF
4.8.4	Detección de atrapamiento y reversión controlada	RF
4.8.5	Lógica de reintentos de operación	RF
4.8.6	Parámetros configurables	RF

Numeral	Descripción	Tipo
4.8.7	Evidencia de cumplimiento	RT
4.9	Capacidad de autocalibración ante eventos de apertura forzada	RF
4.9.1	Requisitos funcionales	RF
4.9.2	Requisitos de documentación técnica	RT
4.10	Protección antiaplastamiento	RT
4.10.1	Requisito general	RT
4.10.2	Características del material	RT
4.10.3	Configuración e instalación	RT
4.10.4	Sistema de fijación y mantenimiento	RT
4.11	Parámetros operacionales de movimiento	RF
4.11.1	Tiempo de apertura y cierre	RF
4.11.2	Aceleración	RF
4.11.3	Desaceleración	RF
4.11.4	Fuerzas de cierre y retención	RNF
4.12	Señalización auditiva de orientación al usuario	RF
4.13	Señalización luminosa de orientación al usuario	RF
4.13.1	Objeto	RF
4.13.2	Requisitos funcionales del sistema	RF
4.13.3	Configurabilidad	RF
4.13.4	Eventos y alarmas mínimas requeridas	RF
4.13.5	Requisitos de instalación y resistencia	RT
4.14	Mecanismos de alimentación eléctrica de emergencia	RT/RNF
4.14.1	Gestión y monitoreo del sistema de respaldo	RF
4.15	Límites permitidos alimentación eléctrica y potencia consumida	RT/RNF
4.15.1	Condiciones de alimentación y consumo	RT/RNF
4.15.2	Compatibilidad con infraestructura existente	RC/RT
4.16	Límites de ruido permitidos durante el ciclo de apertura y el ciclo de cierre	RNF
4.17	Requisitos específicos puertas dos hojas	RT
4.17.1	Dimensiones, tipología y configuración	RT
4.17.2	Adaptación a infraestructura existente	RC
4.17.3	Excepción ancho paso libre	RC/RT
4.17.4	Configuraciones de apertura	RF
4.17.5	Responsabilidad del contratista	RC
4.18	Requisitos específicos puertas cuatro hojas	RT

Numeral	Descripción	Tipo
4.18.1	Dimensiones, tipología y configuración	RT
4.18.2	Adaptación a infraestructura existente	RC
4.18.3	Excepción ancho paso libre	RC/RT
4.18.4	Responsabilidad del contratista	RC
4.19	Protección contra polvo y humedad	RT/RNF
4.20	Interruptores de final de carrera	RF/RT
4.21	Botón de apertura local parametrizable	RF
4.21.1	Condición de instalación y protección	RC/RT
5.1	Botón de apertura de emergencia	RF/RT
5.1.1	Alcance de la obligación	RT
5.1.2	Ubicación	RC
5.1.3	Funcionalidad	RF
5.1.4	Sistema de protección y accionamiento	RT
5.1.5	Integración tecnológica	RF/RT
5.1.6	Mantenimiento y reposición	RNF/RC
5.1.7	Operación	RF
5.2	Alarma luminosa-sonora asociada	RF/RT
5.3	Identificación de puertas y rack its	RT
6.1	Documentación de producto suministrado	RT
6.2	Reportes, pruebas y certificados a entregar	RT