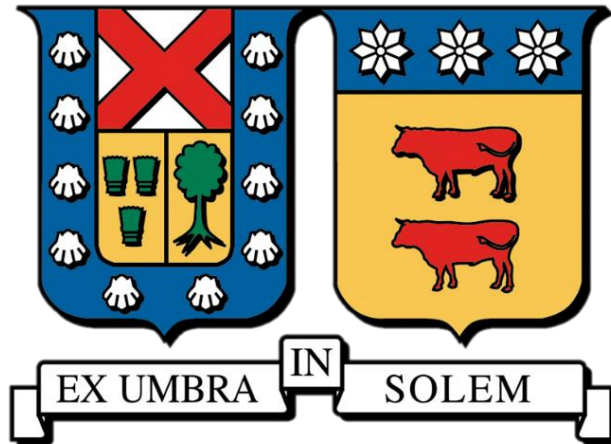


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE AERONÁUTICA

SANTIAGO-CHILE



EVALUACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD E INCLUSIÓN EN AEROPUERTO AMB PARA
PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA, PROPUESTA DE MEJORA TECNOLÓGICA
BASADA EN PRÁCTICAS INTERNACIONALES.

MARTINA ANTONIA JARA LILLO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO(A) EN AVIACIÓN COMERCIAL

PROFESOR GUÍA : SR. LEONARDO LOBOS F.

PROFESOR(A) CORREFERENTE : SRA. CLAUDIA ALVARADO G.

JUNIO 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: EVALUACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD E INCLUSIÓN EN AEROPUERTO AMB PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA, PROPUESTA DE MEJORA TECNOLÓGICA BASADA EN PRÁCTICAS INTERNACIONALES.

Nombre del candidato(a): Martina Antonia Jara Lillo

Carrera / Grado: Ingeniería en Aviación Comercial

Campus: Santiago Vitacura ; **Departamento:** ACA

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Leonardo Ignacio Lobos Flores, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 16/06/2026

; Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 16/06/2026

; Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

El crecimiento del tráfico aéreo en Chile, sumado al incremento en la proporción de personas con discapacidad (17% de la población según (Fernanda et al., 2022.)) y el índice de envejecimiento poblacional (79% según (INE, 2024)), plantea retos significativos en accesibilidad e inclusión para el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB), que durante los primeros meses del 2025 ha recibido críticas por sus limitaciones en la atención a pasajeros con movilidad reducida y el estado de sus sillas de ruedas. Esta problemática impulsó el presente estudio, cuyo objetivo es analizar la situación actual de los servicios destinados a Personas con Movilidad Reducida (PMR) en AMB, teniendo en cuenta factores como el equipamiento, infraestructura, capacitación, y percepción de usuarios, y a partir de eso proponer una mejora tecnológica basada en estándares internacionales y el principio de Diseño Universal que se adapte al contexto chileno.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y mixto, basado en un estudio de caso centrado en el aeropuerto AMB, combinando entrevistas a actores clave y observación directa, encuestas aplicadas a usuarios, y revisión documental. Además, se complementó con un Benchmarking Internacional en aeropuertos líderes como Tokio y Miami, reconocidos por organismos internacionales por su capacitación especializada, estrategias inclusivas e implementación de tecnologías como sillas de ruedas autónomas donde se aplica el uso de IA e IoT, logrando una eficiencia en los procesos.

El estudio se desarrolla en cuatro etapas secuenciales: diagnóstico actual en AMB, análisis comparativo internacional, formulación de dos propuestas tecnológicas de implementación con un análisis técnico y económico, y finalmente la elección de la propuesta óptima que minimice los costos.

Los hallazgos iniciales revelan deficiencias en los protocolos de asistencia, y al mismo tiempo, se identifican oportunidades claras para fortalecer la atención a personas PMR mediante la incorporación de soluciones tecnológicas y mejoras en la gestión operativa.

Las técnicas mencionadas respaldan una propuesta factible y medible, orientada a mejorar la experiencia del pasajero, contribuir a la eficiencia operativa y fortalecer la imagen institucional del aeropuerto, por lo que esta investigación corresponde a un primer paso hacia una infraestructura aeroportuaria nacional más inclusiva e innovadora.

Palabras claves: Diseño Universal, Accesibilidad, Inclusividad, Movilidad Reducida, Aeropuertos, IoT.

ABSTRACT

The growth of air traffic in Chile, coupled with the increase in the proportion of people with disabilities (17% of the population according to (Fernanda et al., n.d.)) and the population aging index (79% according to (INE, 2024)), poses significant challenges in accessibility and inclusion for the Arturo Merino Benítez International Airport (AMB), which during the first months of 2025 has received criticism for its limitations in serving passengers with reduced mobility and the condition of their wheelchairs. This problem prompted the present study, the objective of which is to analyze the current situation of services for People with Reduced Mobility (PRM) at AMB, taking into account factors such as equipment, infrastructure, training, and user perception, and based on that, propose a technological improvement based on international standards and the principle of Universal Design that adapts to the Chilean context.

The research was conducted using a descriptive and mixed-method approach, based on a case study focused on AMB Airport, combining interviews with key stakeholders and direct observation, user surveys, and documentary review. It was also complemented by international benchmarking at leading airports such as Tokyo and Miami, recognized by international organizations for their specialized training, inclusive strategies, and the implementation of technologies such as autonomous wheelchairs that leverage AI and IoT, achieving process efficiency.

The study is carried out in four sequential stages: current diagnosis in AMB, international comparative analysis, formulation of two technological implementation proposals with a technical and economic analysis, and finally the choice of the optimal proposal that minimizes costs.

Initial findings reveal deficiencies in care protocols, while also identifying clear opportunities to strengthen care for people with reduced mobility by incorporating technological solutions and improving operational management.

The aforementioned techniques support a feasible and measurable proposal aimed at improving the passenger experience, contributing to operational efficiency, and strengthening the airport's institutional image. Therefore, this research represents a first step toward a more inclusive and innovative national airport infrastructure.

Keywords: Universal Design, Accessibility, Inclusivity, Reduced Mobility, Airports, IoT.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN_____ 2

ABSTRACT_____ 3

TABLA DE CONTENIDOS _____ 4

INTRODUCCIÓN _____ 7

1. ANTECEDENTES GENERALES _____ 8

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA _____ 8

1.2. OBJETIVOS _____ 9

1.2.1 OBJETIVO GENERAL: _____ 9

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: _____ 9

1.3. METODOLOGÍA _____ 9

1.4. ALCANCE _____ 11

2. ESTADO DEL ARTE_____ 12

2.1. ANTECEDENTES_____ 12

2.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN _____ 12

2.1.2. CASOS DE ÉXITO _____ 13

2.1.3. TECNOLOGÍAS QUE SE HAN UTILIZADO _____ 17

2.2 MARCO TEÓRICO _____ 22

2.2.1. PRINCIPIOS DE DISEÑO UNIVERSAL _____ 23

2.2.2 CONCEPTOS DE ACCESIBILIDAD E INCLUSIÓN _____ 24

2.2.3. NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL _____ 25

2.2.4. BENCHMARKING _____ 27

2.2.5. PROYECCIONES DE SERIES DE TIEMPO _____ 28

2.2.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES _____ 29

2.2.7. INDICADORES DE DIAGNÓSTICO E INDICADORES COMPUESTOS _____ 29

2.3. PROPUESTA METODOLÓGICA _____ 30

3. DESARROLLO _____ 33

3.1. DIAGNÓSTICO EN ARTURO MERINO BENÍTEZ (AMB) _____ 33

3.1.1. REVISIÓN NORMATIVA QUE RIGE A AMB. _____ 33

3.1.2. OBSERVACIÓN DEL TERRENO _____ 36

3.1.3. ENCUESTAS A USUARIOS PMR _____ 39

3.2. BENCHMARKING INTERNACIONAL	43
3.2.1. ANÁLISIS DE AEROPUERTOS INTERNACIONALES	44
3.2.2. REVISIÓN NORMATIVA INTERNACIONAL	47
3.2.3. EVALUACIÓN TECNOLOGÍA SILLAS DE RUEDAS	48
3.3. DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORA	50
3.3.1. JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA	51
3.3.2. PROPUESTA 1: INCORPORACIÓN FOCALIZADA SILLAS AUTÓNOMAS TIPO WHILL	52
3.3.3. PROPUESTA 2: INCORPORACIÓN FOCALIZADA DE SILLAS AUTÓNOMAS DAAV-AIR.	53
3.3.4. EVALUACIÓN TÉCNICA PROPUESTA 1	54
3.3.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA PROPUESTA 1	60
3.3.6. EVALUACIÓN TÉCNICA PROPUESTA 2	72
3.3.7. EVALUACIÓN ECONÓMICA PROPUESTA 2.	75
4. ELECCIÓN DE PROPUESTA	81
CONCLUSIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	89
Anexo 1: Encuesta de Accesibilidad a usuarios PMR en el Aeropuerto AMB.	89
Anexo 2: Tabla de distribución Normal.	90
Anexo 3: Planos terminales T1 y T2 aeropuerto AMB.	91

TABLA DE CONTENIDOS DE TABLAS

Tabla 2.1: Beneficios que otorga a los aeropuertos la Acreditación AEA de ACI.	15
Tabla 2.2: Detalle de niveles de Acreditación AEA de ACI.	16
Tabla 3.1: Matriz de cumplimiento normativo de Aeropuerto AMB.	34
Tabla 3.2: Matriz de cumplimiento normativo del Aeropuerto AMB.	35
Tabla 3.3: Criterios de observación en Aeropuerto AMB.	37
Tabla 3.4: Matriz de cumplimiento observacional de Aeropuerto AMB.	38
Tabla 3.5: Resultados de encuestas aplicadas a usuarios PMR en AMB (2025).	41
Tabla 3.6: Matriz comparativa entre Aeropuertos de referencia y AMB (2025).	46
Tabla 3.7: Datos plano de Aeropuerto AMB.	55

Tabla 3.8: Datos específicos de modelo C-2 WHILL.....	56
Tabla 3.9: Cálculo de número de sillas a implementar en AMB.	62
Tabla 3.10: Cálculo Inversión Inicial Propuesta 1.	62
Tabla 3.11: Cálculo de crecimiento anual compuesto años 2022 y 2023.	64
Tabla 3.12: Proyección demanda PMR y sillas requeridas en AMB de 2024 a 2029.	65
Tabla 3.13: Depreciación del activo propuesta 1.....	66
Tabla 3.14: Cálculo energía sillas WHILL.....	68
Tabla 3.15: Cálculo consumo anual sillas WHILL.	68
Tabla 3.16: Costo anual de mantener sillas WHILL en AMB.	68
Tabla 3.17: Cálculo costo de reposición de batería WHILL.	70
Tabla 3.18: Cálculo de costos operacionales anuales de propuesta 1.	70
Tabla 3.19: Datos técnicos silla autónoma DAAV-Air.....	73
Tabla 3.20: Cálculo de inversión inicial de Propuesta 2.	77
Tabla 3.21: Depreciación del activo propuesta 2.....	78
Tabla 3.22: Costo anual de mantener sillas DAAV-Air en AMB.....	79
Tabla 3.23: Cálculo de costos operacionales anuales de propuesta 2.	80

TABLA DE CONTENIDOS DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1: Resumen ilustrativo de la metodología de la investigación.	11
Ilustración 2.1: Silla autónoma WHILL.	14
Ilustración 2.2: Silla autónoma WHILL en Aeropuerto de Tokio.....	15
Ilustración 2.3: Premios Skytrax a Tokio Haneda en año 2025.....	17
Ilustración 2.4: Funcionamiento tecnología IoT y Beacon.	19
Ilustración 2.5: Metodología de implementación sillas de ruedas autónomas.....	22
Ilustración 2.6: Características de un diseño universal.	24
Ilustración 2.7: Elementos claves de la Estrategia de la ONU para la inclusión de la discapacidad.	27
Ilustración 2.8: Propuesta Metodológica a desarrollar.....	32
Ilustración 3.1: Silla autónoma DAAV-Air en Aeropuerto de Zúrich.	50
Ilustración 3.2: Lay-out terminal 1 AMB.....	59
Ilustración 3.3: Lay-out terminal 2 AMB.....	59
Ilustración 3.4: Gráfico de proyección de demanda y sillas requeridas en AMB entre 2024-2029.	65
Ilustración 3.5: Flujo de caja Propuesta 1.	71
Ilustración 3.6: Flujo de caja Propuesta 2.	80

INTRODUCCIÓN

La inclusión y la accesibilidad son derechos fundamentales, por lo que es responsabilidad de cada individuo eliminar los obstáculos y barreras para garantizar el correcto desplazamiento, seguridad, autonomía, e igualdad para todas las personas, y en especial para aquellas con movilidad reducida o cualquier tipo de discapacidad.

Según el III Estudio Nacional de Discapacidad (2022), realizado por SENADIS (Servicio Nacional de la Discapacidad) en Chile un 17% de las personas de dos años en adelante presentan discapacidad y se espera que este número aumente a lo largo de los años (Fernanda et al., 2022). Además, el Censo realizado el año 2024 en el país, arroja que existe un índice de envejecimiento del 79%, lo que indica que la población está envejeciendo y existe menos población joven (INE, 2024). Sumado a esto, en el sector aeroportuario, el número de pasajeros a nivel mundial se espera que alcance los 5.200 millones en 2025, lo que se traduce en un aumento del 6,7% respecto a 2024 (International Air Transport Association (IATA, 2025).

Durante los primeros 5 meses del 2025, surgieron reclamos y críticas respecto al servicio de asistencia para personas con movilidad reducida (PMR) y a la infraestructura del Aeropuerto Arturo Merino Benítez (AMB), poniendo énfasis en falencias existentes. Esto implica repercusiones en la satisfacción del pasajero, y, en consecuencia, en el desempeño del aeropuerto, a nivel económico y reputacional, lo cual es una problemática latente.

Debido al incremento en el tráfico de pasajeros y al dilema mencionado, la gestión aeroportuaria de AMB tiene el desafío y compromiso de optimizar e innovar sus procesos y tiempos de espera, por lo que tener una infraestructura apta en términos de accesibilidad, reduce retrasos y obstáculos en las operaciones (López Lázaro et al., 2018).

Los aeropuertos del país han contribuido e implementado prácticas que son de ayuda para personas con discapacidad y/o PMR, sin embargo, es vital seguir técnicas innovadoras para así fomentar el transporte aéreo y mantener la competitividad en Sudamérica.

Países como Miami y Tokio, incluyen innovaciones tecnológicas especializadas en servicios de asistencia, en ambos casos, se ha implementado tecnología IoT e Inteligencia Artificial para la automatización de las sillas de ruedas con el fin de optimizar y agilizar el desplazamiento (Coleman & Sreeharsha, 2024).

Estas prácticas son una muestra de compromiso de dichos países en este ámbito, y Chile debe evaluar en profundidad oportunidades de desarrollo y automatización para así lograr infraestructuras aeroportuarias adaptadas, equitativas, y eficientes.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Medios de comunicación chilenos tanto tradicionales como digitales, durante el mes de marzo y mayo del 2025, han evidenciado una problemática que se ha hecho presente en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (SCL). Dichos reportes han indicado posibles falencias en cuanto a la accesibilidad e inclusión del recinto, apuntando directamente al mal estado en que se encuentran las sillas de ruedas y a la capacitación del personal, esto a través de denuncias de diferentes personas. A raíz de esto, la concesionaria Nuevo Pudahuel se comprometió a evaluar la situación y a analizar prácticas de mejora para llevar a cabo en un futuro próximo (El Reporte Diario, 2025). Lo anterior, no sólo afecta a la imagen del aeropuerto, sino que además implica una repercusión a nivel país, debido a que los aeropuertos son la primera impresión de un turista nacional y/o internacional.

Según la IATA, el tráfico aéreo postpandemia (2022 en adelante) ha retomado su incremento continuo y significativo, planteando que en el año 2025 se espera que exista un aumento del 6,7% del tráfico de pasajeros respecto a 2024 a nivel mundial, alcanzando los 5.200 millones (IATA, 2025). En Chile, más de 28 millones de pasajeros fueron transportados en el año 2024 (Junta de Aeronáutica Civil (JAC), 2024). Tal incremento, evidencia el inevitable desarrollo y adaptabilidad a la que se deben someter las infraestructuras aeroportuarias.

En el año 2022, el Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADIS) llevó a cabo el III Estudio Nacional de Discapacidad, indicando que en Chile un 17% de las personas de dos años en adelante presenta discapacidad. Sumado a esto, el Censo de 2024 realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), arrojó que en el país existe un índice de envejecimiento del 79%, es decir, que por cada 100 personas menores de 15 años existen 79 personas mayores a 65 años, lo cual se traduce en una tasa de crecimiento acelerada (INE, 2024).

Lo anterior, son grupos de personas y datos que no pueden ser ignorados, y es una misión como sociedad eliminar cualquier tipo de desigualdad, barrera, o discriminación en la mayor parte de las infraestructuras (Fernanda et al., n.d.).

Si bien, se verá que Nuevo Pudahuel presenta prácticas inclusivas en el aeropuerto, la retroalimentación de los usuarios dice lo contrario, por lo que se evaluarán las prácticas de accesibilidad que se aplican en la actualidad en el Aeropuerto AMB teniendo en cuenta que es el principal aeropuerto del país, donde en el año 2024 transportó más de 25 millones de pasajeros, siendo este su máximo histórico (JAC, 2024).

Posteriormente, se analizarán los mismos criterios en aeropuertos internacionales que han llevado a cabo prácticas innovadoras en cuanto a tecnologías y automatización de procesos, como el Aeropuerto Internacional Tokio Haneda y el Aeropuerto Internacional de Miami.

Todo con la finalidad de identificar prácticas actuales y falencias en AMB, reconociendo a su vez novedades internacionales, para así desarrollar una propuesta de mejora tecnológica en Chile. Esto permitirá aportar un análisis cualitativo y cuantitativo a la problemática planteada, que beneficiará tanto a las personas con discapacidad y/o movilidad reducida, como a la gestión y eficiencia aeroportuaria.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL:

- Desarrollar una propuesta de mejora para la inclusión y accesibilidad de personas con movilidad reducida en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez, incorporando tecnologías como Inteligencia Artificial e IoT, mediante un análisis comparativo con prácticas internacionales exitosas.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar a los actores clave, normativas vigentes y brechas tecnológicas que existen en la accesibilidad aeroportuaria de AMB.
- Analizar las prácticas tecnológicas de inclusión y accesibilidad implementadas en aeropuertos internacionales de referencia.
- Evaluar la infraestructura, equipamiento, y procesos actuales del aeropuerto AMB mediante análisis de datos y percepción de los usuarios.
- Desarrollar alternativas de mejora tecnológica orientadas al servicio de asistencia para personas con movilidad reducida, considerando criterios técnicos y económicos aplicables al contexto aeroportuario nacional.
- Proponer una mejora tecnológica viable, adaptada al contexto chileno, que contribuya a fortalecer la accesibilidad, inclusión, y eficiencia del servicio PMR en el aeropuerto AMB.

1.3. METODOLOGÍA

La presente investigación está orientada a proponer una mejora tecnológica en el desplazamiento de personas con movilidad reducida dentro del aeropuerto, especificando las prácticas de accesibilidad e inclusión que se aplican actualmente para personas con

movilidad reducida (PMR) en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB), el cual fue elegido previamente en base a criterios como el flujo de pasajeros anuales y al tamaño de su infraestructura en el contexto chileno. Y a su vez, analizar aeropuertos internacionales como el Aeropuerto Internacional Tokio Haneda y el Aeropuerto Internacional de Miami, elegidos en base a la tecnología que cuentan en sus sillas de ruedas disponibles, con el fin de realizar un Benchmarking Internacional.

Dichos aeropuertos, se seleccionaron no solo por las características mencionadas, sino porque además cuentan con el respaldo de reconocimientos oficiales por parte de organismos internacionales, lo que los posiciona como referentes legítimos para la realización de un Benchmarking con AMB.

Se utiliza un diseño metodológico basado en un estudio de caso, ya que se enfoca en un aeropuerto representativo de Chile, evaluándolo en profundidad en materia de discapacidad, para posteriormente compararlo con las mejores prácticas que emplean los Aeropuertos de Tokio y Miami para personas PMR.

Para evaluar el contexto actual de Chile y construir luego el plan de mejora, se emplean técnicas como la identificación de partes interesadas o stakeholders relacionadas con la discapacidad (SENADIS y TELETÓN), la entidad reguladora aeronáutica (DGAC), y empresas que intervengan en el proceso (Nuevo Pudahuel).

Para la recolección de datos, se realizan técnicas como entrevistas a personas que se cuenten con movilidad reducida y/o discapacidad en las instituciones mencionadas, al igual que a trabajadores de AMB con respecto a las capacitaciones brindadas actualmente con respecto a este ámbito.

A su vez, se efectúa la observación de las operaciones en las instalaciones de AMB evaluando las variables mencionadas, e identificar factores que han llevado a críticas y reclamos al respecto, donde paralelamente, se realizan encuestas a personas con movilidad reducida y su experiencia dentro del aeropuerto, para analizar la percepción que tienen respecto al servicio, la infraestructura, y equipos brindados.

La elección del enfoque descriptivo y el estudio de caso se justifica para obtener finalmente una visión global de las mejores prácticas internacionales en términos de capacitación y tecnologías de automatización empleadas, y analizar la posibilidad de una implementación en Chile mediante una propuesta de mejora, alineándose con la normativa vigente.

Para poder contar con un progreso en los procesos e identificar áreas de potenciales innovaciones del Aeropuerto Arturo Merino Benítez (AMB) en accesibilidad e inclusión para las personas PMR, se utilizarán herramientas de análisis como el Benchmarking, el cual facilita la comparación entre los aeropuertos internacionales mencionados (Tokio y Miami) y AMB.

Finalmente, para la formulación de la propuesta de mejora, esta se someterá a una evaluación técnica y económica, utilizando herramientas como proyecciones, flujos de caja, e indicadores.

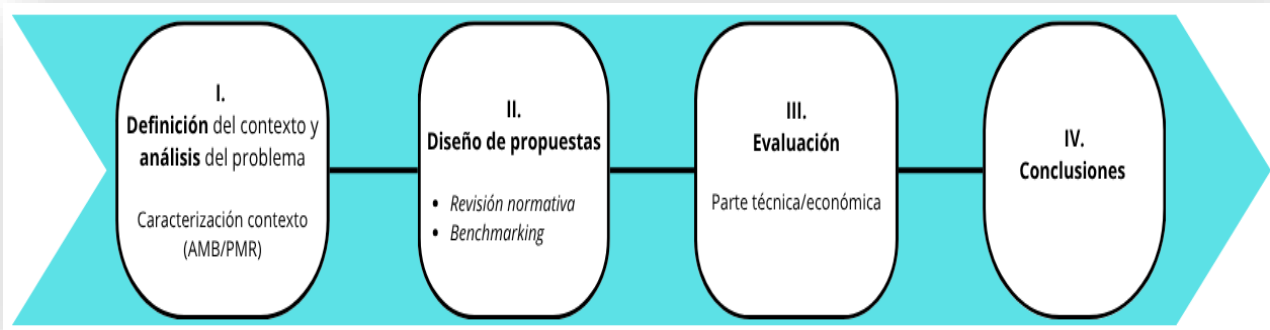


Ilustración 1.1: Resumen ilustrativo de la metodología de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

1.4. ALCANCE

El alcance de esta investigación es del tipo descriptivo, donde se evalúa la accesibilidad e inclusión en un aeropuerto representativo de Chile, en este caso, Arturo Merino Benítez (AMB), identificando las prácticas existentes que se llevan a cabo para personas PMR, la disponibilidad y el estado de las sillas de ruedas e infraestructura, las brechas tecnológicas en dicha materia, las capacitaciones otorgadas a los trabajadores del aeropuerto, y stakeholders que participan en esta temática. Posteriormente, se analizarán las operaciones que se llevan a cabo actualmente en el Aeropuerto de Miami y Tokio respectivamente, con el fin de recoger información de sus procesos de automatización y tecnología empleada, y finalmente desarrollar una propuesta de mejora e implementación para Chile.

El estudio recopilará información del año 2024 y 2025 sobre factores como tecnologías u estado en las sillas de ruedas, capacitación del personal aeroportuario, y certificaciones, para así obtener datos precisos y desarrollar la propuesta para el contexto chileno, la investigación tomará lugar en los tres aeropuertos mencionados.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. ANTECEDENTES

Para abordar la problemática de Accesibilidad e Inclusión en el Aeropuerto Arturo Merino Benítez (AMB), esta sección presenta una revisión de antecedentes organizada en tres ejes principales.

En primer lugar, se caracteriza a la organización (aeropuerto AMB), destacando su importancia dentro del sistema aeroportuario chileno y los desafíos que presenta en accesibilidad.

Luego, se examinan experiencias internacionales con prácticas ejemplares en términos de inclusión, capacitación, y uso de tecnologías de asistencia, como lo son el Aeropuerto de Miami (Estados Unidos) y el Aeropuerto de Tokio Haneda (Japón), evidenciando los programas de certificación que presentan en dicho ámbito que valide lo anterior.

Por último, se describen herramientas tecnológicas y las metodologías utilizadas en dichos procesos, los cuales servirán de referencia para elaborar una propuesta de mejora adaptada al contexto nacional.

2.1.1. DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

El Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (SCL), ubicado en Santiago de Chile, es el principal terminal aéreo del país y está administrado por la concesionaria Nuevo Pudahuel. Como parte del sistema aeroportuario nacional, cumple un rol fundamental en la conectividad tanto doméstica como internacional, es por ello que cuenta con dos terminales, el T1 destinado a vuelos nacionales y el T2 para vuelos internacionales. Como se mencionó anteriormente, en los últimos años, el aeropuerto ha experimentado un crecimiento sostenido en el tráfico de pasajeros, alcanzando un récord histórico de más de 25 millones de pasajeros transportados en 2024 (JAC, 2024).

En el año 2025 surgieron reclamos y denuncias que han evidenciado deficiencias en AMB, particularmente en la capacitación del personal, el estado de las sillas de ruedas disponibles, y la falta de tecnologías adaptadas para mejorar la accesibilidad (El Reporte Diario, 2025).

En 2023, debido a la realización de los Juegos Panamericanos en el país, renovaron equipos de asistencia, incorporando 350 nuevas sillas de ruedas para facilitar el traslado de pasajeros dentro del aeropuerto (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2023).

Además, cuentan con un programa “Aeropuerto Para Todos/as”, que busca optimizar la infraestructura y los servicios de accesibilidad, con asesoría del Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADIS) y la Fundación Teletón (Nuevo Pudahuel, 2024).

Sin embargo, la IATA ha mostrado su preocupación debido a que, a partir de julio de 2025, la concesionaria Nuevo Pudahuel dejará de gestionar el traslado de pasajeros con movilidad reducida entre la puerta de embarque y el avión, delegando esta responsabilidad a las aerolíneas, lo que puede traducirse en un posible impacto en la calidad del servicio (IATA, 2025).

Cabe destacar que el aeropuerto AMB, no presenta certificaciones o reconocimientos internacionales en cuanto a accesibilidad, por lo tanto, las prácticas anteriores, son temas que considerar para la presente investigación y la posterior propuesta de mejora a realizar.

2.1.2. CASOS DE ÉXITO

Los aeropuertos de Miami (MIA) y Tokio Haneda (HND) fueron seleccionados como referentes debido a su liderazgo en accesibilidad e inclusión, respaldado por iniciativas concretas, reconocimientos, y certificaciones internacionales que los posicionan como modelos válidos para comparar con el Aeropuerto Arturo Merino Benítez de Santiago, que cabe destacar, no cuenta con reconocimientos internacionales en términos de accesibilidad.

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE MIAMI (MIA)

El Aeropuerto Internacional de Miami (MIA), opera conforme a la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (ADA) y el Título VI (Ley Para Personas Con Discapacidad (ADA), 1990), integrando capacitaciones dentro de sus procesos anuales. Estas formaciones involucran a miembros del personal aeroportuario, aerolíneas y contratistas, garantizando el cumplimiento de estándares de accesibilidad.

Entre sus iniciativas se incluyen programas de concienciación sobre discapacidades visibles e invisibles, asegurando que el personal esté preparado para reconocer y atender diversas necesidades sin generar discriminación, e implementa el Programa “Sunflower Lanyard”, que capacita a los empleados para identificar y brindar asistencia discreta a viajeros con condiciones como autismo, ansiedad o trastorno de estrés postraumático.

Además, el aeropuerto cuenta con “myMIAccess” una plataforma especializada que gestiona servicios de accesibilidad, asistencia y resolución de quejas, contando con un equipo capacitado para atender las necesidades de los pasajeros.

Otro programa crucial es “MIAair”, que ofrece simulaciones prácticas para pasajeros con distintas discapacidades, cubriendo desde el proceso de registro hasta el embarque. Estas actividades también incluyen capacitación en terreno para el personal de aerolíneas, la Administración de Seguridad en el Transporte (TSA) y otros operadores aeroportuarios, fortaleciendo su capacidad de atención y apoyo a pasajeros con necesidades especiales.

Desde diciembre de 2023, se convirtió en el pionero en Estados Unidos en la adopción de sillas de ruedas autónomas. Esta iniciativa, fue desarrollada en colaboración con WHILL Mobility Services y Envoy Air, filial de American Airlines, y tiene como objetivo proporcionar mayor autonomía y eficiencia a pasajeros con movilidad reducida, especialmente en periodos de alta demanda de asistencia. Actualmente operan con 10 sillas autónomas WHILL (WHILL, 2023).



Ilustración 2.1: Silla autónoma WHILL.

Fuente: Extraído de WHILL, (2023).

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOKIO HANEDA (HND)

Para profundizar sobre la innovación de las sillas de ruedas autónomas WHILL, se debe analizar donde se implementó esta tecnología en un inicio, en el Aeropuerto Internacional de Tokio Haneda (HND).

Al conocerse este equipo en el mercado, en 2019, surge la iniciativa de integrar WHILL en Haneda, cuando Japan Airlines (JAL) y Japan Airport Terminal Co. (JAT) anunciaron pruebas de sillas eléctricas autoguiadas dentro del aeropuerto. El objetivo era permitir que los pasajeros PMR seleccionaran su destino y se desplazaran de forma autónoma, sin necesidad de personal permanente, optimizando así los tiempos de espera y recursos humanos (Haneda Airport, 2020).

En 2020 con la llegada del COVID-19, Haneda decidió escalar el proyecto piloto a un sistema operativo permanente en sus Terminales 1 y 2, por consecuencia a que debían responder a la necesidad de reforzar el distanciamiento físico y mejorar el flujo de pasajeros PMR. El sistema se caracterizó por rutas predefinidas, puntos de recogida designados y retorno automático de los vehículos, todo bajo supervisión del personal del terminal.

En 2025, WHILL anunció la expansión del servicio al Terminal 3, donde esta ampliación se alinea al marco del programa Haneda Robotics Lab, que evalúa e integra tecnologías de asistencia en entornos reales de operación aeroportuaria.



Ilustración 2.2: Silla autónoma WHILL en Aeropuerto de Tokio.

Fuente: Extraído de (Haneda Airport, 2020).

ACREDITACIÓN DE AEROPUERTOS

La Airports Council International (ACI), es la organización global que representa a los aeropuertos, promoviendo mejores prácticas en seguridad, eficiencia, sostenibilidad y calidad de la experiencia del pasajero. Entre sus principales programas destacan el Airport Service Quality (ASQ), que evalúa la satisfacción de los viajeros a través de encuestas internacionales, y la Accessibility Enhancement Accreditation (**AEA**), una certificación que permite a los aeropuertos analizar, mejorar y fortalecer su compromiso con la accesibilidad inclusiva (Airports Council International (ACI), 2025).

En junio de 2023, el Aeropuerto Internacional de Miami (MIA) obtuvo la acreditación ACI AEA en nivel 3, destacándose como un referente en accesibilidad en Estados Unidos. Fue el primer aeropuerto de Florida y el segundo a nivel nacional en alcanzar esta distinción, otorgada por ACI en reconocimiento a sus avances en accesibilidad aeroportuaria.

Cabe destacar que, en marzo de 2024, el Aeropuerto Internacional El Dorado de Bogotá ha sido reconocido por ACI por su dedicación a la accesibilidad y la experiencia del pasajero, y alcanzó el nivel 3 en la certificación de accesibilidad AEA, convirtiéndose en el primer aeropuerto de Sudamérica en lograr este reconocimiento.

El Aeropuerto de Miami (MIA) ha demostrado que la accesibilidad requiere una combinación de infraestructura, tecnología, capacitación y cultura organizacional para asegurar un viaje seguro y digno para todos. Los reconocimientos de ACI validan sus avances y los consolida como líderes en aviación inclusiva a nivel internacional.

ACREDITACIÓN	BENEFICIOS
AEA	Mejora experiencia de pasajeros con discapacidad
	Promoción cultura inclusiva
	Incorporación de concepto de diseño universal, ONU, regulaciones nacionales
	Aplicación de mejores prácticas globales
	Proporciona acceso a recursos

Tabla 2.1: Beneficios que otorga a los aeropuertos la Acreditación AEA de ACI.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Airports Council International, (2025).

NIVEL	DETALLE
1	- Compromiso corporativo de aeropuerto, con servicios de accesibilidad a través de su estrategia, política, e implementaciones iniciales. - Servicios PMR.
2	- Aeropuerto prioriza accesibilidad mediante un plan de accesibilidad, orientado a la capacitación y gobernanza. - Ofrece servicios para distintas discapacidades. - Mejora experiencia del pasajero mediante el Diseño Universal o Accesibilidad Digital.
3	- Compromiso aeropuerto y sus socios con accesibilidad. - Apunta a la mejora continua de una experiencia de viaje fluida a partir de la Innovación, Accesibilidad Digital, Diseño Universal, cultura inclusiva. - Todo tipo de discapacidades.

Tabla 2.2: Detalle de niveles de Acreditación AEA de ACI.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Airports Council International, (2025).

En adición, en 1999 se fundó Skytrax, la organización de calificación del transporte aéreo internacional que se enfoca en cuestiones de calidad que afectan el sector del transporte aéreo, y de premiar a aerolíneas y aeropuertos de todo el mundo por sus servicios.

Los Skytrax World Airport Awards, son un referente global de excelencia, ya que son encuestas globales de satisfacción de los clientes en los aeropuertos, lo cual brinda una mirada objetiva e imparcial (Skytrax, 2025a).

En el año 2025, el Aeropuerto Internacional de Tokio Haneda, recibió premios en cuatro categorías; el 1º lugar en “Mejores instalaciones accesibles y para Movilidad Reducida (PMR)”, destacando sus servicios de sillas de ruedas, áreas de recogida y descenso dentro del terminal, puntos de asistencia, plan de cordones Sunflower, entre otras, posicionándose como un referente en el mercado asiático y mundial (Skytrax, 2025b), el 1º mejor aeropuerto doméstico de Japón, el 1º más limpio en términos de orden y mantenimiento, y el 3º mejor aeropuerto del mundo (Japan Airport Terminal Co. & Tokyo International Air Terminal Corporation, 2025).



Ilustración 2.3: Premios Skytrax a Tokio Haneda en año 2025.

Fuente: Extraído de Japan Airport Terminal Co. & Tokyo International Air Terminal Corporation, (2025).

2.1.3. TECNOLOGÍAS QUE SE HAN UTILIZADO

INTERNET OF THINGS (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) representa un enfoque de interconexión de dispositivos cotidianos a través de internet, se utilizan sensores que obtienen datos del dispositivo que son identificados, monitoreados y conectados a plataformas digitales con el fin de obtener información útil y que indique el estado de las cosas y de esa forma respaldar decisiones operativas, contribuyendo a optimizar los procesos, y a la eficiencia energética (Villamil et al., 2020).

En el entorno aeroportuario, especialmente en la atención a Personas con Movilidad Reducida (PMR), esta tecnología posibilita una transición desde una gestión reactiva hacia un modelo fundamentado en datos: permite registrar eventos en tiempo casi real, prever puntos críticos, asignar recursos de forma eficiente y aplicar medidas correctivas con mayor exactitud. El objetivo no es sólo interconectar dispositivos, sino cerrar el ciclo de medición, análisis y acción sobre variables clave para la accesibilidad, tales como la disponibilidad de sillas de ruedas, el estado operativo de los puntos de asistencia, la trazabilidad de rutas accesibles y la demanda segmentada por horarios.

Desde una perspectiva funcional, una solución basada en IoT para la gestión de PRM se compone de múltiples niveles. En el **nivel operativo o periférico** se despliegan dispositivos como sensores de movimiento e impacto, sistemas de identificación (QR y RFID) y balizas Bluetooth de bajo consumo. La **transmisión de datos** se realiza mediante tecnologías como BLE (Bluetooth Low Energy), Wi-Fi o Ethernet, utilizando protocolos de mensajería livianos, como MQTT (Transporte de Telemetría de colas de Mensajes), para enviar la telemetría a una plataforma centralizada. En la **plataforma**, los datos se estandarizan y se almacenan en bases de series temporales, a partir de este paso, se definen reglas operativas (con umbrales y alertas), se habilitan tableros de monitoreo para centros de control, y se

desarrollan APIs (Interfaces de Programación de Aplicaciones) que permiten la integración con sistemas ya existentes: el gestor PRM (para asignación de servicios y cumplimiento de SLA (Acuerdo de nivel de Servicio)), el sistema BMS (Sistema de Gestión de Edificios) /SCADA (Control de supervisión y adquisición de datos) para supervisión de ascensores, accesos y energía, el CMMS (Sistema de Gestión de Mantenimiento Computarizado) de mantenimiento, y el FIDS (Sistema de visualización de información de vuelo) de información de vuelos.

La tecnología **Beacon** desempeña una función clave y altamente eficiente en entornos interiores, un Beacon es una baliza basada en Bluetooth Low Energy (BLE) que transmite, a intervalos definidos, un identificador anónimo. No recibe información, únicamente emite señales, donde dispositivos cotidianos receptores, como smartphones autorizados o Gateways (Puertas de enlace) BLE instalados en la infraestructura captan estas señales y registran el identificador, la intensidad de la señal (RSSI) y la hora de detección.

A partir de múltiples lecturas, la plataforma puede inferir presencia y cercanía por zonas, o bien calcular ubicaciones con una precisión promedio de entre 2 y 5 metros en áreas previamente calibradas, utilizando técnicas como trilateración (geometría de triángulos) o fingerprinting. Esta solución es útil para la mayoría de las decisiones operativas relevantes, por ejemplo, identificar la silla de ruedas más próxima a un punto de asistencia PRM, detectar inactividad prolongada de un dispositivo o mapear zonas de alta demanda, todo ello con un costo de implementación y mantenimiento relativamente bajo.

La operación diaria mejora de forma concreta gracias al IoT. Primero, se logra seguimiento en tiempo real de las sillas de ruedas, ya que cada una lleva un Beacon que permite visualizar su ubicación u estado (activa, disponible o en mantenimiento) y uso acumulado, lo que facilita el mantenimiento según condición. Segundo, se monitorean los puntos de asistencia PRM, al analizar las señales recibidas, el sistema estima filas y tiempos de espera, permitiendo ajustar el personal en momentos de alta demanda. Tercero, se agiliza el despacho, el sistema asigna la silla más cercana al usuario, reduciendo los tiempos de respuesta.

Desde el enfoque de gestión, la plataforma proporciona indicadores clave (KPIs) que facilitan el control operativo y la mejora continua. Entre ellos se incluyen; tiempos de respuesta (desde la solicitud hasta el primer contacto del agente), promedios y picos de espera por franja horaria, porcentaje de servicios cumplidos dentro del SLA y causas de demoras, niveles de uso por silla (horas diarias y rotación), eventos asociados a inmovilidad o impactos, y métricas de confiabilidad de la infraestructura vinculadas a accesibilidad, como MTBF (Mean time before failure) o MTTR (Mean time to repair).

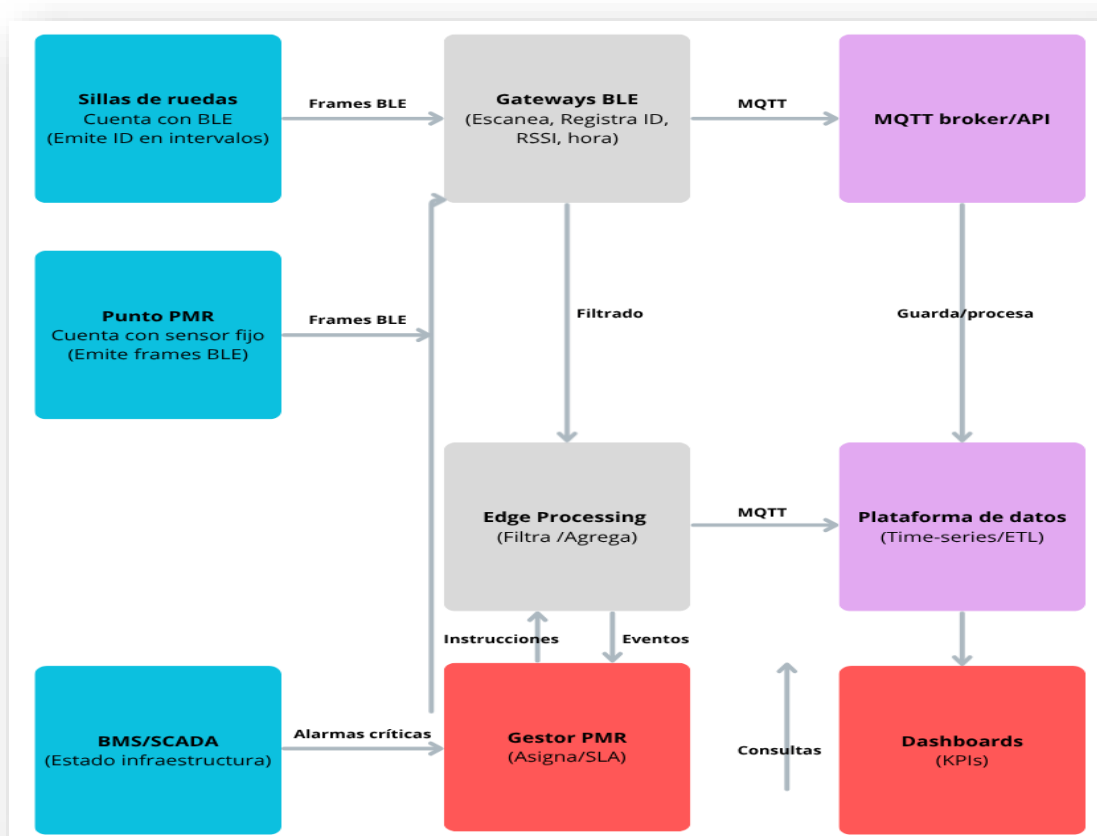


Ilustración 2.4: Funcionamiento tecnología IoT y Beacon.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Ozion Airport Software, 2025) y (Haneda Airport, 2020).

OZION PMR MANAGER

Ozion Tech, empresa de Singapur creada en 2004, es una compañía con enfoque científico dedicada a perfeccionar la experiencia del usuario y a hacer más eficientes los procesos operativos. Su misión es marcar nuevos estándares en rendimiento, impulsando al mismo tiempo prácticas innovadoras y sostenibles.

Presentan una plataforma especializada para gestión PRM, brindando una solución integral que permite organizar, asignar y supervisar asistencias en tiempo real desde un centro de comando, con herramientas como monitoreo en vivo de pasajeros, seguimiento de retrasos y análisis operativo antes, durante y después del servicio (Ozion Airport Software, 2025) a través de IA, Big Data, y aprendizaje automático. Sus últimas mejoras incluyen justificación de demoras en embarque/desembarque para cumplir con los acuerdos de nivel de servicio (SLA).

OSTRUM TECH

La empresa fundada en 2020 en el Reino Unido creó una plataforma PRM moderna en la nube llamada SaaS en Amazon Web Services, a través de un Software diseñado exclusivamente para la gestión de asistencia a PMR en aeropuertos. Coordina reservas y

servicios, facilita la comunicación entre pasajeros, personal de apoyo y aerolíneas/puertas de embarque, y se opera desde la nube con acceso móvil y paneles en tiempo real, gracias a su capacidad para eliminar las brechas críticas de comunicación en los viajes asistidos, garantiza una experiencia más confiable para todos los involucrados (Ostrum Tech, 2025).

PMR ASSIST

Es una aplicación móvil (iOS/Android) diseñada para mejorar la experiencia de asistencia aeroportuaria de personas con movilidad reducida (PMR), permite a los pasajeros gestionar sus reservas y recibir información en tiempo real, recibir confirmaciones con hora registrada y consultar tiempos de espera en función de datos en tiempo real (a partir de tecnología beacon), mientras que los aeropuertos y operadores pueden visualizar la demanda, coordinar recursos y monitorear el servicio desde su centro de control. Funciona como interfaz de usuario que se vincula directamente con el sistema de control interno del aeropuerto respectivo (PMR Assist, 2025).

SILLAS AUTÓNOMAS WHILL

La implementación de sillas de ruedas autónomas en aeropuertos representa una innovación tecnológica destinada a optimizar la asistencia a pasajeros con movilidad reducida ante el aumento de la demanda de estos servicios. En este contexto, el Aeropuerto Internacional de Miami (MIA) se ha posicionado como un referente global al adoptar el sistema WHILL, empresa que crea sillas de ruedas eléctricas, convirtiéndose en el primer aeropuerto en los Estados Unidos en ofrecer este servicio con autonomía total.

Antes de la implementación en Miami, se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva, abarcando estudios sobre accesibilidad en el transporte aéreo, tecnologías asistivas y navegación autónoma, además, se analizaron experiencias previas en aeropuertos internacionales como Haneda (Tokio). Con base en este marco teórico, se realizaron entrevistas con expertos en gestión aeroportuaria, operadores de asistencia y representantes de compañías tecnológicas, lo que permitió establecer los requisitos clave del sistema: eficiencia operativa, seguridad del usuario, interoperabilidad con la infraestructura existente y capacidad de adaptación a condiciones cambiantes.

El análisis técnico, inició con el estudio de los flujos de tránsito y la identificación de los principales usuarios del servicio de asistencia. En el caso del Aeropuerto Internacional de Miami (MIA), se registran en promedio cerca de 2.900 solicitudes diarias de sillas de ruedas convencionales, mientras que la flota autónoma WHILL comenzó operando con aproximadamente 120 recorridos diarios durante la fase piloto. Esto permitió evaluar la viabilidad del sistema, concluyendo que puede funcionar como un complemento a los servicios existentes, en lugar de sustituirlos (Coleman & Sreeharsha, 2024). Además, se proyectó un incremento sostenido del 15 a 25 % en la demanda de asistencia aeroportuaria

para 2025, lo que resalta la necesidad de soluciones que incrementen la oferta de dichos servicios.

Desde el punto de vista tecnológico, las sillas autónomas WHILL incorporan sensores LiDAR, cámaras de 360°, algoritmos de navegación autónoma y un botón de emergencia, y sistemas de frenado automático. Su desplazamiento sigue rutas virtuales predefinidas, mientras que el monitoreo se realiza de manera remota a través de servidores centrales, que informan en tiempo real sobre el estado de la batería, la ubicación y el rendimiento del dispositivo (WHILL, 2023). Asimismo, el sistema está conectado a plataformas de monitoreo, como AvTech, lo que permite que el personal asigne automáticamente una silla autónoma a cada pasajero según sus necesidades y condiciones operativas.

Durante la fase piloto, se analizó el rendimiento del sistema utilizando distintos indicadores, entre ellos la frecuencia de uso, la interacción con otros pasajeros, el tiempo de traslado, la capacidad de retorno autónomo, la respuesta ante obstáculos y la satisfacción del usuario. Los resultados demostraron que la tecnología ofrecía una experiencia segura y fluida, recibiendo una valoración positiva por parte de los pasajeros, especialmente por la autonomía e independencia que proporcionaba. Además, su implementación no implicó costos públicos adicionales, ya que fue financiada por la aerolínea American Airlines.

Finalmente, se llevó a cabo una evaluación de impacto, considerando las opiniones de usuarios, operadores y especialistas en movilidad asistida. Este análisis confirmó que el sistema cumple con los estándares de accesibilidad universal, optimiza la eficiencia operativa y disminuye la carga de trabajo del personal, todo ello sin afectar la seguridad, ni modificaciones estructurales significativas (Seongjun & Tai Wei, 2022).

A partir de las experiencias de los Aeropuertos de Tokio y Miami, se evidencia que la integración de sillas de ruedas autónomas dentro de un ecosistema tecnológico es una solución **viable, segura y efectiva** para aeropuertos con alto volumen de pasajeros. Este modelo se presenta como una referencia clave para desarrollar iniciativas de mejora en otros países, incluyendo Chile.



Ilustración 2.5: Metodología de implementación sillas de ruedas autónomas.

Fuente: Elaboración propia, a partir de Seongjun & Tai Wei, (2022).

La comparación entre estas realidades permite identificar brechas y oportunidades concretas de mejora en el contexto chileno. Estos elementos serán fundamentales para sustentar la investigación y la posterior propuesta de mejora.

2.2 MARCO TEÓRICO

Esta sección expone los fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo de la investigación, constituyendo el marco que orienta el análisis de la accesibilidad e inclusión en el ámbito aeroportuario y que respalda metodológicamente el diagnóstico, la comparación internacional y la evaluación de las propuestas de mejora.

Primero, se abordan los Principios del Diseño Universal, considerados como la base para la creación de entornos, servicios y sistemas accesibles que respondan a la mayor diversidad de usuarios posible sin necesidad de adaptaciones posteriores. Luego, se presentan los conceptos de accesibilidad e inclusión, diferenciando sus enfoques y destacando su importancia en la industria del transporte aéreo, especialmente en la atención de Personas con Movilidad Reducida (PMR).

Posteriormente, se revisa la normativa nacional e internacional aplicable, con el objetivo de identificar los marcos legales, técnicos e institucionales que regulan la prestación de servicios accesibles en aeropuertos. A partir de ello, se incorpora el benchmarking como herramienta de análisis comparativo, que permite contrastar la situación del aeropuerto AMB con experiencias internacionales reconocidas por sus buenas prácticas en accesibilidad, tecnología y gestión del servicio PMR.

Finalmente, se describen los fundamentos asociados a las proyecciones de series de tiempo, la evaluación económica de proyectos y la construcción de indicadores de diagnóstico. Estas herramientas, permiten dimensionar la demanda futura, realizar comparaciones técnico-económicas de alternativas y medir cuantitativamente dimensiones críticas del servicio, tales como equipamiento, atención, desplazamiento, percepción del usuario y cumplimiento operacional.

2.2.1. PRINCIPIOS DE DISEÑO UNIVERSAL

El Center for Universal Design de la Universidad Estatal de Carolina del Norte en 1997, desarrolló una metodología que se basa en la creación de productos, entornos y sistemas accesibles para la mayor cantidad de personas posibles, sin necesidad de adaptaciones específicas.

Consiste en siete principios esenciales que garantizan la equidad, la funcionalidad y la sostenibilidad en el diseño de espacios, particularmente para personas con discapacidad o movilidad reducida (Connell et al., 1997).

- 1) *Equidad en el uso*: Se busca que los productos y espacios sean accesibles y funcionales para todas las personas, independientemente de sus capacidades, evitando cualquier tipo de exclusión o estigmatización.
- 2) *Flexibilidad en el uso*: El diseño debe permitir la adaptación a diversas necesidades y preferencias individuales, ofreciendo opciones que faciliten la personalización según el usuario.
- 3) *Simplicidad e intuición en el uso*: La estructura y funcionalidad deben ser comprensibles para cualquier usuario, sin importar su experiencia previa, nivel educativo o conocimiento técnico.
- 4) *Accesibilidad en la información*: La comunicación de la información esencial debe realizarse mediante diferentes formatos sensoriales (táctil, visual, auditivo) para asegurar la comprensión en distintas condiciones ambientales.
- 5) *Tolerancia al error*: Con esto, se busca reducir al mínimo los riesgos y consecuencias de acciones involuntarias, facilitando un uso seguro y eficiente.
- 6) *Reducción del esfuerzo físico*: Tanto los productos como los espacios deben ser cómodos y eficientes, previniendo la fatiga física, y así mejorar la experiencia del usuario.
- 7) *Dimensiones y espacios adecuados*: Se deben considerar medidas óptimas para el acceso, manipulación, y utilización, sin restricciones derivadas del tamaño, postura o movilidad del usuario.

La implementación de estos principios en el contexto aeroportuario, como en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB), resulta clave para la propuesta y análisis, y de esta forma garantizar una experiencia de viaje inclusiva y confortable.

Integrarlos en el diseño de la infraestructura permite no solo cumplir con la normativa nacional vigente, que se detallará más adelante, sino también alinearse con estándares internacionales que reconocen la accesibilidad universal como un derecho fundamental.

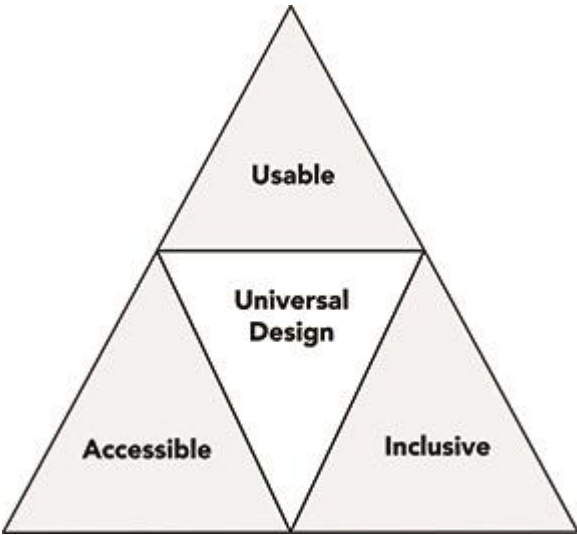


Ilustración 2.6: Características de un diseño universal.
Fuente: Universidad de Washington de Sheryl Burgstahler, (2021).

2.2.2 CONCEPTOS DE ACCESIBILIDAD E INCLUSIÓN

La **accesibilidad**, se refiere a las condiciones necesarias para que un entorno, servicio o producto pueda ser utilizado de manera efectiva, segura y autónoma. Esto implica la eliminación de barreras físicas, la incorporación de tecnologías adecuadas, señalización clara y dispositivos de asistencia. A diferencia del simple acceso, la accesibilidad garantiza que la presencia en un espacio sea realmente funcional. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), los Estados deben establecer prácticas que eliminen dichas barreras.

La **inclusión**, sin embargo, es un término que va más allá de los aspectos físicos o técnicos, es un proceso social y político que reconoce la diversidad y busca asegurar la participación plena y equitativa de todas las personas, sin importar sus capacidades. Para lograrlo, es necesario reducir las estructuras segregadoras del pasado y construir espacios en los que todas las personas puedan interactuar, convivir y contribuir en igualdad de condiciones.

Ambos conceptos es necesario analizarlos desde la perspectiva del Principio del Diseño Universal, en el caso del transporte aéreo y la infraestructura aeroportuaria, los tres términos determinan las bases para adecuar la infraestructura, señalización, transporte interno, y la capacitación del personal. Además, permite transformar los entornos aeroportuarios en un lugar donde todas las personas, incluyendo aquellas con movilidad reducida, sean tratadas con dignidad y puedan disfrutar de un viaje sin barreras físicas ni sociales.

2.2.3. NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL

La accesibilidad e inclusión de personas con discapacidad o movilidad reducida en entornos aeroportuarios, no solo es una exigencia ética y social, sino que también está respaldada por un conjunto de normativas nacionales e internacionales que establecen estándares obligatorios y recomendaciones específicas para ello.

Estas normativas orientan la planificación, el diseño, y la operación de la infraestructura aeroportuaria, así como la prestación de servicios a los usuarios.

Normativa Nacional (Chile)

En Chile, el marco normativo sobre la discapacidad se rige principalmente en la **Ley N°20.422**, que regula la igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad. Su propósito es garantizar sus derechos y fomentar su integración en todos los ámbitos de la vida cotidiana, promoviendo principios clave como; accesibilidad y diseño universal.

La ley exige que organismos públicos y privados aseguren condiciones adecuadas de accesibilidad en infraestructura, transporte y servicios esenciales (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN), 2010).

Además, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) desempeña un papel crucial en la regulación, supervisión, y promoción de estándares de accesibilidad en los aeropuertos.

En la normativa **DAN 382** “Norma para el transporte aéreo de pasajeros con discapacidad, enfermos o con necesidades especiales”, se plantea que los aeropuertos deben contar con una infraestructura accesible, incluyendo señalización adecuada, espacios adaptados y asistencia para el desplazamiento, y se deben aplicar procedimientos específicos para la revisión de seguridad de pasajeros con discapacidad, asegurando un trato digno y respetuoso.

Sumado a lo anterior, también deben proporcionar servicios de asistencia en el embarque, desembarque y tránsito dentro del aeropuerto, la información sobre vuelos, servicios y procedimientos debe estar disponible en formatos accesibles para personas con discapacidad sensorial o cognitiva. Se deben establecer protocolos para el manejo seguro de dispositivos de asistencia, como sillas de ruedas y otros equipos de apoyo, y es obligatorio que el personal aeroportuario reciba capacitación en inclusión y atención a pasajeros con necesidades especiales (DAN-382-ED.1, 2023).

Por otra parte, el Servicio Nacional de Discapacidad (SENADIS), se rige bajo la ley n°20.422, y uno de sus objetivos estratégicos es impulsar la integración social, laboral y educativa de las personas con discapacidad, promoviendo su autonomía mediante el diseño, implementación y evaluación de estrategias, proyectos y programas alineados con los principios de vida independiente, accesibilidad universal, diseño inclusivo, participación y diálogo social (SENADIS, 2025).

Normativa Internacional

El **Anexo 9** de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), establece normas y métodos recomendados para la facilitación del transporte aéreo internacional, incluyendo disposiciones específicas para pasajeros con discapacidad (Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), 2022).

Se exige que los aeropuertos y aerolíneas adopten medidas para garantizar la accesibilidad, eliminando obstáculos que dificulten el desplazamiento de pasajeros con movilidad reducida, que los pasajeros con discapacidad deben recibir asistencia gratuita en aeropuertos, durante el embarque, tránsito y desembarque, entre otras, las cuales se especifican en la DAN 382. Este anexo es una referencia para la regulación de accesibilidad en el transporte aéreo y se actualiza periódicamente para alinearse con estándares internacionales.

La International Air Transport Association (IATA), promueve una colaboración estrecha entre el gobierno y la industria aérea, además de la relación aerolínea-aeropuerto para garantizar un transporte seguro y eficiente que responda a las necesidades de los pasajeros con discapacidad. En conjunto con la OACI, insta a los Estados a integrar la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD) en su normativa aeronáutica y en la formulación de políticas que faciliten viajes aéreos accesibles (IATA, 2025).

El Airports Council International (ACI), se encarga de apoyar y reconocer la capacidad de los aeropuertos, para así promover un transporte aéreo seguro y protegido. Presenta un programa que impulsa la accesibilidad “Accessibility Enhancement Accreditation Program”, promoviendo estándares avanzados de inclusión y reconociendo a aeropuertos que implementan medidas innovadoras basadas en el diseño universal (Airports Council International (ACI), 2025).

En 2019, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), planteó la “Estrategia de las Naciones Unidas para la Inclusión de la Discapacidad” diseñada para incorporar de forma ordenada los derechos de las personas con discapacidad en todas las áreas de acción del sistema de la ONU (Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2019). Se basa en los principios de la CDPD y en los compromisos asumidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, entre otros acuerdos internacionales.

La Estrategia considera el Diseño Universal como una herramienta clave para garantizar entornos, productos y servicios accesibles desde el inicio. Además, se fomenta la aplicación de ajustes para eliminar obstáculos y garantizar la participación equitativa. En este sentido, la ONU refuerza la idea de que la accesibilidad es un derecho fundamental y que la verdadera inclusión requiere cambios estructurales en políticas, infraestructura y cultura organizacional.

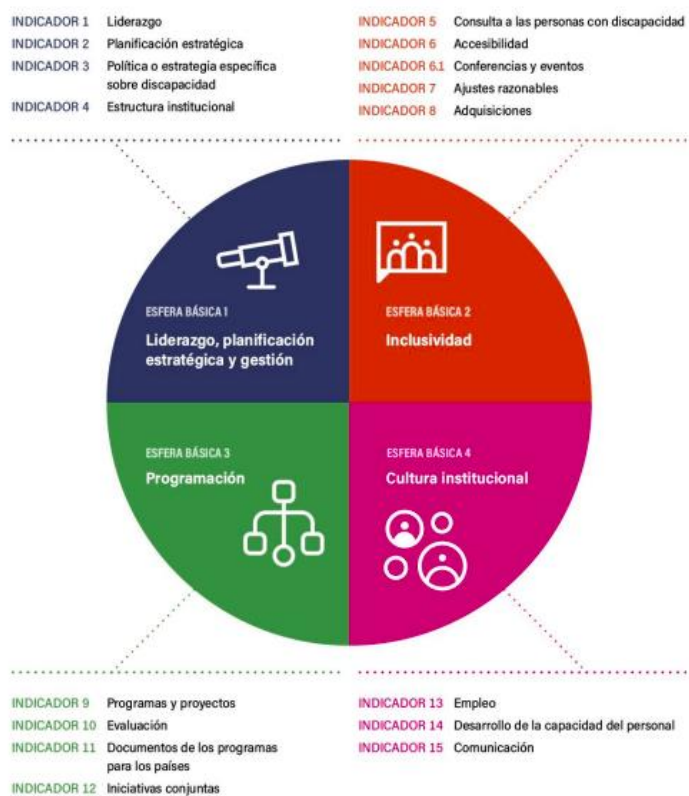


Ilustración 2.7: Elementos claves de la Estrategia de la ONU para la inclusión de la discapacidad.
Fuente: ONU, (2019).

Tanto las normativas nacionales como internacionales se ajustan y alinean a los Principios del Diseño Universal, lo que promueve una gestión aeroportuaria enfocada en la experiencia del usuario, manteniendo la seguridad y eficiencia.

2.2.4. BENCHMARKING

El Benchmarking, es una herramienta estratégica de análisis comparativo que permite evaluar el desempeño de una organización frente a referentes reconocidos por su excelencia en áreas específicas, resulta útil para reducir brechas de desempeño, identificar prácticas eficientes y respaldar decisiones de inversión en infraestructura y tecnología, siempre que se lleve a cabo bajo un proceso riguroso y sustentado en datos comparables y pertinentes.

De acuerdo con el capítulo 11 del estudio “Methodology Choices for Benchmarking Airports” (Kincaid et al., 2023), el benchmarking aplicado a aeropuertos facilita la comparación del desempeño entre terminales en aspectos como tarifas y eficiencia operativa, sin embargo, esta herramienta implica ciertos riesgos si existen posibles diferencias estructurales entre los aeropuertos comparados, su utilidad estratégica se mantiene vigente siempre que el diseño metodológico sea riguroso y se base en datos confiables.

Para la investigación, esta metodología resultará valiosa para el estudio de distintas infraestructuras aeroportuarias, con el fin de mejorar la accesibilidad e inclusión, ya que

permitirá identificar brechas y la posibilidad de adoptar soluciones eficaces aplicadas en otros entornos.

En el contexto de la accesibilidad e inclusión para Personas con Movilidad Reducida (PMR), el benchmarking permite examinar cómo aeropuertos internacionales han incorporado tecnologías asistivas, estrategias de gestión específicas, programas de formación y certificaciones reconocidas, ofreciendo un marco de referencia para evaluar la situación de un aeropuerto local como AMB. La accesibilidad se ha consolidado como un indicador clave de calidad de servicio, y los aeropuertos líderes establecen estándares que sirven de guía para aquellos que buscan mejorar su cumplimiento normativo, su eficiencia operativa y la experiencia de sus pasajeros.

2.2.5. PROYECCIONES DE SERIES DE TIEMPO

La proyección es una herramienta cuantitativa que permite anticipar el comportamiento futuro de una variable a partir de antecedentes históricos. Para ello, se utiliza una serie temporal, que se define como un conjunto de observaciones registradas de manera secuencial en distintos períodos, lo que permite identificar patrones, tendencias, fluctuaciones, y escenarios.

Entre las herramientas utilizadas para analizar variaciones históricas y proyectar tendencias se encuentra la tasa de crecimiento anual compuesto o Compound Annual Growth Rate (CAGR). Este indicador permite expresar el crecimiento promedio anual de una variable entre un valor inicial y uno final, considerando el efecto acumulativo durante un período determinado (Corporate Finance Institute (CFI), 2020).

Su principal utilidad radica en que entrega una tasa única y comparable para describir la evolución de una variable en el tiempo, lo que resulta especialmente relevante cuando se busca sintetizar una tendencia de crecimiento observada y emplearla como base para estimaciones futuras (Corporate Finance Institute (CFI), 2020).

Para la planificación operacional, este tipo de análisis adquiere relevancia al permitir prever requerimientos de capacidad, orientar la asignación de recursos y fundamentar el dimensionamiento de infraestructura o equipamiento.

Según (Song et al., 2025), los métodos de pronóstico constituyen herramientas que permiten estimar valores futuros a partir de datos previamente observados, siendo adecuados en contextos donde la toma de decisiones depende de la planificación de la demanda, la gestión de recursos y la capacidad operativa. Es por ello, que la proyección no debe interpretarse como una predicción exacta, sino como una estimación técnica sustentada en el comportamiento histórico disponible y en los supuestos definidos por el investigador.

2.2.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA E INDICADORES

La evaluación económica de proyectos constituye un instrumento que permite examinar la viabilidad de implementar una alternativa de inversión, considerando aspectos como sus costos, beneficios, vida útil y los flujos futuros asociados. En proyectos vinculados a entrega de servicios, este análisis posibilita comparar distintas soluciones bajo parámetros objetivos y determinar cuál de ellas representa el menor costo económico dentro del horizonte de evaluación definido.

Una de las herramientas que se utilizan en este tipo de análisis es el flujo de caja, el cual permite organizar en el tiempo los egresos y los ingresos o beneficios de un proyecto, reconociendo que los flujos futuros poseen un valor distinto al de los desembolsos presentes. Según (Fight, 2005), tanto el Valor Actual Neto (VAN) como la Tasa Interna de Retorno (TIR) forman parte de los métodos basados en flujo de caja descontado, siendo el VAN uno de los criterios/indicadores más utilizados en la evaluación de proyectos.

En proyectos que generan ingresos directos, un VAN positivo suele interpretarse como evidencia de que la alternativa aporta valor económico, no obstante, si resulta negativo, se entiende que el proyecto no es rentable. Sin embargo, en ambos casos, el VAN cumple la función de estimar el costo actualizado de implementación de cada propuesta y se convierte en una referencia útil para comparar alternativas que cumplen funciones equivalentes (de Rus et al., 2023).

A su vez, también es útil el Costo Anual Equivalente (CAE), indicador que permite transformar el valor presente de los costos asociados a una alternativa en una serie uniforme anual durante toda su vida útil. Se usa en numerosos proyectos, ya que según (de Rus et al., 2023) facilita la comparación entre alternativas de inversión que cumplen funciones similares, especialmente cuando el objetivo es identificar aquella que implica el menor costo anual equivalente, y el enfoque de valor anual ayuda a convertir los flujos de un proyecto en una magnitud constante por período, lo que simplifica la comparación entre opciones bajo una misma unidad temporal.

2.2.7. INDICADORES DE DIAGNÓSTICO E INDICADORES COMPUESTOS

En investigaciones orientadas a la evaluación de servicios, procesos operativos o condiciones de accesibilidad, los indicadores son instrumentos metodológicos que permiten sintetizar el comportamiento de una dimensión específica. Su valor radica en la capacidad de transformar información cualitativa, observacional o perceptual en métricas comparables, lo que facilita la detección de brechas, el seguimiento de resultados y la toma de decisiones fundamentadas en evidencia.

De acuerdo con (Nardo et al., 2005), los indicadores compuestos ayudan a la representación de fenómenos multidimensionales mediante procesos de selección, codificación, normalización y agregación de variables vinculadas a un mismo ámbito de análisis. Esta herramienta es útil cuando el fenómeno evaluado no puede ser capturado por una sola variable, sino que exige integrar criterios relacionados con calidad, cumplimiento, eficiencia, percepción o desempeño.

La construcción de indicadores requiere definir previamente las dimensiones a evaluar, establecer criterios de medición y asignar una escala que represente el nivel de cumplimiento o desempeño observado, en evaluaciones diagnósticas, es común emplear escalas ordinales, donde cada valor corresponde a una categoría previamente definida. Este enfoque permite ordenar los resultados desde niveles bajos o inexistentes de cumplimiento hasta niveles óptimos, favoreciendo la comparación entre distintas dimensiones de análisis.

Asimismo, cuando la información proviene de encuestas con respuestas dicotómicas, como “Sí” y “No”, estas pueden codificarse en valores numéricos para su análisis, en este caso, las respuestas afirmativas se representan con el valor 1 y las negativas con el valor 0, lo que permite calcular proporciones, promedios e índices asociados a una dimensión específica del servicio. Este procedimiento facilita la interpretación cuantitativa de percepciones de usuarios y permite sintetizar tendencias generales a partir de un conjunto de respuestas individuales.

Una forma corresponde al promedio simple, especialmente cuando las variables consideradas poseen igual relevancia dentro de la dimensión evaluada. Bajo este enfoque, un índice se calcula como la suma de los valores obtenidos en cada criterio dividida por el número total de criterios. Esta metodología permite obtener un valor resumen que expresa el desempeño general de una dimensión específica, manteniendo una interpretación clara y transparente.

Es por ello, que los indicadores no deben entenderse únicamente como resultados numéricos, sino como herramientas de apoyo para la gestión y la mejora continua. Su aplicación permite identificar áreas críticas, priorizar intervenciones y comparar el desempeño de una organización frente a estándares, referencias externas o buenas prácticas observadas en otros contextos, por lo cual, su utilización se adecua a investigaciones que buscan diagnosticar el estado de un servicio y sustentar propuestas de mejora técnica u operacional.

2.3. PROPUESTA METODOLÓGICA

La propuesta metodológica busca ofrecer una estructura clara y precisa para el desarrollo de esta investigación. Permitirá examinar la accesibilidad y la inclusión de personas con movilidad reducida (PMR) en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB),

se detectarán las principales brechas presentes en la prestación de servicios actuales y, a partir de ello, valorar alternativas de mejora que resulten coherentes con las condiciones operacionales vigentes.

El estudio se desarrolla bajo un enfoque descriptivo de carácter mixto, fundamentado en los principios del Diseño Universal y en la normativa nacional e internacional aplicable al transporte aéreo, así como a la atención de pasajeros con discapacidad o requerimientos especiales.

Se adoptó un diseño de estudio de caso, lo que permite examinar en profundidad la accesibilidad en el contexto local y su contraste con modelos exitosos implementados en Miami y Tokio, que se destacan por sus avances en accesibilidad, automatización del desplazamiento asistido y fortalecimiento de la experiencia del pasajero. Este método permite recopilar información detallada desde distintas fuentes y perspectivas, mediante análisis documental, observación directa y levantamiento de información de actores clave.

A finales de 2025, AMB ha implementado avances significativos en la atención de pasajeros PMR, donde se destaca la ampliación de la flota disponible, la incorporación de carros eléctricos, el aumento de personal especializado y la puesta en marcha de una plataforma de trazabilidad en tiempo real desarrollada por Ostrum Tech.

En este contexto, la investigación deja de enfocarse en propuestas de digitalización general del servicio y se orienta de manera específica hacia la evaluación del equipamiento de movilidad como elemento crítico de mejora. Para ello, se consideran dos alternativas principales: la incorporación de sillas autónomas tipo WHILL como una mejora focalizada o la posibilidad de incorporar otra silla autónoma similar que se encuentre en el mercado.

La investigación se estructura en cuatro fases:

- 1) **Diagnóstico en AMB:** En esta etapa se contempla la revisión de la normativa vigente, la observación en terreno, la realización de entrevistas a actores clave y la aplicación de encuestas a usuarios con movilidad reducida (≤ 10 preguntas, formato de selección múltiple, acceso vía código QR). Esto busca identificar las principales brechas relacionadas con la accesibilidad, la calidad del equipamiento disponible, la fluidez en los desplazamientos y la percepción general del servicio, y a partir de esto tener una base que permita reconocer las debilidades más relevantes del sistema y sustentar la necesidad de evaluar mejoras en el equipamiento.
- 2) **Benchmarking internacional:** Se realiza un análisis comparativo con aeropuertos internacionales de referencia, considerando políticas inclusivas, tecnologías de asistencia/autonomía en movilidad, y programas de formación y certificación (Skytrax, ACI), complementado con material bibliográfico y datos.
- 3) **Desarrollo y evaluación propuestas tecnológicas para equipamiento PMR:** A partir de las fases anteriores, se plantean dos alternativas de mejora para el servicio PMR. La primera considera la incorporación focalizada de sillas autónomas tipo WHILL, registradas como

activos de Propiedad, Planta y Equipo (PPE), orientadas principalmente a trayectos de mayor extensión y áreas operacionales previamente definidas. La segunda alternativa apunta a la incorporación focalizada de otra silla autónoma que se encuentre en el mercado. Así ambas propuestas serán sometidas a una evaluación técnica, contable, y económica considerando aspectos como la factibilidad de implementación, una proyección de demanda, la integración con el servicio vigente, la vida útil de los activos, su depreciación, los costos asociados a la puesta en marcha, y flujos de caja con sus indicadores económicos respectivos.

- 4) **Elección de propuesta óptima y conclusiones:** Finalmente, ambas alternativas son comparadas a partir de criterios técnicos y económicos, con el propósito de establecer cuál de ellas se ajusta de mejor manera a las necesidades del aeropuerto y a la sostenibilidad del servicio en el mediano plazo. La opción seleccionada será aquella que logre responder de manera más efectiva a las brechas previamente identificadas, evitando duplicar soluciones ya implementadas y manteniendo plena coherencia con el contexto real de operación del aeropuerto, además de ser la más conveniente económicamente.

Esta metodología no solo facilitará la comprensión del problema, sino que también orientará una solución viable tanto económica como técnicamente, y fundamentada en experiencias exitosas y marcos normativos sólidos. Además, el enfoque de estudio de caso establece un vínculo directo entre teoría y práctica, asegurando que los resultados sean aplicables a la realidad nacional.

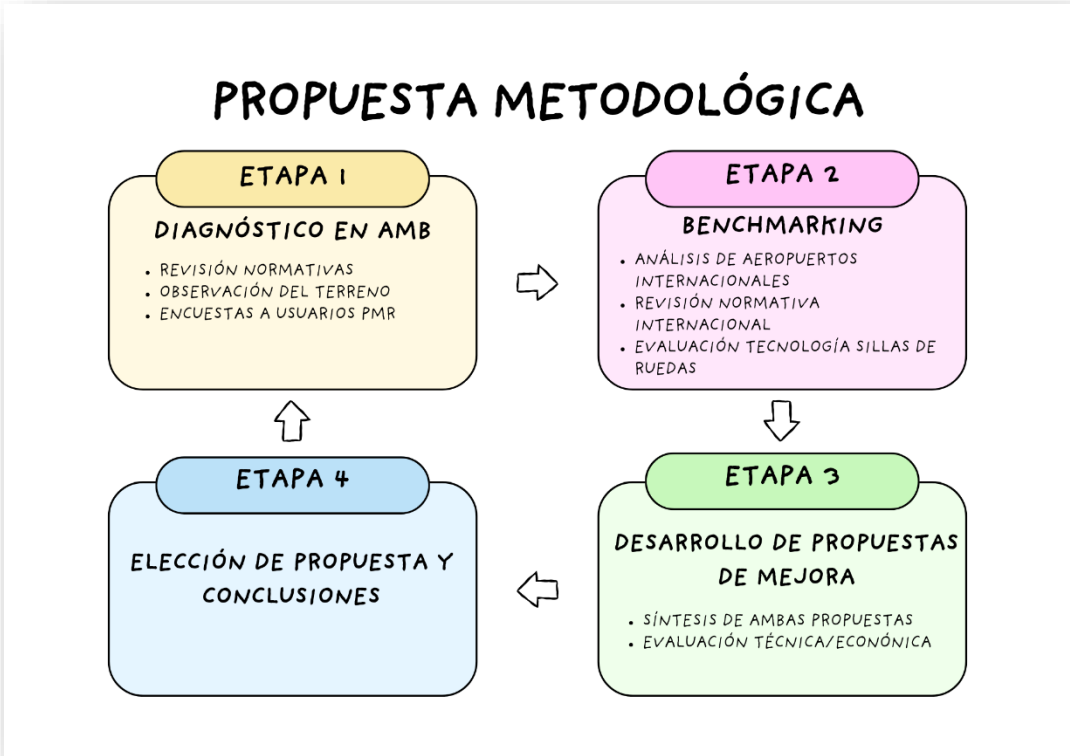


Ilustración 2.8: Propuesta Metodológica a desarrollar.

Fuente: Elaboración Propia.

3. DESARROLLO

3.1. DIAGNÓSTICO EN ARTURO MERINO BENÍTEZ (AMB)

La primera etapa de la investigación tiene como propósito analizar el estado actual de la accesibilidad e inclusión en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB), identificando sus fortalezas, debilidades y principales brechas en la atención a Personas con Movilidad Reducida (PMR). Este diagnóstico, desarrollado bajo un enfoque descriptivo, constituye el fundamento para las etapas siguientes de análisis comparativo y formulación de una propuesta. Su finalidad es establecer el grado de cumplimiento del aeropuerto en relación con los principios del Diseño Universal y las normativas vigentes a nivel nacional e internacional, tales como la Ley 20.422 sobre igualdad de oportunidades e inclusión social, y la norma aeronáutica DAN-382, que regula el transporte aéreo de pasajeros con discapacidad o requerimientos especiales.

3.1.1. REVISIÓN NORMATIVA QUE RIGE A AMB.

La revisión de normativas es una etapa clave dentro de la primera etapa del proceso de diagnóstico, ya que facilita la determinación del nivel de alineación del Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB) con los marcos legales y técnicos que rigen la accesibilidad y la inclusión en el ámbito del transporte aéreo. Esta fase se abordó mediante una metodología cualitativa-descriptiva, integrando la recopilación de legislación vigente, directrices institucionales y estándares internacionales, junto con un análisis comparativo que permitió contrastar su grado de implementación en el contexto chileno.

El principal objetivo de esta revisión consistió en evaluar el grado de concordancia entre las políticas internas del aeropuerto y los estándares internacionales en materia de accesibilidad, con el objetivo de identificar brechas normativas, limitaciones en su implementación y prácticas destacadas que puedan servir de base para una propuesta de mejora tecnológica. Para ello, se llevó a cabo un análisis de documentos oficiales provenientes de entidades nacionales (DGAC, SENADIS, MOP) e internacionales (OACI, ACI, IATA, ADA), con el fin de establecer un marco de referencia que permita valorar el cumplimiento real de los principios de Diseño Universal y Accesibilidad Universal.

La revisión se organizó en tres etapas principales para mejorar el entendimiento:

- 1) **Selección de fuentes normativas:** Se identificaron leyes, estándares técnicos y políticas vinculadas directamente con la accesibilidad en entornos aeroportuarios, dando prioridad a aquellas que definen parámetros sobre infraestructura, atención al pasajero y capacitación del personal.
- 2) **Análisis y clasificación del contenido:** Se examinó cada documento para extraer los artículos o secciones pertinentes al transporte aéreo de personas con discapacidad o

movilidad reducida, clasificándolos en; Infraestructura y equipamiento, Operación y procedimientos de asistencia, y Gestión organizacional y cultura institucional.

- 3) **Evaluación mediante matriz de cumplimiento:** Se diseñó una matriz comparativa para valorar el grado de implementación de cada normativa en el Aeropuerto AMB, asignando puntajes en función del nivel de cumplimiento observado o documentado por fuentes oficiales.

La presente tabla describe el procedimiento utilizado para evaluar el cumplimiento normativo en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB), donde cada normativa fue valorada mediante un índice de cumplimiento en una escala de 0 a 3 (valores escogidos de forma arbitraria), según los siguientes criterios:

VALOR	NIVEL CUMPLIMIENTO
0	No existe evidencia de cumplimiento.
1	Cumplimiento parcial, existe evidencia de la normativa, pero sin aplicación.
2	Cumplimiento moderado, existe implementación, pero con brechas.
3	Cumplimiento total, la normativa se encuentra implementada.

Tabla 3.1: Matriz de cumplimiento normativo de Aeropuerto AMB.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de cumplimiento normativo/estándares nacionales e internacionales, fueron:

NORMATIVA/ ESTÁNDAR	ENTIDAD EMISORA	ÁMBITO DE APLICACIÓN	REQUISITO PRINCIPAL	NIVEL DE CUMPLIMIENTO (0 A 3)	OBSERVACIONES / BRECHAS
Ley N° 20.422	BCN/ SENADIS	General (Infraestructura)	Garantiza igualdad de oportunidades y accesibilidad universal en espacios públicos.	3	Existe infraestructura accesible (rampas, ascensores, etc)
DAN 382	DGAC	Operacional	Regula el transporte aéreo de pasajeros con discapacidad y asistencia en aeropuertos.	3	Cuenta con protocolos definidos de asistencia.
Anexo 9	OACI	Internacional (Operaciones)	Establece normas para la facilitación del transporte aéreo y atención a pasajeros con discapacidad.	3	Cumple los procedimientos exigidos.

Programa “Aeropuerto para Todos/as”	Nuevo Pudahuel	Gestión nacional (Atención al usuario)	Iniciativa de inclusión asesorada por SENADIS y Teletón.	2	Base conceptual sólida, pero sin indicadores de desempeño.
Accessibility Enhancement Accreditation (AEA)	ACI	Gestión y Calidad	Promueve certificaciones internacionales en accesibilidad inclusiva.	0	El aeropuerto no cuenta con con certificaciones ACI, ni auditorías externas de accesibilidad.
Guías de Accesibilidad	IATA	Operación (Servicio al pasajero)	Promueve la asistencia digna, y el uso de tecnologías para PMR.	1	No existen herramientas tecnológicas implementadas para el servicio PMR.
Estrategia para la inclusión de la discapacidad	ONU	Política global (Cultura organizacional)	Recomienda la adopción de principios de inclusión y diseño universal	2	Aplicación conceptual a través de políticas internas, pero sin integración transversal en todos los servicios.

Tabla 3.2: Matriz de cumplimiento normativo del Aeropuerto AMB.

Fuente: Elaboración propia a través de bibliografía y normativa vigente (2025).

De acuerdo con la matriz, los puntajes asignados fueron 3, 3, 3, 2, 0, 1 y 2, respectivamente. Por lo tanto, el nivel de cumplimiento promedio se obtuvo mediante el promedio simple de dichos valores:

$$Cumplimiento = \frac{3 + 3 + 3 + 2 + 0 + 1 + 2}{7} = \frac{14}{7} = 2$$

La matriz obtenida evidencia un nivel de cumplimiento promedio de 2 en una escala de 0 a 3, lo que equivale aproximadamente de un **67% de cumplimiento**, lo cual refleja una adhesión parcial a las normativas y estándares internacionales. El valor obtenido en la matriz se utilizará como índice de referencia para las etapas siguientes, como en la fase de Benchmarking (Etapa 2), que permitirá realizar una comparación cuantitativa del desempeño de AMB frente a los aeropuertos de Miami y Tokio.

En síntesis, el Aeropuerto AMB ha logrado avances en infraestructura y en la implementación de programas inclusivos, pero persisten brechas relevantes en dos dimensiones críticas. La primera corresponde a la **gestión y monitoreo de servicios PMR**, donde no se han consolidado indicadores ni sistemas tecnológicos que permitan evaluar la calidad y frecuencia de los servicios. Y la segunda, en el ámbito de las **certificaciones internacionales**, AMB carece de acreditaciones de ACI y de evaluaciones externas que respalden sus prácticas de accesibilidad.

En contraste, se identifican fortalezas como la existencia del programa “*Aeropuerto para Todos/as*” y la incorporación progresiva de infraestructura accesible, sin embargo, el impacto de estas iniciativas aún no ha sido medido mediante indicadores cuantitativos, lo que dificulta evaluar su efectividad en términos objetivos.

3.1.2. OBSERVACIÓN DEL TERRENO

La observación en terreno constituye a la segunda etapa del diagnóstico, está orientada a analizar directamente las condiciones reales de accesibilidad e inclusión en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB). Esta fase complementa el análisis documental y normativo, al permitir contrastar en la práctica el nivel de cumplimiento del marco regulatorio y los principios de diseño universal aplicables al entorno aeroportuario.

El análisis del terreno se realizó mediante una observación directa y estructurada, lo que facilitó la detección de brechas entre los estándares normativos vigentes y las condiciones operacionales existentes, y se centró en tres áreas clave: infraestructura física, equipamiento disponible y procedimientos de asistencia.

El objetivo de esta etapa fue identificar las barreras físicas, operativas y comunicacionales que enfrentan las personas con movilidad reducida (PMR) durante su desplazamiento por el aeropuerto, enfocándose en distintos ámbitos;

- Examinar la infraestructura y señalética orientada a usuarios con discapacidad o movilidad reducida.
- Evaluar el funcionamiento de los dispositivos de asistencia, tales como sillas de ruedas, rampas, ascensores y puntos de atención.
- Analizar los procedimientos de atención, los tiempos de respuesta y el flujo de desplazamiento desde el ingreso hasta el embarque.
- Detectar factores críticos que incidan en la autonomía, seguridad y experiencia del usuario.

La información recopilada permitirá definir indicadores cualitativos y cuantitativos que sustenten las fases posteriores de análisis comparativo y formulación de la propuesta tecnológica.

Se implementó una metodología de observación directa, donde se documentaron las condiciones del entorno y las prácticas del personal, sin intervenir en el desarrollo de las operaciones aeroportuarias, se llevó a cabo durante el segundo semestre de 2025, cubriendo diversos horarios y en la terminal nacional (T1). Para asegurar la estandarización del proceso, se aplicó una guía de observación estructurada, elaborada con base en los criterios de accesibilidad definidos por la OACI (Anexo 9), la Ley N°20.422 y la norma DAN-382.

Esta guía se organizó en cinco categorías principales:

ÁMBITO	CARACTERÍSTICA EVALUADA	INDICADOR DE OBSERVACIÓN
Equipamiento	Sillas de ruedas, puntos de asistencia.	Condición, disponibilidad, ubicación.
Infraestructura	Rampas, accesos, ascensores, baños.	Estado, Diseño universal, existencia.

Desplazamiento interno	Flujo entre check-in, seguridad, embarque.	Tiempo de traslado, distancia.
Atención al pasajero	Protocolos de personal de asistencia.	Trato, tiempo de respuesta.
Seguridad y confort	Superficies, iluminación, señalética.	Accesibilidad, comodidad.

Tabla 3.3: Criterios de observación en Aeropuerto AMB.
 Fuente: Elaboración propia.

Para poder cuantificar cada criterio al realizar la observación, se utilizó una escala similar a la de la Tabla 3.1, que cuenta de cuatro niveles de cumplimiento: **0 (inexistente), 1 (deficiente), 2 (parcial), y 3 (óptimo).**

A partir de la observación directa en el aeropuerto AMB, se obtuvo:

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICA EVALUADA	INDICADOR DE OBSERVACIÓN	NIVEL DE CUMPLIMIENTO (0 A 3)	OBSERVACIONES DEL TERRENO
Equipamiento	Sillas de ruedas, puntos de asistencia.	Condición, disponibilidad, ubicación.	1	Existe equipamiento disponible, pero no de forma inmediata, las sillas no presentaban las mismas condiciones entre sí.
Infraestructura	Rampas, accesos, ascensores, baños.	Estado, Diseño universal, existencia.	2	Infraestructura accesible básica, pero no existe facilidad de uso en hora punta, ni señalización específica en ciertos sectores de T1.
Desplazamiento interno	Flujo entre check-in, seguridad, embarque.	Tiempo de traslado, distancia.	1	Traslados muy extensos en T1, sobre todo en puertas de embarque B, la asistencia depende en gran medida del personal.
Atención al pasajero	Protocolos de personal de asistencia.	Trato, tiempo de respuesta.	2	Trato adecuado del personal, sin

				embargo, los tiempos de respuesta varían.
Seguridad y confort	Superficies, iluminación, señalética.	Accesibilidad, comodidad.	2	Las superficies aseguran un desplazamiento seguro, pero la señalética y orientación hacia puntos de asistencia pueden influir en la experiencia del pasajero.

Tabla 3.4: Matriz de cumplimiento observacional de Aeropuerto AMB.

Fuente: Elaboración propia a partir de la observación del terreno en segundo semestre del 2025.

A partir de los resultados de la observación, se creó un índice que permita obtener un valor cuantificable. Es por ello, que se calculó el Índice de Cumplimiento de Observación del Terreno (ICOT), a partir del promedio simple de los niveles de cumplimiento;

$$ICOT = \frac{1 + 2 + 1 + 2 + 2}{5} = 1,6$$

El resultado evidencia un cumplimiento de un **53%**, lo cual refleja que AMB presenta un equipamiento del terreno y equipos básicos, y que aún existen brechas relevantes en el servicio PMR entregado. Esto afecta la experiencia y satisfacción del pasajero, y a su vez la eficiencia aeroportuaria.

Los aspectos más críticos se centran en el equipamiento disponible y en la fluidez del desplazamiento interno, lo que evidencia que la mera existencia de sillas de ruedas o de infraestructura accesible no garantiza necesariamente un servicio continuo, eficiente y autónomo para el pasajero.

En cambio, la infraestructura, atención al pasajero y seguridad/confort alcanzaron un nivel de cumplimiento 2, lo que permite reconocer avances en la disponibilidad de elementos accesibles, en la actitud del personal y en las condiciones generales del entorno, sin embargo, estos resultados también reflejan que el cumplimiento no garantiza otras características, ya que persisten oportunidades de mejora relacionadas con la señalización, la estandarización de protocolos, la reducción de tiempos de espera y la integración de tecnologías que favorezcan una gestión más eficiente del servicio.

3.1.3. ENCUESTAS A USUARIOS PMR

Como última parte del proceso de diagnóstico, se implementó una encuesta dirigida a pasajeros con movilidad reducida (PMR) que hacen uso del servicio de asistencia en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB). Este instrumento metodológico se considera importante para la recolección directa de información sobre la experiencia, percepción y nivel de satisfacción de los usuarios, y poder recopilar una perspectiva centrada en el usuario principal del servicio. Esta técnica permite obtener evidencia empírica cuantificable sobre factores funcionales y emocionales vinculadas a la accesibilidad aeroportuaria.

El propósito general de esta etapa fue realizar una evaluación del servicio de asistencia PMR en el aeropuerto AMB, considerando variables como la satisfacción del usuario, la calidad percibida y la eficiencia operativa, este diagnóstico buscó identificar los factores que inciden de manera positiva o negativa en la experiencia del pasajero.

La encuesta fue guiada por los siguientes objetivos:

- Analizar la percepción de los usuarios respecto a la infraestructura del aeropuerto y el estado/funcionamiento de los equipos disponibles para personas con movilidad reducida.
- Evaluar el trato recibido y el nivel de capacitación del personal encargado de brindar asistencia.
- Analizar los tiempos de respuesta y desplazamiento durante las distintas fases del viaje.
- Detectar barreras físicas, operativas o comunicacionales que afecten la autonomía, seguridad y confort del usuario.

La encuesta diseñada es del tipo descriptiva, compuesta por un total de 10 preguntas de respuesta cerrada, las cuales se formularon en formato dicotómico (Sí/No) (**Véase Anexo 1**). Esta estructura permitió recopilar de manera estandarizada la percepción de los usuarios, facilitando el análisis de resultados posterior.

Considerando que en 2024 se contabilizaron cerca de 241.000 atenciones a pasajeros con movilidad reducida (PMR) en el aeropuerto AMB, se estableció un tamaño mínimo cercano a 100 encuestas, de acuerdo con criterios de muestreo estadístico simple para poblaciones grandes, lo cual arroja una muestra limitada pero representativa. Se recopilaron en total **120 encuestas válidas en el terminal T1**, durante el segundo semestre del 2025, aplicadas tanto de forma presencial como a través de código QR, lo que permite identificar las tendencias de percepción.

El tamaño de la muestra se calculó de la siguiente forma, con la ecuación del muestreo aleatorio simple (Spiegel, 2002):

$$n \approx \frac{Z^2 p(1 - p)}{e^2}$$

Donde;

Z= valor Z del nivel de confianza (en este caso nivel de confianza=95%, valor Z es 1,96) (**Véase Anexo 2**)

p= proporción esperada de la población (se asumió p= 0,5 para maximizar la variabilidad y obtener un tamaño muestral conservador)

e= margen de error aceptado (asumimos 9%=0,09)

Por lo tanto;

$$n \approx \frac{1,96^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,09^2} \approx 118$$

A partir del muestreo, se obtiene que, con 118 encuestas, ya se obtiene una muestra representativa de la muestra para un estudio con un 95% de confianza y un error de ±0,09.

Es por lo anterior, que para la investigación se consideró un total de 120 encuestas.

Es importante considerar, que para el muestreo NO se consideró el tamaño de la población, ya que el número de atenciones prestadas NO representa a el total de personas individuales, por ejemplo; una persona en el 2024 pudo haber tenido una, dos, o más atenciones en el aeropuerto AMB.

Los resultados de la encuesta realizada el **segundo semestre del 2025** en T1 son los siguientes:

Nº PREGUNTA	PREGUNTA RESUMIDA	SÍ (%)	NO (%)
1	¿Existían sillas de ruedas disponibles inmediatamente al solicitarla?	35%	65%
2	¿La silla de ruedas se encontraba en buen estado? (limpia, sin daños visibles).	40%	60%
3	¿Frenos y reposapiés funcionaban correctamente?	45%	55%
4	¿El personal aplicó técnicas seguras de traslado?	60%	40%
5	¿El personal demostró conocer protocolos de asistencia para PMR?	50%	50%
6	¿El personal utilizó lenguaje claro y respetuoso durante toda la asistencia?	75%	25%

7	¿Las rutas utilizadas (rampas, ascensores, etc.) fueron accesibles y estaban operativas?	40%	60%
8	¿El desplazamiento entre silla, check-in, facturación, y embarque fueron fluidos?	30%	70%
9	¿Recomendarías el servicio de asistencia a otra persona?	30%	70%

Tabla 3.5: Resultados de encuestas aplicadas a usuarios PMR en AMB (2025).

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados de encuesta (Anexo 2).

A partir de la tabla, se infiere que:

- ✓ En las preguntas vinculadas a equipamiento e infraestructura (1,2,3,7, y 8), los porcentajes de respuesta **“NO” superan el 55%** en la mayoría de los casos.
- ✓ En cuanto al trato/lenguaje del personal (pregunta 6), es la sección mejor evaluada, con un **75% de respuestas afirmativas**.
- ✓ La pregunta 9 corresponde a la sección más crítica, donde **70% de los usuarios “NO” recomendaría el servicio de asistencia PMR** a otras personas, lo cual evidencia un descontento generalizado.

Con el fin de simplificar la interpretación de los resultados y relacionarlos con los ámbitos evaluados en el diagnóstico, se generaron indicadores a partir de las respuestas dicotómicas. A cada respuesta afirmativa (“SÍ”) se le asignó el **valor 1**, y a cada negativa (“NO”), **el valor 0**, calculando posteriormente promedios por conjunto de preguntas.

Se definieron 4 indicadores principales que tengan alineación a las características preguntadas:

- ✓ **Índice de Calidad del Equipamiento (ICE).**

Para este indicador, se consideraron las preguntas 1, 2, y 3.

El porcentaje de respuestas “SÍ” para dichas preguntas fueron de 35%, 40%, y 45% respectivamente, por ende:

$$ICE = \frac{0,35 + 0,4 + 0,45}{3} = 0,4 = 40\%$$

El valor obtenido, indica que sólo 4 de cada 10 usuarios perciben que el estado/disponibilidad de las sillas de ruedas cumple con lo esperado.

✓ **Índice de Calidad de la Atención (ICA).**

Para este indicador, se consideraron las preguntas 4, 5, y 6.

El porcentaje de respuestas “SÍ” para tales preguntas fueron de 60%, 50%, 75% respectivamente, por ende:

$$ICA = \frac{0,6 + 0,5 + 0,75}{3} \approx 0,62 = 62\%$$

El valor obtenido, indica que la experiencia de los usuarios PMR con el personal de asistencia es moderadamente positivo, especialmente en términos de la utilización de lenguaje claro y respetuoso, sin embargo, se aprecia una falencia en el ámbito de conocimiento del protocolo.

✓ **Índice de Fluidez del Desplazamiento (IFD).**

Para este indicador, se consideraron las preguntas 7 y 8.

El porcentaje de respuestas “SÍ” para dichas preguntas fue de 40% y 30% respectivamente, por lo tanto:

$$IFD = \frac{0,4 + 0,3}{2} = 0,35 = 35\%$$

El valor obtenido en este indicador muestra que **menos de la mitad de los usuarios percibe un desplazamiento fluido**, indicando una brecha en tal servicio.

✓ **Índice de Recomendación del Servicio (IRS).**

Para este indicador se consideró la pregunta 9.

El porcentaje de respuesta “SÍ” fue de 30%, es decir:

$$IRS = 0,3 = 30\%$$

El 70% de respuestas negativas, indica una brecha crítica en la satisfacción general del servicio, ya que la mayoría de los usuarios **NO recomendaría el servicio de asistencia PMR** prestado actualmente en el aeropuerto AMB.

Finalmente, para obtener una percepción general del servicio, a partir de los cuatro indicadores individuales se elaboró un **Índice Global de Calidad del Servicio PMR (IGC)**, calculado como el promedio simple de los valores obtenidos:

$$IGC = \frac{ICE + ICA + IFD + IRS}{4} = \frac{0,4 + 0,62 + 0,35 + 0,3}{4} \approx 0,42 = 42\%$$

Este valor muestra que el servicio de asistencia PMR en AMB, se encuentra por **debajo del 45% de cumplimiento** desde la perspectiva de los usuarios, lo cual indica una clara tendencia a la insatisfacción.

3.2. BENCHMARKING INTERNACIONAL

La segunda fase de la propuesta metodológica se centra en la aplicación de un Benchmarking Internacional, cuyo objetivo principal es evaluar el rendimiento del Aeropuerto AMB en relación con aeropuertos de referencia a nivel global. Estos casos comparativos han sido seleccionados por la relevancia de sus prácticas inclusivas, la eficiencia de su gestión operativa y la implementación de tecnologías de apoyo dirigidas a personas PMR. Este ejercicio de contraste y comparación constituye una base fundamental dentro del proceso investigativo, ya que favorece la detección de brechas existentes, la identificación de estándares más avanzados y el reconocimiento de oportunidades de mejora que pueden ser adaptadas al contexto chileno.

Con la base del marco teórico desarrollado en el capítulo 2, el benchmarking se plantea como una herramienta estratégica destinada a analizar de manera comparativa los procesos, políticas, tecnologías y modelos de gestión presentes en aeropuertos de alto desempeño. En el contexto de esta investigación, se seleccionaron como casos de referencia los aeropuertos de Tokio Haneda (HND) y Miami (MIA).

Este análisis contempla factores tales como; la infraestructura disponible, el equipamiento especializado, los procesos operacionales, el uso de herramientas tecnológicas, y los sistemas de gestión que sustentan dichas prácticas.

3.2.1. ANÁLISIS DE AEROPUERTOS INTERNACIONALES

El análisis de aeropuertos internacionales tiene el propósito de establecer un contraste entre la situación actual del aeropuerto AMB y aquellas terminales aéreas que han alcanzado un nivel de reconocimiento internacional en ámbitos de accesibilidad, inclusión y gestión de servicios destinados a personas PMR. En este estudio se han considerado como casos de referencia el Aeropuerto Internacional de Tokio Haneda (HND) y el Aeropuerto Internacional de Miami (MIA), ambos destacados por la incorporación de tecnologías especializadas, la implementación de programas de formación para su personal y la obtención de certificaciones internacionales en materia de accesibilidad.

Aeropuerto Internacional de Tokio Haneda (HND)

El Aeropuerto Tokio Haneda se ha posicionado como uno de los principales referentes a nivel mundial en la provisión de servicios destinados a pasajeros con movilidad reducida. Este liderazgo se sustenta en la integración de infraestructura accesible, la incorporación de soluciones tecnológicas innovadoras y el reconocimiento obtenido en instancias internacionales.

Como se mencionó, su logro más reciente (2025) destaca la obtención de premios otorgados por Skytrax, donde Haneda ha sido valorado tanto por la calidad de sus instalaciones como por la experiencia integral ofrecida al pasajero. Estos reconocimientos consolidan su papel como modelo de buenas prácticas en accesibilidad dentro del sector aeroportuario global.

En el ámbito tecnológico, se destacó como pionero en la incorporación de sillas de ruedas autónomas WHILL dentro de sus operaciones, este proyecto comenzó en 2019, impulsado por Japan Airlines (JAL) y Japan Airport Terminal Co. (JAT), quienes llevaron a cabo pruebas con dispositivos eléctricos autoguiados. La iniciativa tuvo como propósito facilitar que los pasajeros con movilidad reducida (PMR) pudieran seleccionar de manera independiente su destino y desplazarse sin requerir acompañamiento permanente del personal, lo que a su vez contribuyó a optimizar la gestión de los recursos humanos en el aeropuerto.

Inició en las Terminales 1 y 2, y posteriormente, en 2025, el programa se extendió al Terminal 3 en el marco de la iniciativa Haneda Robotics Lab, orientada a evaluar y consolidar la integración de tecnologías de asistencia en escenarios reales de operación aeroportuaria, fortaleciendo así la innovación aplicada al servicio de accesibilidad.

Estas acciones se encuentran vinculadas con los principios del diseño universal, y se reflejan en la implementación de rutas accesibles, señalización clara, espacios destinados específicamente a pasajeros con movilidad reducida (PMR) y servicios complementarios que potencian su autonomía dentro del aeropuerto. Además, la participación en programas y evaluaciones externas, como Skytrax, funciona como una fuente de control y retroalimentación, favoreciendo la mejora continua.

En contraste, el Índice Global de Calidad del Servicio PMR (IGC), calculado a partir de 120 encuestas válidas aplicadas a usuarios con movilidad reducida en el Aeropuerto AMB, alcanzó un valor de 42 %. Los resultados evidenciaron debilidades significativas en aspectos como el equipamiento disponible, la fluidez en los desplazamientos dentro del terminal y la disposición de los pasajeros a recomendar el servicio.

Este hallazgo difiere con la situación observada en el Aeropuerto Tokio Haneda, donde la implementación de soluciones de automatización y una estrategia consolidada de experiencia de usuario han permitido fortalecer la gestión y percepción del servicio. En cambio, AMB presenta brechas relevantes tanto en la administración de la asistencia como en la impresión que los pasajeros tienen respecto de la calidad ofrecida.

Aeropuerto Internacional de Miami (MIA)

El Aeropuerto Internacional de Miami se ha consolidado como un referente en materia de accesibilidad aeroportuaria, sustentado en la aplicación de la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (ADA) y en la implementación de programas orientados a la formación y sensibilización del personal. Entre las iniciativas más destacadas se encuentran el uso de los lanyards Sunflower, diseñados para ser usados por el personal aeroportuario, siendo fácilmente identificados y así apoyar a personas con discapacidades invisibles, además del programa MIAair, que ofrece recorridos simulados del proceso de viaje. Este último permite tanto la familiarización de los usuarios con las distintas etapas de la experiencia aeroportuaria como la capacitación práctica del personal en condiciones reales de atención.

En cuanto a tecnología, ha incorporado el sistema WHILL de sillas de ruedas autónomas, para complementar la oferta de dispositivos convencionales y responder de manera más eficiente a la creciente demanda de asistencia.

Previo a su puesta en marcha, se llevó a cabo un análisis técnico que consideró los flujos de tránsito de pasajeros, los perfiles de usuarios y entrevistas con especialistas en gestión aeroportuaria y operadores de asistencia. Dicho estudio permitió identificar los principales requisitos asociados a la eficiencia operativa, la seguridad de los usuarios y la interoperabilidad con la infraestructura existente, asegurando así una integración adecuada del sistema en el entorno aeroportuario.

En cuanto a las certificaciones, el aeropuerto alcanzó en 2023 la acreditación Accessibility Enhancement Accreditation (AEA) otorgada por ACI en su nivel 3. Este reconocimiento confirma el compromiso institucional del aeropuerto con la accesibilidad inclusiva y lo consolida como uno de los principales referentes en Estados Unidos en esta materia.

En comparación, el Aeropuerto AMB no dispone actualmente de acreditaciones en accesibilidad otorgadas por ACI, ni de auditorías externas específicas en esta materia. En la matriz normativa aplicada, obtuvo un puntaje de 0 en el ítem correspondiente a la AEA, lo que evidencia la ausencia de este tipo de certificación internacional.

De igual manera, el diagnóstico reveló la carencia de sistemas tecnológicos orientados de manera exclusiva a la gestión del servicio para pasajeros con movilidad reducida (PMR). Esta situación contrasta con la experiencia del Aeropuerto de Miami, donde las tecnologías de apoyo y las plataformas de gestión se han integrado como componentes esenciales del modelo de atención, fortaleciendo la calidad y eficiencia del servicio.

Matriz comparativa

CARACTERÍSTICA EVALUADA	AMB (SANTIAGO DE CHILE)	HND (TOKIO HANEDA)	MIA (MIAMI)
Infraestructura	Infraestructura básica accesible, se alinea a normativa.	Diseño accesible, rutas claras, y zonas específicas PMR, alineado a normativa.	Diseño accesible, rutas amplias, zonas específicas PMR, y alineado a normativa.
Sillas aplicadas a PMR	Sillas convencionales, sin trazabilidad ni automatización.	Implementación consolidada de sillas autónomas WHILL.	Implementación consolidada de sillas autónomas WHILL.
Gestión y monitoreo del servicio PMR	Ausencia de plataformas e indicadores asociados a servicio PMR.	Coordinación tecnológica asociada a servicio PMR.	Coordinación tecnológica asociada a servicio PMR.
Certificaciones/Reconocimientos internacionales	Sin acreditaciones en materia de accesibilidad.	Premios Skytrax que evidencian satisfacción del pasajero (1° lugar en instalaciones accesibles).	Acreditación ACI AEA nivel 3, que reconoce accesibilidad.
Percepción del usuario	Baja recomendación del servicio PMR (30%)	Altos niveles de satisfacción, reportados en encuestas de calidad global	Experiencia positiva asociada a autonomía y programas de apoyo, respaldado por AEA
Capacitación y cultura inclusiva	Programa Sunflower, alianzas con entidades nacionales, pero sin una evaluación.	Programa Sunflower, alianzas nacionales, reconocido por organismos internacionales.	Programa Sunflower, alianzas nacionales, reconocido por organismos internacionales.

Tabla 3.6: Matriz comparativa entre Aeropuertos de referencia y AMB (2025).

Fuente: Elaboración propia a partir de (López Lázaro et al., 2018).

La matriz realizada evidencia que el aeropuerto AMB presenta un nivel de desarrollo inferior respecto de los aeropuertos de referencia analizados, particularmente en tres dimensiones: equipamiento especializado, gestión tecnológica del servicio PMR y certificaciones internacionales. Mientras que Tokio Haneda y Miami han incorporado sillas autónomas, programas reconocidos y mecanismos de evaluación externa, AMB mantiene un modelo basado principalmente en sillas convencionales y asistencia manual.

Esto confirma que la principal oportunidad de mejora de AMB se encuentra en la modernización del equipamiento de movilidad o en la incorporación progresiva de tecnologías que fortalezcan la autonomía del pasajero, la eficiencia operativa y la calidad percibida del servicio PMR.

3.2.2. REVISIÓN NORMATIVA INTERNACIONAL

La revisión de la normativa internacional, aplicando el benchmarking, busca examinar la manera en que los aeropuertos seleccionados como referencia, Tokio Haneda y Miami, se vinculan con los principales marcos regulatorios globales en materia de accesibilidad. Este análisis permite establecer un contraste entre dichas prácticas y la realidad observada en el Aeropuerto AMB, con el fin de identificar brechas, similitudes y oportunidades de mejora en la aplicación de estándares internacionales.

Previamente, se mencionaron los principales instrumentos normativos y de referencia en materia de accesibilidad:

- ✓ Anexo 9 de la OACI, el cual establece disposiciones orientadas a facilitar el transporte aéreo y garantizar la atención de pasajeros con discapacidad, instando a los Estados a implementar procedimientos de asistencia adecuados.
- ✓ Las guías de accesibilidad de IATA, que promueven la prestación de servicios dignos, el uso de tecnologías de apoyo y la coordinación efectiva entre aeropuertos y aerolíneas para responder a las necesidades de los pasajeros con movilidad reducida (PMR).
- ✓ Programa Accessibility Enhancement Accreditation (AEA) de ACI, que introduce un sistema de acreditación progresivo destinado a evaluar el grado de compromiso de los aeropuertos con la accesibilidad inclusiva. Junto a los Premios Skytrax, reconocimientos de carácter mundial, que se obtiene a partir de encuestas de percepción de los pasajeros.
- ✓ La Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD) junto con la Estrategia de la ONU para la inclusión de la discapacidad, que reconocen la accesibilidad como un derecho fundamental y recomiendan la incorporación del diseño universal en la infraestructura, los servicios y la cultura organizacional.

En el caso del Aeropuerto de Miami, la acreditación en el nivel 3 del programa AEA evidencia una correspondencia con los estándares de accesibilidad definidos por ACI, mientras que la

aplicación de la normativa ADA garantiza un marco sólido de derechos y obligaciones hacia las personas con discapacidad. Por su parte, el Aeropuerto Tokio Haneda se posiciona dentro de la red de terminales evaluadas por Skytrax y se relaciona con lineamientos internacionales mediante la implementación de principios de diseño universal y el desarrollo de programas tecnológicos orientados a la asistencia de los pasajeros.

Sin embargo, la matriz de cumplimiento normativo aplicada al Aeropuerto AMB evidenció que, aunque existe una adhesión moderada a los marcos regulatorios tanto nacionales como internacionales, con un promedio de 2 en una escala de 0 a 3, equivalente a un 67 % de cumplimiento, aún persisten brechas relevantes en determinados ámbitos.

En primer lugar, se observa la ausencia de certificaciones específicas, como la AEA, cuyo valor registrado fue 0, lo que refleja una falta de acreditación formal internacional en materia de accesibilidad inclusiva. En segundo lugar, se identificó una carencia de herramientas tecnológicas que permitan materializar de manera efectiva los lineamientos propuestos por organismos internacionales como IATA, particularmente en lo relativo al uso de tecnologías de apoyo para pasajeros con movilidad reducida (PMR), donde el puntaje obtenido fue de 1.

Esta revisión permite establecer una diferencia clara respecto de los aeropuertos de referencia, los cuales no solo cumplen con los marcos regulatorios vigentes, sino que además avanzan hacia niveles superiores de acreditación y consolidación de buenas prácticas, buscando el desarrollo y eficiencia aeroportuaria. En contraste, el Aeropuerto AMB se encuentra en una etapa intermedia, si bien, ha integrado parcialmente la normativa, aún no logra traducirla de forma consistente en certificaciones reconocidas ni en soluciones tecnológicas que fortalezcan la gestión del servicio destinado a pasajeros PMR.

3.2.3. EVALUACIÓN TECNOLOGÍA SILLAS DE RUEDAS

El análisis realizado previamente, permite identificar que una de las principales deficiencias en la atención a Personas con Movilidad Reducida (PMR) en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB) se vincula directamente con la calidad, disponibilidad y rendimiento del equipamiento de apoyo a la movilidad. En particular, las sillas de ruedas utilizadas durante el proceso de asistencia representan el punto más crítico dentro de esta brecha.

Los datos obtenidos a partir de las encuestas aplicadas a usuarios PMR reflejan indicadores preocupantes. El Índice de Calidad del Equipamiento (ICE) alcanza únicamente un 40%, mientras que el Índice de Fluidez del Desplazamiento (IFD) se sitúa en un 35%, ambos resultados evidencian limitaciones operativas relacionadas con el estado y tipo de sillas disponibles. A su vez, el Índice de Recomendación del Servicio (IRS), con un valor de 30%, confirma que la experiencia de desplazamiento constituye un elemento determinante en la percepción general del servicio ofrecido por el aeropuerto.

La revisión de experiencias internacionales evidencia que la movilidad asistida en aeropuertos está evolucionando desde un sillas manuales y asistencia humana hacia soluciones tecnológicas y automatizadas.

Entre las alternativas que han surgido recientemente destacan las sillas autónomas WHILL, ya implementadas en Tokio, Miami, y Schiphol, igualmente pods de movilidad autónoma desarrollados por A&K Robotics, probados en el Aeropuerto Internacional de Vancouver, y nuevas soluciones robóticas orientadas específicamente al servicio PMR. Estas tecnologías buscan incrementar la independencia de los pasajeros, reducir tiempos de espera, optimizar el uso del personal de asistencia y mejorar la eficiencia operacional del servicio PMR (AMS Schiphol, 2024).

Dentro de estas alternativas emergentes destaca DAAV-air, desarrollada por la empresa suiza DAAV SA, es una silla robótica autónoma diseñada específicamente para entornos aeroportuarios, equipada con funciones como navegación autónoma, movimiento omnidireccional, evasión de obstáculos, modo follow-me, y conducción manual o asistida. Según (DAAV-Air, 2025) está orientada a proporcionar mayor independencia a los pasajeros con movilidad reducida y, simultáneamente, a apoyar a aeropuertos y proveedores de asistencia en la reducción de costos operacionales asociados al servicio PMR.

A diferencia de WHILL, que ya cuenta con implementaciones y pruebas piloto en diversos aeropuertos, DAAV-air corresponde a una tecnología reciente (2025), actualmente en etapas de demostración, prueba piloto y validación operacional. Existen antecedentes de demostraciones realizadas en el Aeropuerto de Zúrich, en colaboración con Airline Assistance Switzerland, además de pruebas piloto vinculadas al Aeropuerto de Viena (DAAV-Air, 2025).

La revisión de casos de referencia como Miami, Tokio, Zúrich y Viena permite concluir que la incorporación de tecnologías autónomas aplicadas a la movilidad PMR constituye una tendencia emergente en la gestión aeroportuaria. Estas soluciones no buscan reemplazar al personal de asistencia, sino que operan como un complemento funcional en trayectos extensos, repetitivos y previamente definidos.

Es por ello, que considerar la modernización del equipamiento en AMB, dado a las distancias internas de desplazamiento, la necesidad de mejorar la calidad percibida del servicio, y teniendo en cuenta que el aeropuerto ya ha comenzado a finales del 2025 a digitalizar los procesos PMR, actualizando su gestión.



Ilustración 3.1: Silla autónoma DAAV-Air en Aeropuerto de Zúrich.

Fuente: Extraída de (DAAV-Air, 2025).

3.3. DESARROLLO DE PROPUESTAS DE MEJORA

En el contexto de la reciente renovación del servicio de asistencia a Personas con Movilidad Reducida (PMR) en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez, adjudicado a la empresa Cargo Mobility a partir de diciembre de 2025, surge la necesidad de evaluar propuestas de mejora que fortalezcan la gestión operativa del sistema.

La incorporación de una flota compuesta por aproximadamente 300 sillas de ruedas (incluyendo modelos bariátricos), 10 carros eléctricos (carros de golf) y cerca de 160 asistentes operativos destinados al servicio PMR, junto con la implementación de una plataforma para monitorear en tiempo real las asistencias y el desarrollo de una futura aplicación para que los pasajeros puedan seguir a su asistente desde el teléfono, evidencia que el aeropuerto está avanzando hacia un modelo de trazabilidad y digitalización del servicio.

El dato anterior permite inferir que AMB dispone de una dotación significativa de sillas de ruedas convencionales destinadas a la atención de pasajeros PMR., es por ello que las propuestas de mejora se orientan en complementar el sistema actual mediante la incorporación focalizada de tecnología autónoma.

Además, en el mismo mes, el aeropuerto ha avanzado hacia la digitalización de la gestión de pasajeros con movilidad reducida (PMR), gracias a la incorporación de la plataforma Ostrum Tech. Esta herramienta posibilita la trazabilidad en tiempo real, la asignación eficiente de servicios y un control operativo más robusto.

No obstante, en este nuevo contexto, la principal brecha ya no se vincula al ámbito digital, sino que se manifiesta en la dimensión operacional/física tecnológica. Dichas limitaciones se relacionan

con: condiciones limitantes de las sillas de ruedas convencionales, una dependencia de la asistencia humana para la movilidad de los pasajeros, carga de trabajo que genera fatiga en el personal operativo, y percepción de lentitud e incomodidad experimentada por los usuarios PMR dado a las grandes distancias.

Es por ello que la investigación plantea la evaluación de dos posibles cursos de acción; el primero se relaciona con una estrategia de innovación focalizada, que considera la incorporación parcial de sillas de ruedas autónomas tipo WHILL en determinados trayectos o zonas del aeropuerto, tomando como referencia experiencias internacionales en las que esta tecnología ha sido utilizada como complemento al modelo convencional de asistencia; el segundo, una incorporación focalizada de otra silla autónoma que se encuentre en el mercado.

3.3.1. JUSTIFICACIÓN DE PROPUESTAS DE MEJORA

A partir del diagnóstico realizado en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB), se notó que una de las principales brechas del servicio de asistencia a personas PMR se vincula directamente con el equipamiento utilizado en los desplazamientos internos y con la calidad operativa del traslado ofrecido a los usuarios.

Los resultados obtenidos mediante encuestas evidenciaron deficiencias significativas en la disponibilidad inmediata de sillas de ruedas, en su estado de conservación, en el funcionamiento de sus componentes y en la continuidad de los recorridos a lo largo del proceso aeroportuario. El Índice de Calidad del Equipamiento (ICE) alcanzó un 40%, el Índice de Fluidez del Desplazamiento (IFD) un 35%, y el Índice de Recomendación del Servicio (IRS) un 30%, reflejando una percepción insatisfactoria respecto de dimensiones críticas del servicio PMR actualmente ofrecido en AMB.

Antecedentes institucionales recientes señalan que AMB dispone de una flota aproximada de 300 a 350 sillas convencionales destinadas al servicio de pasajeros PMR, por ende, los resultados del diagnóstico evidencian que la mera disponibilidad numérica del equipamiento no asegura una experiencia de traslado eficiente, autónoma y satisfactoria.

Por lo anterior, se observa que aunque el aeropuerto ha registrado avances en materia de accesibilidad desde una perspectiva normativa e institucional, persisten debilidades significativas en la dimensión físico-operacional del servicio, en otras palabras, la existencia de infraestructura adaptada, programas inclusivos o lineamientos internos no asegura por sí sola una experiencia de traslado adecuada para los pasajeros con movilidad reducida, si el equipamiento disponible no responde de manera efectiva a las exigencias reales de uso.

Esta problemática adquiere especial relevancia en el caso de AMB, dada la magnitud de su infraestructura, la extensión de los recorridos entre áreas funcionales y la alta intensidad de flujo que caracteriza la operación de sus terminales, condiciones que refuerzan la importancia del equipamiento de movilidad como componente esencial del servicio.

En este escenario, el análisis desarrollado en las etapas previas de la investigación permite establecer que la problemática no debe ser analizada únicamente como una carencia general de accesibilidad, sino como una brecha específica vinculada a la calidad, pertinencia y proyección del equipamiento destinado a Personas con Movilidad Reducida dentro del sistema aeroportuario. Y, en consecuencia, la formulación de propuestas de mejora debe enfocarse en este factor particular, privilegiando alternativas que fortalezcan el desplazamiento interno de los usuarios, disminuyan las fricciones operativas y eleven la calidad percibida del servicio.

La justificación de las dos alternativas propuestas se sustenta, además, en el ejercicio de benchmarking internacional desarrollado en esta investigación. Tanto en Tokio Haneda como en Miami, la modernización del equipamiento de movilidad ha sido concebida no solo como un avance en accesibilidad, sino también como un mecanismo para incrementar la eficiencia operativa, potenciar la autonomía de los pasajeros y mejorar la percepción de calidad del servicio.

En ambos casos, la incorporación de sillas autónomas no reemplaza de manera absoluta el modelo tradicional de asistencia, sino que se integra como un recurso complementario dentro de un sistema más amplio de atención a usuarios PMR.

3.3.2. PROPUESTA 1: INCORPORACIÓN FOCALIZADA SILLAS AUTÓNOMAS TIPO WHILL

La propuesta 1 contempla la incorporación focalizada de sillas de ruedas autónomas WHILL, siendo adquiridas pensando como una solución tecnológica complementaria al sistema de apoyo actualmente en funcionamiento, es decir, no busca reemplazar de manera total la flota existente ni al personal especializado, sino que se plantea como una estrategia de modernización parcial, orientada a trayectos específicos dentro del aeropuerto, en sectores donde la extensión de las distancias, la repetitividad de los recorridos y la intensidad de la demanda operativa permiten una integración controlada y eficiente de este tipo de tecnología.

Actualmente se encuentran operativas en aeropuertos como Tokio Haneda y Miami, y son equipos eléctricos de movilidad asistida que integran sensores LiDAR, cámaras con visión de 360°, algoritmos de navegación autónoma y rutas virtuales preconfiguradas, lo que posibilita que los pasajeros con movilidad reducida (PMR) se desplacen sin requerir asistencia constante por parte del personal.

Tendría beneficios en la autonomía de los pasajeros PMR, en la disminución de los tiempos de espera en la prestación del servicio, una experiencia ajustada a estándares internacionales de accesibilidad, y el refuerzo de la percepción de inclusión y modernidad en la infraestructura aeroportuaria.

Cabe destacar que, aunque no existe un documento público que cuantifique un porcentaje específico de aumento en la satisfacción de pasajeros PMR, la experiencia internacional demuestra que las sillas autónomas contribuyen a mejorar la autonomía, independencia y experiencia del usuario. En el caso de Miami, la implementación de las sillas WHILL fue presentada como una

solución destinada a entregar mayor libertad, confianza e independencia a los pasajeros, según (MIA News, 2024) se registró un promedio de 120 usuarios diarios durante su fase inicial de operación una demanda mayor a la habitual.

Tal como se mencionó se considera el diagnóstico efectuado anteriormente que evidenció que el equipamiento y los procesos de desplazamiento interno constituyen una de las dimensiones más críticas del servicio PMR, especialmente en lo relativo a su disponibilidad, fluidez y percepción general de calidad. Se identificó que las características físicas y operacionales del aeropuerto ofrecen condiciones para analizar la incorporación de soluciones de movilidad autónoma en áreas específicas, particularmente en trayectos extensos y estructurados, donde el recorrido puede ser predefinido y supervisado con mayor facilidad.

Por ende, se busca dar respuesta a diversas necesidades de forma simultánea; incrementar el nivel de autonomía de ciertos pasajeros PMR durante sus desplazamientos dentro del terminal, reduciendo la dependencia de asistencia física continua en situaciones específicas y controladas, pretender disminuir parte de la carga operativa asociada al traslado manual o asistido en trayectos extensos, favoreciendo un uso más eficiente del recurso humano disponible, y una opción que permita visibilizar un compromiso del aeropuerto con la accesibilidad, la innovación y la mejora de la experiencia del pasajero.

3.3.3. PROPUESTA 2: INCORPORACIÓN FOCALIZADA DE SILLAS AUTÓNOMAS DAAV-AIR.

La propuesta 2 contempla la incorporación focalizada de sillas autónomas DAAV-air, desarrolladas por la empresa suiza DAAV SA, como una alternativa tecnológica complementaria destinada a fortalecer el servicio de asistencia a personas PMR en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB). Esto se plantea como una segunda opción de modernización del equipamiento de movilidad, permitiendo establecer una comparación técnica y económica entre dos soluciones autónomas orientadas al desplazamiento aeroportuario.

DAAV-air es una silla robótica autónoma diseñada específicamente para operar en entornos aeroportuarios. Según la ficha técnica publicada por DAAV SA en enero de 2025, este equipo incorpora funcionalidades avanzadas como navegación autónoma, modo follow-me, teleoperación, conducción asistida, conducción manual, evasión de obstáculos mediante tecnología LiDAR, frenos automáticos, movimiento omnidireccional, además de una aplicación de gestión, una aplicación para el usuario y capacidad de interfaz con ascensores y puertas automáticas. Estas características permiten considerarla no solo como un dispositivo de movilidad, sino como una solución tecnológica integral orientada a optimizar la eficiencia operacional del servicio PMR (DAAV-Air, 2025).

La incorporación de esta alternativa mantiene coherencia con el diagnóstico desarrollado en la investigación, en el cual se identificó que las principales brechas del servicio PMR en AMB se

vinculan con la disponibilidad y calidad del equipamiento, la fluidez del desplazamiento y la percepción general del servicio.

Al ser una propuesta muy similar, también podría implementarse de manera focalizada en trayectos extensos y de alta demanda dentro del aeropuerto, tales como entre zonas de asistencia PMR, controles de seguridad, procesos de migración, salas de embarque, conexiones y puertas ubicadas en sectores alejados. Esto se asemeja a lo planteado en la propuesta 1, tampoco pretende sustituir completamente al personal de asistencia ni a la flota existente, sino más bien complementar el sistema actual mediante equipos autónomos capaces de disminuir la dependencia del traslado manual en determinados recorridos.

Una ventaja de DAAV-air frente a otras alternativas autónomas es su modo follow-me, mediante el cual hasta cinco sillas robóticas pueden desplazarse de manera autónoma siguiendo a un miembro del personal, sin necesidad de empuje manual. Esta función resulta adecuada para AMB, ya que permitiría asistir simultáneamente a varios pasajeros bajo supervisión humana, optimizando el uso del recurso humano en períodos de alta demanda. Además, la ficha técnica señala que la solución puede integrarse a las operaciones existentes del aeropuerto sin requerir modificaciones de infraestructura, lo que la refuerza como una alternativa de implementación progresiva (DAAV-Air, 2025).

3.3.4. EVALUACIÓN TÉCNICA PROPUESTA 1

Contexto físico-operacional AMB

Con respecto a AMB, se debe considerar que es el principal terminal aéreo del país y concentra una operación de alta complejidad, caracterizada por altos volúmenes de pasajeros, extensas superficies terminales y desplazamientos internos prolongados entre puntos críticos del proceso aeroportuario, tales como el acceso al terminal, áreas de check-in, controles de seguridad, procesos de migración, salas de espera, conexiones y puertas de embarque.

Estas características generan una exigencia particular para los pasajeros con movilidad reducida, quienes requieren asistencia constante y oportuna a lo largo de trayectos que pueden extenderse significativamente dentro de las instalaciones aeroportuarias.

El aeropuerto cuenta con dos terminales principales; el **Terminal 1 (T1)**, destinado a vuelos nacionales, y el **Terminal 2 (T2)**, a vuelos internacionales. Según los planos, el T2 posee una superficie aproximada de 249.500 m², mientras que el T1 alcanza cerca de 131.776 m². Esto permite dimensionar la magnitud de la infraestructura y la extensión de los recorridos internos que deben afrontar tanto los usuarios PMR como el personal de asistencia (Nuevo Pudahuel, 2025).

Además, los desplazamientos entre áreas de ingreso, control, salas de espera y puertas de embarque pueden superar rangos de 600 a 1.200 metros lineales, especialmente cuando las puertas se ubican

en los extremos de los espigones o en sectores alejados del edificio central (Nuevo Pudahuel, 2025).

En este contexto, la incorporación de sillas de ruedas autónomas se justifica técnicamente como una solución complementaria destinada a apoyar recorridos extensos, repetitivos y relativamente predecibles dentro del terminal. La propuesta no pretende sustituir de manera total la flota existente de sillas manuales, carros eléctricos ni el trabajo de los asistentes, sino modernizar parcialmente el servicio PMR mediante la incorporación de equipamiento tecnológico.

Con ello se busca fortalecer la autonomía de los usuarios, optimizar la utilización del personal de asistencia y reducir los tiempos de traslado en sectores específicos del aeropuerto.

Es importante, sin embargo, dada la complejidad del entorno aeroportuario, que la propuesta se aborde bajo un enfoque progresivo, considerando rutas previamente definidas, delimitación de zonas de operación, supervisión técnica inicial y protocolos de seguridad compatibles con la dinámica del aeropuerto.

DATOS	
Superficie T1	Aprox 131.776 m2
Superficie T2	Aprox 249.500 m2
Trayectos estimados	600 a 1200 m
Sectores críticos	Check-in, seguridad, migración, embarque, conexiones
Condiciones operacionales	Alta concentración en horas punta

Tabla 3.7: Datos plano de Aeropuerto AMB.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Nuevo Pudahuel, 2025).

Características técnicas sillas WHILL

La propuesta contempla la incorporación de sillas de ruedas autónomas tipo WHILL como equipamiento tecnológico complementario para la asistencia de pasajeros con movilidad reducida. Esto adquiere especial relevancia en un entorno como el Aeropuerto Arturo Merino Benítez, donde los desplazamientos de pasajeros PMR se realizan principalmente en superficies interiores, pavimentadas, niveladas y de alto tránsito.

De acuerdo con el manual técnico del modelo WHILL C2, el equipo está diseñado para proporcionar movilidad autónoma tanto en interiores como en exteriores a personas que se sienten cómodas utilizando una silla de ruedas eléctrica.

Incorpora una batería de ion-litio de 25,3 V y 10,6 Ah, con un tiempo de carga aproximado de cinco horas. Su autonomía referencial alcanza hasta 20 km bajo condiciones ideales, lo que resulta suficiente para cubrir desplazamientos internos en el aeropuerto, incluso en trayectos extensos que conectan zonas de controles, salas de embarque y puertas ubicadas en espigones más alejados (WHILL, 2025).

Además, presenta una velocidad regulable en distintos niveles, frenos electromagnéticos y automáticos, radio de giro reducido y ruedas delanteras omnidireccionales, características que favorecen su maniobrabilidad en espacios interiores con alta circulación de pasajeros. Estas condiciones permiten proyectar su uso en áreas siempre bajo un esquema de operación controlada y supervisada.

En cuanto a capacidad, el modelo está diseñado para transportar usuarios adultos con un límite de carga de hasta 136 kg, dependiendo de la configuración del asiento, lo cual permite atender una parte significativa de la demanda PMR, aunque no sustituye la necesidad de contar con sillas bariátricas ni asistencia personalizada para pasajeros con requerimientos especiales, es por ello, que su incorporación debe entenderse como una solución complementaria dentro de la flota existente del aeropuerto.

Respecto a la durabilidad, el manual técnico establece una vida útil estimada de cinco años, y se recomienda realizar inspecciones periódicas cada seis meses, lo que refuerza la necesidad de implementar un esquema de mantención preventiva y soporte técnico especializado durante la operación.

DATOS SILLA WHILL MODEL C-2	
Uso	Interiores y exteriores
Batería	25,3 [V] y 10,6 [Ah]
Tiempo de carga	Aprox 5 [hrs]
Autonomía	Aprox hasta 20 [km]
Velocidad máxima	Entre 6 y 8 [km/h]
Límite soporte peso	Hasta 136 [kg]
Radio de giro mínimo	760 [mm]
Vida útil	5 años
Inspección recomendada	Cada 6 meses

Tabla 3.8: Datos específicos de modelo C-2 WHILL.

Fuente: Elaboración propia a partir de (WHILL, 2025).

Compatibilidad con Infraestructura de AMB

La compatibilidad de esta tecnología debe evaluarse considerando las características físicas del terminal, las condiciones de circulación interna y la dinámica operacional del servicio PMR.

AMB dispone de espacios interiores amplios, superficies pavimentadas, corredores longitudinales, salas de embarque, zonas de conexión y áreas de espera que permiten proyectar la utilización de soluciones eléctricas de movilidad bajo un esquema de operación controlada (**Véase Anexo 3**).

Desde el punto de vista físico, las sillas WHILL presentan una adecuada correspondencia con el entorno aeroportuario, ya que han sido diseñadas para operar en interiores y sobre superficies pavimentadas, y ya usadas en distintos aeropuertos como Miami y Tokio. En este sentido, su aplicación podría concentrarse en rutas previamente definidas entre puntos estratégicos, tales como

áreas de asistencia PMR, sectores de check-in, controles de seguridad, procesos de migración, salas de embarque, puertas de salida y zonas de conexión entre terminales.

Como se mencionó, el aeropuerto tiene recorridos extensos y repetitivos, particularmente en los trayectos hacia puertas ubicadas en espigones o sectores más alejados del edificio central. Estas condiciones favorecen la incorporación de sillas autónomas, ya que permiten definir rutas operacionales relativamente estables y predecibles, de esta forma, WHILL podría implementarse inicialmente en sectores de mayor longitud, menor variabilidad y alta demanda PMR, evitando en una primera etapa zonas de congestión elevada o intersecciones complejas.

Sin embargo, para garantizar una implementación segura, es necesario delimitar áreas de circulación, establecer puntos de inicio y término de ruta, estaciones de carga eléctrica, y capacitar al personal encargado de la supervisión del sistema. Asimismo, deben contemplarse protocolos frente a obstáculos, cambios de puerta, congestión peatonal, emergencias o fallas técnicas.

Una alternativa prudente sería iniciar con rutas piloto en el Terminal 2, dada su mayor superficie, diseño longitudinal y concentración de flujos internacionales. Posteriormente, la solución podría extenderse a trayectos específicos del Terminal 1, en función de los resultados operacionales obtenidos y de la disponibilidad del equipamiento, un ejemplo sería en los tramos hacia las puertas B, que están más alejadas de la zona de seguridad.

Requisitos para implementación

Para la implementación de sillas de ruedas autónomas tipo WHILL en el AMB, se requiere una planificación técnica y operacional previa, ya que no se trata únicamente de adquirir el equipamiento, sino de integrarlo de manera segura al funcionamiento cotidiano del terminal. Al constituir una solución tecnológica destinada a fortalecer el servicio PMR, su puesta en marcha debe contemplar infraestructura de carga, delimitación de zonas de operación, protocolos de uso, capacitación del personal, supervisión inicial y coordinación con los flujos habituales de pasajeros.

Primero, se deben definir rutas operacionales específicas para el desplazamiento de las sillas, las cuales deben conectar puntos estratégicos del proceso aeroportuario, que fueron mencionados anteriormente.

Luego, se deben habilitar zonas específicas de estacionamiento, carga y resguardo para las sillas, dado que el equipamiento funciona mediante baterías recargables, el aeropuerto debe disponer de espacios seguros destinados a la carga, almacenamiento y revisión de las unidades entre servicios. Estas áreas deberían ubicarse en proximidad a puntos de alta demanda PMR, evitando al mismo tiempo interferir con la circulación de pasajeros o con sectores operacionales sensibles.

Otro aspecto crítico corresponde a la capacitación del personal PMR y de los supervisores operacionales, ya que se requiere de personal entrenado para asignar equipos, asistir a los usuarios, verificar el estado de carga, responder ante fallas, aplicar protocolos de contingencia y coordinar la operación de la tecnología con la dinámica diaria del terminal, considerando que AMB cuenta

con una dotación cercana a 160 asistentes operativos vinculados al servicio de movilidad, distribuidos entre el T1 y T2.

Asimismo, la implementación debe contemplar mantenimiento e inspección periódica según lo indicado en el manual del equipo, se recomienda realizar una revisión aproximadamente cada seis meses, lo que justifica la definición de un programa de mantención preventiva semestral. A ello se suman las inspecciones correctivas, la reposición de baterías, la limpieza técnica y la disponibilidad de repuestos, con el objetivo de asegurar la continuidad operacional y evitar que fallas menores reduzcan la disponibilidad efectiva de la flota.

Dotación y capacitación del personal

En la fase inicial de implementación de las sillas autónomas WHILL no se contempla la contratación de personal adicional, dado que la propuesta se plantea como una incorporación focalizada y complementaria al servicio PMR actualmente existente, optimizando así el recurso humano.

Es por ello, que la operación de las sillas debería ser asumida por el personal ya vinculado al servicio PMR, con previa capacitación específica. La dotación requerida correspondería principalmente a asistentes y supervisores existentes de la operación, quienes tendrían a su cargo funciones como la asignación del equipo, acompañamiento inicial del pasajero, verificación del estado de carga, supervisión de rutas, respuesta ante fallas y registro de incidencias operacionales.

La capacitación se desarrollaría en una etapa previa a la puesta en marcha, mediante un programa teórico-práctico orientado a garantizar un uso seguro y eficiente del equipamiento. Este programa debería incluir, en primer lugar, una inducción técnica sobre las características generales de las sillas WHILL, abordando aspectos como funcionamiento, autonomía, sistema de carga, límites de operación, frenos, sensores y protocolos de emergencia. Luego, se requeriría formación en la operación aeroportuaria del equipo, considerando rutas autorizadas, puntos de inicio y término, zonas de carga, criterios de asignación y condiciones bajo las cuales el dispositivo debe ser operado con supervisión directa.

Igualmente, debería integrar un módulo de atención a pasajeros PMR, reforzando el trato digno, la comunicación clara, la asistencia segura y el respeto por la autonomía del usuario, que ya se encuentra disponible en sectores del T1 y T2. Finalmente, se debe incluir una etapa práctica de simulación en terreno, en la cual el personal pueda operar las sillas en rutas piloto, identificar puntos críticos, aplicar protocolos de contingencia y validar el funcionamiento del sistema antes de su operación regular.

Lay-out Terminal 1



Ilustración 3.2: Lay-out terminal 1 AMB.

Fuente: Elaboración propia a partir de mapa AMB (Anexo 3).

Lay-out Terminal 2



Ilustración 3.3: Lay-out terminal 2 AMB.

Fuente: Elaboración propia a partir de mapa AMB (Anexo 3).

3.3.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA PROPUESTA 1

La propuesta 1 se centra en la implementación de sillas de ruedas autónomas tipo WHILL, dado que estos equipos no se adquieren con fines de comercialización, sino para ser empleados directamente en la prestación del servicio aeroportuario, su clasificación resulta coherente con la lógica de un activo de Propiedades, Planta y Equipo (PPE).

En este sentido, la silla autónoma se concibe como un recurso tangible de apoyo operativo, orientado a facilitar el desplazamiento interno de pasajeros con movilidad reducida (PMR) en trayectos previamente delimitados dentro del terminal, de esta manera, su incorporación contribuye simultáneamente a elevar la calidad del servicio y a optimizar la eficiencia del sistema de asistencia.

El manual técnico correspondiente a los modelos WHILL C, C2, Y F, indican que estos dispositivos están diseñados para otorgar movilidad tanto en espacios interiores como exteriores a personas PMR. Asimismo, dicho documento establece una vida útil aproximada de 5 años, antecedente que constituye un insumo técnico relevante para fundamentar el horizonte temporal considerado en el análisis contable desarrollado en esta investigación (WHILL, 2025).

De este modo, la incorporación de estas sillas puede interpretarse como una inversión en equipamiento aeroportuario de carácter duradero, cuyo retorno no se materializa mediante la venta directa del activo, sino a través de su utilización continua en la operación. En otras palabras, el valor generado proviene de su capacidad para respaldar la continuidad del servicio destinado a pasajeros con movilidad reducida (PMR), disminuir las dificultades asociadas al desplazamiento interno y potenciar la experiencia del usuario.

La Memoria Anual 2024 de (Nuevo Pudahuel S.A, 2024), reporta ingresos por actividades ordinarias equivalentes a M\$85.372.099, aproximadamente \$85.372 millones CLP, a partir de la coparticipación con el Estado. A su vez, los ingresos de explotación brutos alcanzaron los M\$365.134.024, antes de descontar la participación correspondiente al Ministerio de Obras Públicas.

Estos datos permiten dimensionar la magnitud económica de la Sociedad Concesionaria, sin embargo, no constituye evidencia suficiente para inferir capacidad financiera de inversión, ya que ello requeriría un análisis integral de costos, obligaciones contractuales, endeudamiento, flujos de caja y restricciones presupuestarias de la concesionaria. Por esta razón, en la presente investigación el dato se incorpora únicamente como referencia, mientras que la viabilidad de las propuestas se evalúa mediante inversión inicial, costos operacionales, VAN y Costo Anual Equivalente (CAE).

Determinación tasa de descuento anual

Para la evaluación económica de la propuesta 1, se establece un horizonte de análisis de 5 años, en concordancia con la vida útil estimada por el fabricante para este tipo de equipamiento.

Como se mencionó la propuesta no genera ingresos directos, sino que constituye una inversión estratégica en la modernización del servicio de asistencia a pasajeros con movilidad reducida (PMR), la tasa de descuento se aplica principalmente para actualizar de los costos futuros, en consecuencia, el estudio económico se centra en calcular el valor presente de los egresos asociados a la adquisición, operación, mantenimiento y eventual reposición de componentes del activo.

De acuerdo con los antecedentes publicados por el Banco Central de Chile, en marzo de 2026 las tasas de créditos comerciales se situaron en torno al 8,0%, mientras que los bonos en pesos a cinco años registraron valores entre 5,1% y 5,3%. A su vez, la Tasa de Política Monetaria (TPM) vigente se mantuvo en 4,5% (IPoM, 2026).

Bajo este escenario, se adoptó una **tasa de evaluación del 10% anual**, que se alinea a un criterio metodológico prudente y conservador.

Determinación inversión/costo inicial del activo

Para determinar la cantidad inicial de sillas autónomas WHILL requeridas en el Aeropuerto Arturo Merino Benítez, se utilizó la demanda anual de atenciones a pasajeros con movilidad reducida (PMR). A partir de las **241.000 atenciones registradas en un año**, se obtuvo un promedio diario de **660 asistencias**, considerando operación continua durante los 365 días.

Lo anterior, porque la revisión de normativa aeronáutica evidencia que no existe una disposición que establezca un número mínimo obligatorio de sillas de ruedas en los aeropuertos. En su lugar, instrumentos como el Anexo 9 de la OACI, la DAN 382 de la DGAC y los lineamientos europeos derivados del Reglamento CE N.º 1107/2006 orientan la exigencia hacia la provisión de asistencia adecuada, accesible y oportuna para pasajeros con discapacidad o movilidad reducida, priorizando la calidad y oportunidad del servicio por sobre una cantidad predeterminada de equipamiento.

Posteriormente, se usó como supuesto que un 10% de dicha demanda podría concentrarse en horarios de mayor flujo, lo que equivale a 66 pasajeros PMR simultáneamente requiriendo apoyo. Dado que el aeropuerto ya dispone de una flota de sillas manuales, carros eléctricos y personal asistente, se asumió que solo una fracción de esa demanda (15%) sería cubierta mediante sillas WHILL.

Además, se incorporó un factor de disponibilidad operativa del 80%, reconociendo que no todas las unidades estarán activas de manera simultánea debido a procesos de carga, mantención o contingencias. Bajo este enfoque, el requerimiento calculado alcanza 12,4 unidades, por lo que se propone un rango conservador de adquisición de **13 a 15 sillas WHILL**.

Lo anterior, se calculó de la siguiente forma:

Atenciones anuales PMR	241000
Días de operación	365
Atenciones diarias PMR	660
Concentración hora punta/día	10%
PMR en hora punta	66
Porcentaje que requiere silla	15%
Demanda simultánea WHILL	10
Disponibilidad operativa	80%
SILLAS REQUERIDAS	12,4

Tabla 3.9: Cálculo de número de sillas a implementar en AMB.

Fuente: Elaboración propia a partir de (BioBio Chile, 2025).

A partir de ello, se procedió a establecer el costo inicial de una silla WHILL bajo el criterio de Propiedades, Planta y Equipo (PPE). Para ello, se tomó como referencia el valor comercial oficial publicado por el fabricante para el mercado estadounidense, equivalente a USD 3.999, monto que fue convertido a pesos chilenos utilizando un tipo de cambio supuesto de 900 CLP/USD. Este valor resulta consistente con la cotización del dólar observado informada por el Banco Central de Chile, cercana a 895 CLP/USD en la fecha considerada para el análisis. El precio base de cada modelo, según el sitio oficial de WHILL, se inicia en USD 3.999 (WHILL, 2025).

A partir de dicho valor, se adicionaron los costos directamente atribuibles a la puesta en marcha en el Aeropuerto Arturo Merino Benítez (AMB), tales como flete internacional, seguro de transporte, derecho ad valorem (aduana) y gastos iniciales. En contraste, no se incluyeron desembolsos de carácter administrativo general, mantenciones rutinarias ni costos operacionales futuros, dado que estos no forman parte del proceso de incorporación inicial del activo (Aduanas Chile, 2002).

Costos/moneda	USD	CLP	Estado contable
Valor de adquisición FOB	\$ 3.999	\$ 3.599.100	Se capitaliza
Flete internacional (10%)	\$ 400	\$ 359.910	Se capitaliza
Seguro de transporte (1%)	\$ 40	\$ 35.991	Se capitaliza
VALOR CIF	\$ 4.439	\$ 3.995.001	Base aduanera
Derecho Ad Valorem (6%)	\$ 266	\$ 239.700	Se capitaliza
IVA (19%)	\$ 894	\$ 804.593	Recuperable
Costo de puesta en marcha		\$ 200.000	Se capitaliza
Valorización inicial PPE		\$ 4.434.701	S/IVA
Valorización inicial PPE		\$ 5.239.294	C/IVA
Valorización inicial PPE (15 sillas)		\$ 66.520.516	S/IVA
Valorización inicial PPE (15 sillas)		\$ 78.589.414	C/IVA

Tabla 3.10: Cálculo Inversión Inicial Propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Aduanas Chile, 2002).

La tabla 3.10 evidencia que este enfoque resulta significativo, dado que el recurso no ingresa a la operación aeroportuaria simplemente como un bien adquirido, sino como un equipamiento que requiere ser trasladado, nacionalizado y habilitado antes de integrarse al sistema de asistencia

PMR. En consecuencia, la estimación inicial constituye una aproximación más precisa al costo real de incorporar una silla autónoma en el entorno aeroportuario.

Cabe destacar que, no se identificaron obligaciones futuras de desmantelamiento ni pagos diferidos de largo plazo vinculados al activo, por ende, el costo inicial fue determinado exclusivamente en función de desembolsos presentes y de aquellos directamente atribuibles a la puesta en servicio del equipo.

Para efectos del flujo de caja, se considera el desembolso inicial con **IVA incluido**, dado que este refleja la salida efectiva de recursos que debe realizarse en el año 0 para la adquisición, importación y puesta en marcha de las sillas WHILL. Sin embargo, para la depreciación contable, se utiliza el valor inicial bajo criterio de Propiedades, Planta y Equipo (PPE) sin IVA, considerando que dicho impuesto puede ser tratado como crédito fiscal recuperable y, por tanto, no necesariamente integra el valor contable del activo.

Bajo este enfoque, el valor contable unitario de cada silla WHILL es de \$4.434.701 CLP, mientras que el desembolso inicial unitario alcanza los \$5.239.294 CLP. En un escenario conservador de 15 unidades, el valor total del activo para efectos de depreciación corresponde a \$66.520.515 CLP, mientras que el desembolso inicial registrado en el flujo de caja del año 0 se eleva a \$78.589.410 CLP.

Proyección de demanda servicio PMR y número de sillas en AMB

Con el fin de estimar el posible aumento de la demanda de las sillas autónomas WHILL, se elaboró una proyección de serie de tiempo basada en tendencia, empleando el crecimiento anual compuesto como metodología. Esto, dado que se dispone de datos históricos consistentes sobre una misma variable; el número anual de atenciones de asistencia de movilidad registradas en el Aeropuerto Arturo Merino Benítez, sin embargo, no de cada año.

Según los datos difundidos por (BioBio Chile, 2025) a partir de información oficial de AMB, en el año 2024 se registraron más de 241.487 atenciones de asistencia de movilidad, cifra que representa un incremento significativo respecto de 2021, cuando se contabilizaron 73.828 atenciones.

Este comportamiento evidencia una tendencia sostenida al alza en la demanda del servicio PMR, lo cual puede deberse a diversos factores como una recuperación de la demanda postpandemia, por ende, se debe proyectar su evolución futura y analizar si la dotación inicial de sillas autónomas propuesta será suficiente para responder adecuadamente en el mediano plazo.

Para estimar la variación histórica de la demanda, se aplicó la tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR: Compound Annual Growth Rate), como se mencionó en el marco teórico, este indicador permite determinar el crecimiento promedio anual de una variable dentro de un período definido,

bajo el supuesto de una evolución compuesta entre un valor inicial y uno final (Corporate Finance Institute (CFI), 2020).

Según lo establecido por Corporate Finance Institute, la fórmula general del CAGR se expresa de la siguiente manera:

$$CAGR = \left(\frac{Vf}{Vi}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Donde;

Vf= Valor final.

Vi= Valor inicial.

n= Número de períodos.

Para AMB se tomó como valor inicial el número de asistencias registradas en el año 2021 y como valor final el total de atenciones contabilizadas en 2024, quedando;

$$CAGR = \left(\frac{241487}{73828}\right)^{\frac{1}{3}} - 1 = 0,484 \approx 48\%$$

Con esto se observa que entre los años 2021 y 2024, las atenciones de asistencia de movilidad experimentaron una tasa de crecimiento anual compuesta cercana al 48,5%. A partir de este indicador se procedió a estimar los valores intermedios de demanda correspondientes a 2022 y 2023, considerando que no existen datos oficiales publicados para dichos períodos, para así poder realizar una proyección de serie de tiempo.

Para ello, se aplicó la ecuación de crecimiento anual compuesto, que permite interpolar los valores faltantes en función de la relación entre el dato inicial y el final. De esta forma, la serie estimada queda;

AÑO	t	Demanda PMR
2021	1	73.828
2022	2	109.592
2023	3	162.681
2024	4	241.487

Tabla 3.11: Cálculo de crecimiento anual compuesto años 2022 y 2023.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Corporate Finance Institute (CFI), 2020).

Es importante destacar, sin embargo, que esta metodología no es una predicción exacta, sino una estimación tendencial sustentada en el comportamiento histórico disponible de la variable, por ende, los resultados deben interpretarse como un escenario de referencia sujeto a verificación y ajuste mediante datos reales de demanda en los períodos posteriores.

Luego se procedió a proyectar la demanda del servicio PMR hasta el año 2029, utilizando funciones de Excel. Dado que el comportamiento de los datos observados responde a un patrón de

crecimiento compuesto, se debe aplicar una tendencia exponencial mediante la función CRECIMIENTO, en lugar de lineal, ya que esto permite extrapolar valores futuros a partir de una serie histórica que evidencia un incremento proporcional sostenido.

AÑO	t	DEMANDA PMR	SILLAS REQUERIDAS
2021	1	73.828	
2022	2	109.592	
2023	3	162.681	
2024	4	241.487	12
2025	5	358.469	18
2026	6	532.119	27
2027	7	789.890	41
2028	8	1.172.530	60
2029	9	1.740.530	89

Tabla 3.12: Proyección demanda PMR y sillas requeridas en AMB de 2024 a 2029.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Corporate Finance Institute (CFI), 2020).

Para estimar el número de sillas requeridas en cada año proyectado, se mantuvo la relación obtenida en la inversión inicial, donde con una demanda anual de 241.487 atenciones PMR corresponde a un requerimiento de 12,4 sillas WHILL. En consecuencia, el cálculo del requerimiento futuro se efectuó aplicando la ecuación de crecimiento compuesto, ajustada a tal proporción;

$$Sillas\ requeridas\ año\ t = Sillas\ año\ anterior \times \left(\frac{Demanda\ proyectada}{Demanda\ año\ anterior} \right)$$

Esta ecuación permite estimar la cantidad futura de sillas requeridas en función del crecimiento proyectado de la demanda PMR, además, los resultados fueron redondeados hacia el valor entero superior, dado que en la operación real no es factible considerar fracciones de unidades de silla.



Ilustración 3.4: Gráfico de proyección de demanda y sillas requeridas en AMB entre 2024-2029.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Corporate Finance Institute (CFI), 2020)

El gráfico permite visualizar la evolución proyectada de la demanda de atenciones PMR y su impacto directo sobre el requerimiento de sillas autónomas WHILL en el período 2024-2029.

Se aprecia una tendencia creciente y acelerada en las atenciones estimadas, que pasan de aproximadamente 241.487 en el año base a cerca de 1,7 millones hacia el final del horizonte analizado. En consecuencia, el número de sillas requeridas también muestra un incremento progresivo, desde las 12 unidades hasta alrededor de 90 unidades en 2029.

No obstante, este resultado debe interpretarse como un escenario tendencial alto, ya que asume que el crecimiento histórico reciente se mantiene constante durante todo el horizonte proyectado. Es por ello, que el gráfico permite dimensionar la presión que podría enfrentar el servicio PMR si la demanda continúa incrementándose al mismo ritmo.

Dicho esto, la incorporación inicial de 15 sillas WHILL se considera adecuada para una primera fase de implementación; sin embargo, la proyección evidencia la necesidad de planificar una ampliación progresiva de la flota, ajustada al comportamiento real de las atenciones en los años siguientes.

Depreciación del activo

Una vez definido el costo inicial, se procedió a examinar la pérdida de valor del equipo a lo largo de su vida útil mediante el método de depreciación lineal. Esta técnica fue seleccionada por su simplicidad, transparencia y coherencia con el alcance de la investigación, ya que permite distribuir el monto depreciable del activo durante el período considerado.

$$Depreciación = \left(\frac{Valor\ inicial - Depreciación\ acumulada - Valor\ residual}{Vida\ útil\ remanente} \right)$$

En este caso, se adoptó una vida útil de 5 años conforme a la especificación técnica del fabricante, y se asumió un valor residual igual a cero bajo un criterio conservador, atendiendo a la naturaleza tecnológica del equipo, al uso intensivo previsto en la operación aeroportuaria y a la incertidumbre respecto de su recuperación al término del ciclo de servicio.

AÑO	Valor libro inicial	Depreciación anual	Dep acumulada PPE	Valor libro final
1	\$ 78.589.414	\$ 15.717.883	\$ 15.717.883	\$ 62.871.531
2	\$ 62.871.531	\$ 15.717.883	\$ 31.435.766	\$ 47.153.648
3	\$ 47.153.648	\$ 15.717.883	\$ 47.153.648	\$ 31.435.766
4	\$ 31.435.766	\$ 15.717.883	\$ 62.871.531	\$ 15.717.883
5	\$ 15.717.883	\$ 15.717.883	\$ 78.589.414	-

Tabla 3.13: Depreciación del activo propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia a partir de (de Rus et al., 2023).

La tabla 3.13 muestra el cálculo sobre el valor contable inicial de las sillas WHILL, incluyendo el IVA. En el escenario conservador de 15 unidades, con un valor PPE unitario de \$5.239.294 CLP, se obtiene una base depreciable total de \$78.589.414 CLP.

Cabe señalar que esta depreciación no implica una salida efectiva de caja, sino que corresponde a un reconocimiento contable del desgaste y pérdida de valor del activo a lo largo de su uso. Por ello, se incorpora en el análisis contable del proyecto, diferenciándose de los egresos operacionales efectivos reflejados en el flujo de caja.

Costos de operación

Los costos de operación corresponden a los desembolsos anuales necesarios para asegurar la continuidad del servicio mediante la flota de sillas WHILL en el Aeropuerto AMB. A diferencia de la inversión inicial, estos gastos se repiten durante toda la vida útil del proyecto e incluyen principalmente consumo eléctrico, mantenimiento preventivo, inspecciones técnicas, adquisición de repuestos, soporte especializado y eventuales reposiciones menores.

El costo de capacitación inicial del personal se considera incorporado dentro del presupuesto de puesta en marcha del proyecto, dado que constituye una actividad previa y esencial para habilitar la operación segura de las sillas autónomas WHILL. Este gasto no se contempla como remuneración adicional ni como un incremento de la dotación, ya que la propuesta prevé utilizar al personal actualmente vinculado al servicio PMR, debidamente capacitado para operar y supervisar la nueva tecnología.

El manual del WHILL Model C2 especifica que el equipo funciona con una batería de ion-litio de 25,3 V y 10,6 Ah, cuyo tiempo de carga aproximado es de 5 horas. Asimismo, indica que el dispositivo debe ser inspeccionado por el distribuidor cada seis meses, lo que justifica la incorporación de costos periódicos de mantenimiento e inspección dentro del flujo de caja proyectado.

Consumo de energía

Para estimar el costo de energía eléctrica asociado a la operación de las sillas WHILL, se considera la capacidad de la batería del modelo C2 mencionada anteriormente. A partir de estos parámetros se obtiene un consumo aproximado de 0,268 kWh por ciclo de carga. Suponiendo una carga diaria por unidad, una flota de 15 sillas y operación continua durante los 365 días del año, el consumo anual proyectado alcanza **1.468,3 kWh** (ENEL Chile, 2026).

La valorización de este consumo se realiza tomando como referencia el tarifario vigente de Enel Chile, desde mayo de 2026. Considerando los cargos aplicables y una tarifa referencial de \$220 CLP/kWh con IVA incluido, el costo anual de energía para la flota se estima en **\$323.023 CLP**. Este monto refleja un bajo impacto operacional en comparación con la inversión inicial, lo que evidencia que el mayor peso económico del proyecto se concentra en la adquisición, importación y mantenimiento del equipamiento, más que en su consumo energético.

Lo anterior se calculó:

Energía= Voltaje*Amperios-hora		
Voltaje	25,3	V
Amperios-hora	10,6	Ah
ENERGÍA	268,18	Wh
ENERGÍA	0,26818	KWh

Tabla 3.14: Cálculo energía sillas WHILL.

Fuente: Elaboración propia a partir de (ENEL Chile, 2026).

Consumo anual= N°sillas*Carga*N° días		
N° sillas	15	
Carga	0,26818	KWh
Días	365	
CONSUMO ANUAL	1468	KWh/año

Tabla 3.15: Cálculo consumo anual sillas WHILL.

Fuente: Elaboración propia a partir de (ENEL Chile, 2026).

Costo anual = Consumo anual* Tarifa		
Consumo anual	1468	KWh/año
Tarifa	220	CLP/KWh
COSTO ANUAL	\$ 323.023	CLP/año

Tabla 3.16: Costo anual de mantener sillas WHILL en AMB.

Fuente: Elaboración propia a partir de (ENEL Chile, 2026).

Mantenimiento preventivo

Para la estimación del costo de mantención preventiva, se efectuó una revisión preliminar de proveedores nacionales vinculados a servicios técnicos, reparación y mantenimiento de sillas de ruedas eléctricas. Entre las alternativas identificadas destacan Medicaltec, Deltamed, MobilityChile, y Rehacare, todos con experiencia en equipamiento de movilidad asistida y soporte especializado para dispositivos eléctricos.

Considerando que el manual del WHILL Model C2 recomienda inspecciones semestrales, se definió una frecuencia de 2 revisiones anuales por unidad. Para efectos del flujo de caja, se seleccionó el menor costo referencial obtenido en el estudio preliminar de mercado, equivalente a **\$40.000 CLP por inspección por silla**, asociado a Medicaltec como proveedor potencial. Bajo este supuesto, la mantención preventiva anual de una flota de 15 sillas WHILL tiene un valor de **\$1.200.000 CLP**.

$$Mantención\ anual = 15\ sillas \times 2\ inspecciones \times \$40.000 = \$1.200.000$$

Además, el nuevo servicio PMR del Aeropuerto de Santiago contempla la incorporación de la plataforma Ostrum Tech destinada al monitoreo de la operación, junto con mejoras en la trazabilidad y seguimiento de las asistencias.

Por ende, respecto al soporte tecnológico es una solución especializada en la gestión de operaciones PMR aeroportuarias, orientada a coordinar pasajeros, equipos de asistencia, agentes de embarque, personal de tierra y demás actores involucrados en el proceso. Bajo este criterio, la eventual incorporación de las sillas WHILL podría integrarse operacionalmente a dicha plataforma digital, permitiendo registrar disponibilidad, asignación de recursos, incidencias, tiempos de uso y trazabilidad del servicio.

Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, es un costo que busca cubrir posibles fallas asociadas a la operación diaria, tales como revisión de ruedas, joystick, conectores, piezas menores, o ajustes técnicos de software.

Para efectos del flujo de caja, y al tratarse de una evaluación de prefactibilidad, se incorpora una provisión anual equivalente al 3% del valor PPE total de la flota WHILL, destinada a cubrir gastos de mantención correctiva y repuestos menores. Este supuesto se fundamenta en el indicador Maintenance Cost as a percentage of Replacement Asset Value (MC/RAV), utilizado en gestión de activos para relacionar los costos anuales de mantenimiento con el valor de reposición o adquisición del activo.

Según (National Research Council, 1996) el mantenimiento y gestión de instalaciones suele establecer rangos de referencia cercanos al 2%–5% del valor de reposición como parámetro para presupuestar mantenimiento anual. En consecuencia, la adopción de un 3% es un valor intermedio y conservador dentro de dichos rangos, adecuado para una evaluación preliminar, pero acompañado de un programa de mantención preventiva periódica.

A diferencia de la mantención preventiva, que corresponden a inspecciones planificadas, esto funciona como un fondo de respaldo operacional, asegurando la continuidad del servicio PMR y evitando que fallas menores afecten la disponibilidad de las unidades. Dicho esto, y considerando un valor PPE total de **\$66.520.515 CLP**, el costo anual estimado por mantención correctiva y repuestos menores asciende a **\$1.995.615 CLP**.

Baterías

Con el fin de garantizar la continuidad operacional del servicio, se contempla una reposición programada de baterías en año 3 del horizonte de evaluación. Esto dado a que la batería es un componente crítico para la autonomía y disponibilidad de las sillas WHILL. Se observó que el manual especifica que el equipo utiliza una batería de ion-litio de 25,3 V y 10,6 Ah, y advierte que, en caso de que la duración posterior a la carga se reduzca de manera anormal, debe contactarse al distribuidor o a un servicio técnico autorizado.

Dado que el proyecto considera una operación diaria en el aeropuerto, se adopta un criterio conservador que establece la reposición en el **año 3**, anticipándose al término de la vida útil estimada del equipo. Para ello, se valoriza la batería como un 15% del valor FOB unitario de la silla. Así, considerando un valor FOB de **\$3.599.100 CLP**, el costo estimado por batería corresponde a **\$539.865 CLP**, y en una flota de 15 unidades, el desembolso total de reposición en el año 3 asciende a **\$8.097.975 CLP**.

Lo anterior se calculó de la siguiente forma:

Costo de batería= 15% FOB de la silla		
Valor unitario silla	\$ 3.599.100	CLP
Costo batería	\$ 539.865	CLP
Cantidad sillas	15	
Año de reposición	3	
REPOSICIÓN BATERÍAS	\$ 8.097.975	CLP

Tabla 3.17: Cálculo costo de reposición de batería WHILL.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Aduanas Chile, 2002)

A partir de los costos anteriores, se realizó la suma de cada uno para así llegar al costo operacional anual total que significaría mantener la cantidad de sillas WHILL previstas, lo cual se calculó:

Costos operacionales anuales propuesta 1					
AÑO	1	2	3	4	5
Consumo eléctrico	-\$ 323.023	-\$ 323.023	-\$ 323.023	-\$ 323.023	-\$ 323.023
Mantenimiento preventivo	-\$ 1.200.000	-\$ 1.200.000	-\$ 1.200.000	-\$ 1.200.000	-\$ 1.200.000
Mantenimiento correctivo	-\$ 1.995.615	-\$ 1.995.615	-\$ 1.995.615	-\$ 1.995.615	-\$ 1.995.615
Reposición de baterías	\$ -	\$ -	-\$ 8.097.975	\$ -	\$ -
COSTO ANUAL TOTAL	-\$ 3.518.638	-\$ 3.518.638	-\$ 11.616.613	-\$ 3.518.638	-\$ 3.518.638

Tabla 3.18: Cálculo de costos operacionales anuales de propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia a partir del cálculo de cada costo operacional.

Flujo de caja propuesta 1

Inversión	\$	78.589.414				
Impuestos	19%					
Tasa de descuento	10%					
Valor de rescate	\$	7.858.941				
Costos anuales						
Vida útil	5	años				
FLUJO DE CAJA PROPUESTA 1						
AÑO	0	1	2	3	4	5
Ingresos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos anuales		\$ 3.518.638	\$ 3.518.638	\$ 11.616.613	\$ 3.518.638	\$ 3.518.638
Utilidad bruta		-\$ 3.518.638	-\$ 3.518.638	-\$ 11.616.613	-\$ 3.518.638	-\$ 3.518.638
Depreciación		\$ 15.717.883	\$ 15.717.883	\$ 15.717.883	\$ 15.717.883	\$ 15.717.883
Utilidad antes de impuestos		-\$ 19.236.521	-\$ 19.236.521	-\$ 27.334.496	-\$ 19.236.521	-\$ 19.236.521
Impuestos		-\$ 3.654.939	-\$ 3.654.939	-\$ 5.193.554	-\$ 3.654.939	-\$ 3.654.939
Utilidad Neta		-\$ 15.581.582	-\$ 15.581.582	-\$ 22.140.941	-\$ 15.581.582	-\$ 15.581.582
Valor libro	\$ 78.589.414	\$ 62.871.531	\$ 47.153.648	\$ 31.435.766	\$ 15.717.883	\$ -
Flujo operativo		-\$ 31.299.464	-\$ 31.299.464	-\$ 37.858.824	-\$ 31.299.464	-\$ 31.299.464
Flujo de inversiones	-\$ 78.589.414					
Valor de rescate						\$ 6.365.743
FLUJO NETO	-\$ 78.589.414	-\$ 31.299.464	-\$ 31.299.464	-\$ 37.858.824	-\$ 31.299.464	-\$ 24.933.722
VAN (Valor Actual Neto)	-\$ 198.214.528					
CAE (Costo Anual Equivalente)	-\$ 52.288.493					
Tasa de descuento	10%					

Ilustración 3.5: Flujo de caja Propuesta 1.

Fuente: Elaboración propia.

El flujo de caja de la propuesta 1 se estructura sobre un horizonte de evaluación de cinco años, en concordancia con la vida útil estimada del equipamiento. En el año 0 se registra el desembolso inicial correspondiente a la adquisición, importación, internación y puesta en marcha de una flota de 15 sillas WHILL, cuyo costo total asciende a \$78.589.414 CLP.

Durante los años 1 a 5 se incorporan los egresos operacionales derivados del consumo eléctrico, mantenimiento preventivo y correctivo, repuestos menores y soporte técnico. Asimismo, en el año 3 se contempla la reposición programada de baterías, dado que constituyen un componente crítico para asegurar la continuidad del servicio.

El flujo neto del proyecto evidencia un desembolso inicial elevado en el año 0, y flujos negativos desde el año 1 al 5, siendo mayor en el año 3 producto de la reposición de baterías. Esto indica una evaluación económica de la propuesta desde la perspectiva del costo actualizado de implementar una mejora tecnológica en el servicio PMR, más que desde una lógica de rentabilidad comercial.

Indicadores económicos

Para la propuesta, se consideraron indicadores asociados a un flujo de caja que no contempla ingresos directos.

Primero, se calculó el **Valor Actual Neto (VAN)** del flujo, considerando una tasa de descuento del 10% anual y un horizonte de cinco años, bajo estos supuestos, el VAN obtenido asciende a -

\$198.214.528 CLP, lo cual indica que, al dar un valor negativo, no se logra recuperar la inversión en el período evaluado.

Bajo este resultado, sin embargo, se debe tener en cuenta que no debe interpretarse bajo una lógica de rentabilidad, dado que el proyecto no tiene utilidades directas, sino se enfoca en la mejora de la calidad, continuidad y eficiencia del servicio PMR.

Luego a partir de este valor se calculó un **Costo Anual Equivalente (CAE)** que arrojó un valor de \$52.288.493 CLP, lo cual indica que la operación de la flota WHILL tendría un costo económico equivalente a dicho monto en cada ejercicio anual. Este indicador es útil, ya que facilita la comparación de la propuesta con otras alternativas tecnológicas dentro de una misma unidad temporal.

Cabe destacar que el CAE no refleja una utilidad ni una pérdida anual, sino que corresponde al costo anualizado de mantener la solución WHILL en condiciones operativas durante el horizonte de evaluación considerado.

En síntesis, la evaluación económica evidencia que la incorporación de sillas WHILL debe analizarse como una inversión orientada a la mejora operacional y no como un proyecto de rentabilidad financiera directa. Su conveniencia dependerá de la valoración institucional respecto de la modernización del servicio PMR, el incremento en la autonomía de los pasajeros, la reducción de tiempos de asistencia y el cumplimiento de estándares superiores de accesibilidad.

3.3.6. EVALUACIÓN TÉCNICA PROPUESTA 2

Contexto físico-operacional AMB

El contexto físico-operacional de AMB ya fue abordado en la evaluación técnica de la propuesta 1, donde se describió que existen dos terminales principales: el Terminal 1 (T1) destinado a vuelos nacionales y el Terminal 2 (T2) orientado a operaciones internacionales. Asimismo, se destacó la existencia de superficies extensas, recorridos internos prolongados y una operación de alta demanda. En dicho análisis se consideró que el T2 posee una superficie aproximada de 249.500 m², mientras que el T1 alcanza cerca de 131.776 m², con trayectos internos que pueden variar entre 600 y 1.200 metros lineales, especialmente en desplazamientos hacia zonas de embarque.

Estas mismas condiciones rigen para la evaluación de la propuesta 2, dado que DAAV-air también está orientada al desplazamiento autónomo de pasajeros PMR en entornos aeroportuarios caracterizados por su extensión, repetitividad y alta circulación. Así, esto permite que ambas propuestas se comparen bajo una misma realidad aeroportuaria, asegurando coherencia metodológica en el desarrollo del análisis.

Características técnicas sillas DAAV-Air

Como se mencionó, en la ficha técnica del fabricante, DAAV-air incorpora diversos modos de operación, entre ellos navegación autónoma, modo follow-me, conducción asistida y conducción manual. Esto permite que el equipo se adapte a distintos escenarios operacionales, ya sea funcionando de manera autónoma, siguiendo a un miembro del personal o siendo controlado manualmente en caso de requerirse. Asimismo, el sistema integra evasión de obstáculos mediante tecnología LiDAR, frenos automáticos, ruedas de seguridad, apoyabrazos y reposapiés plegables, espacio para equipaje y una aplicación de gestión orientada al control operacional del servicio (DAAV-Air, 2025).

En cuanto a su capacidad física, presenta un largo de 95 cm, un ancho de base de 60 cm y una altura de 135 cm. Su peso sin pasajero, incluyendo baterías, alcanza los 60 kg, pero permite una carga máxima superior a 135 kg y un peso total máximo de 200 kg considerando al pasajero. Tiene una vida útil de 5 años e inspecciones recomendadas cada 6 meses.

También presenta un rango de detección y evasión de obstáculos comprendido entre 0,1 y 8,5 metros, un nivel de ruido inferior a 65 dB y un sistema de parada de emergencia inalámbrica. Asimismo, el equipo no recurre al uso de cámaras para la navegación, sino que emplea sensores y mapeo basado en inteligencia artificial, lo que contribuye a resguardar la privacidad de los pasajeros y a cumplir con los criterios de protección de datos.

Además, tiene una autonomía de 30 km con batería de 50 Ah, un tiempo operacional estimado entre 8 y 11 horas y una velocidad lineal máxima de 6 km/h, asimismo, alcanza una velocidad lateral y de retroceso de 2,5 km/h, lo que refuerza su capacidad de maniobra en espacios interiores. Esto resulta adecuado considerando los trayectos de AMB, especialmente los mencionados en la propuesta 1 que fluctúan entre los 600 a 1.200 metros lineales (DAAV-Air, 2025).

DATOS SILLA DAAV-AIR	
Uso	Interior entorno aeroportuario
Batería	50 [Ah]
Tiempo de carga	8 [hrs]
Autonomía	30 [km]
Velocidad máxima	6 [km/h]
Límite soporte peso	Hasta 200[kg]
Rango de evasión obstáculos	Entre 0,1 a 8,5 [m]
Vida útil	5 años
Inspección recomendada	Cada 6 meses

Tabla 3.19: Datos técnicos silla autónoma DAAV-Air.

Fuente: Elaboración propia a partir del manual técnico (DAAV-Air, 2025).

Compatibilidad con infraestructura de AMB

La compatibilidad de DAAV-air con la infraestructura del AMB se considera igual a la analizada en la propuesta 1, dado que ambas soluciones están diseñadas para operar en espacios interiores, pavimentados y de circulación aeroportuaria.

Desde el punto de vista técnico, DAAV-air se considera compatible con el entorno aeroportuario, ya que sus características detalladas en la tabla 3.20 permiten proyectar su aplicación en rutas previamente definidas dentro del aeropuerto, tales como los desplazamientos entre puntos de asistencia PMR, procesos de migración, salas de embarque, puertas ubicadas en sectores alejados, etc.

No obstante, al igual que en la propuesta 1, su implementación debería desarrollarse de manera gradual y bajo supervisión, iniciando con rutas piloto en sectores de menor complejidad operacional. De este modo, será compatible, siempre que se definan con precisión **los** puntos de inicio y término de las rutas, las zonas de carga, los protocolos de operación y los mecanismos de supervisión del personal PMR.

Requisitos de implementación

Para que DAAV-air pueda incorporarse al servicio PMR de AMB, su implementación debe verse como una integración tecnológica-operacional. A diferencia de un equipo convencional, DAAV-air requiere una configuración específica dentro del entorno aeroportuario, definiendo aspectos como su activación, los responsables de supervisión, las rutas de operación y las condiciones de uso bajo las cuales funcionará.

Un primer requisito corresponde a identificar los puntos autorizados de circulación y detención, donde se deben seleccionar rutas compatibles con el desplazamiento autónomo, privilegiando trayectos amplios, interiores y repetitivos, tales como los recorridos entre zonas de asistencia PMR, salas de embarque y puertas alejadas. Asimismo, el diseño inicial debe considerar la dinámica real del aeropuerto, evitando en una primera fase las zonas de alta congestión o los cruces de mayor complejidad.

Un segundo requisito corresponde a la integración del sistema de control y supervisión. DAAV-air como se mencionó dispone de diversos modos de operación, entre ellos navegación autónoma, modo follow-me, y conducción manual, lo que exige que el personal pueda alternar entre ellos según las condiciones del servicio. Por ende, esto implica definir responsables operacionales, establecer criterios de uso, y fijar protocolos de intervención frente a situaciones de detención, congestión o modificación de rutas.

Asimismo, se requiere habilitar la infraestructura con puntos de carga, áreas de estacionamiento y espacios de resguardo para las unidades. Considerando que la ficha técnica especifica una batería de 50 Ah y un tiempo operacional típico de 8 a 11 horas, la gestión de carga debe organizarse mediante turnos o ventanas operativas, evitando que las unidades queden fuera de servicio en periodos de alta demanda.

Finalmente, se debe definir un esquema de mantención preventiva y control técnico. Dado que la ficha técnica de DAAV-air no entrega una pauta completa de mantenimiento, se tiene una vida útil de 5 años y una inspección cada 6 meses, manteniendo la misma lógica utilizada en WHILL.

Respecto a la capacitación y dotación del personal se aplicará el mismo criterio definido en la propuesta 1, considerando los 160 asistentes operativos, no se contempla la contratación de nuevos trabajadores para la operación inicial de las 15 sillas autónomas, ya que la iniciativa se plantea como una incorporación focalizada y complementaria al servicio PMR actualmente existente que cuenta con una flota significativa, de este modo, la operación sería asumida por el personal ya vinculado al servicio de asistencia, con previa formación específica.

Es por lo anterior, que esta propuesta también requiere de una implementación progresiva, con una configuración de rutas, la supervisión operativa, la infraestructura de carga, la capacitación del personal y la mantención preventiva. Dicho esto, puede integrarse como una solución autónoma complementaria, orientada a trayectos en los que la tecnología aporte eficiencia sin comprometer la seguridad de los pasajeros PMR.

Lay-out Terminales 1 y 2.

Para la propuesta 2 se utilizarán los mismos lay-out del Terminal 1 y Terminal 2 definidos en la propuesta 1 (*Ilustración 3.1 y 3.2*), dado que DAAV-air será evaluada bajo el mismo contexto físico-operacional del AMB y en rutas equivalentes de desplazamiento PMR. En consecuencia, no resulta necesario elaborar nuevos planos, sino aplicar sobre la misma base una segunda alternativa tecnológica.

En este contexto, DAAV-air se proyecta para operar en los sectores estratégicos previamente identificados, la diferencia no está en el espacio físico utilizado, sino en el tipo de equipamiento autónomo incorporado.

De esta forma, los lay-out presentados en la propuesta 1 mantienen la misma validez para la propuesta 2, permitiendo comparar ambas alternativas bajo las mismas condiciones de infraestructura, recorridos y sectores críticos del aeropuerto, esto facilita la comparación técnica y económica posterior entre WHILL y DAAV-air.

3.3.7. EVALUACIÓN ECONÓMICA PROPUESTA 2.

La evaluación económica de la propuesta 2 se centra en la incorporación de sillas autónomas DAAV-air como equipamiento complementario para el servicio PMR en AMB. Al igual que en la propuesta 1, estos equipos no se adquieren con fines de comercialización directa, sino para ser utilizados como activos operacionales dentro del servicio aeroportuario, por lo que su análisis se estructura bajo la lógica de ser una inversión en equipamiento de apoyo a la movilidad.

Esta evaluación mantiene la misma estructura aplicada en la propuesta 1, considerando la inversión inicial, los costos de puesta en marcha, la depreciación, los costos de operación, el flujo de caja y los indicadores económicos.

Sin embargo, cabe destacar que, existe una diferencia relevante respecto de WHILL, DAAV-air no dispone públicamente de un precio unitario oficial de las sillas, esto al ser un producto de menos de un año de creación. Es por ello, que la evaluación económica de esta propuesta debe entenderse como un análisis de prefactibilidad, sustentado en supuestos técnicos y económicos explícitos, lo que sí permitirá comparar esta alternativa con la propuesta 1 bajo criterios homogéneos de evaluación.

La ficha técnica de DAAV-air entrega antecedentes suficientes para fundamentar parte de los supuestos técnicos del análisis, tales como la batería de 50 Ah, una autonomía típica de 30 km, un tiempo operacional estimado entre 8 y 11 horas, una velocidad máxima de 6 km/h, etc. Estos datos permiten proyectar su operación dentro del aeropuerto, aunque no aportan información de carácter comercial, como el precio de adquisición (DAAV-Air, 2025).

Determinación de tasa de descuento anual

Para la propuesta 2 se establece un horizonte de análisis de 5 años, manteniendo el mismo horizonte temporal aplicado en la propuesta 1, esto coincide con el criterio de comparabilidad que se busca, dado que DAAV-air presenta una vida útil de 5 años, equivalente a WHILL. En ambos casos, el propósito es evaluar el costo actualizado de implementar una solución autónoma de movilidad PMR durante un período equivalente.

Igualmente, esta propuesta no genera ingresos comerciales, la tasa de descuento se aplica principalmente para actualizar los costos futuros vinculados a la adquisición, operación, mantenimiento, reposición de componentes y continuidad del servicio.

Para mantener los mismos parámetros de evaluación de la propuesta 1, se adopta una **tasa de descuento anual del 10%**. Esto por la misma razón anterior, el Banco Central de Chile (BCCCh) informó que en marzo de 2026 las tasas de interés de créditos comerciales se situaron en torno al 8,0%, mientras que la Tasa de Política Monetaria (TPM) se mantuvo en 4,5%, por ende, fijar la tasa en dicho valor, brinda un escenario conservador de análisis (Banco Central de Chile, 2026).

Determinación de inversión inicial

A diferencia de WHILL, DAAV-air no cuenta con un precio unitario oficial de las sillas autónomas disponible públicamente. Si bien la ficha técnica entrega características relevantes, no proporciona información sobre el valor comercial del equipo. Por esta razón, para efectos de esta evaluación de prefactibilidad se adopta un valor referencial unitario de USD 6.999, el cual deberá ser validado posteriormente mediante cotización formal del proveedor (DAAV-Air, 2025).

Este valor se justifica considerando que DAAV-air corresponde a una silla autónoma de reciente introducción en el mercado (2025), equipada con múltiples funciones tecnológicas especializadas para entornos aeroportuarios. En consecuencia, resulta razonable asignar un valor superior al de WHILL, no más del doble, manteniendo así, un escenario conservador dentro de la evaluación

económica, teniendo en cuenta además que otras sillas del mercado se sitúan entre estos valores (K Fukagawa, 2020).

Para los cálculos de conversión monetaria, se adopta también un tipo de cambio supuesto de 900 CLP/USD, consistente con los registros recientes del dólar observado publicados por el Banco Central de Chile, los cuales se han mantenido en torno a dicho rango durante el período considerado (BCCh, 2026).

A partir del valor de adquisición FOB (Free on board), se incorporan los costos de la puesta en marcha del activo en el aeropuerto AMB, incluyendo flete internacional, seguro de transporte, y derecho ad valorem, IVA. Como se mencionó en el punto de la propuesta 1, el Servicio Nacional de Aduanas plantea que las importaciones están generalmente afectas al pago de un derecho ad valorem equivalente al 6% sobre el valor CIF, compuesto por el costo de la mercancía, el seguro y el flete. Asimismo, el IVA de 19% se calcula sobre la suma del valor CIF más el derecho ad valorem (Aduanas Chile, 2002).

Costos/moneda	USD	CLP	Estado contable
Valor de adquisición FOB	\$ 6.999	\$ 6.299.100	Se capitaliza
Flete internacional (10%)	\$ 700	\$ 629.910	Se capitaliza
Seguro de transporte (1%)	\$ 70	\$ 62.991	Se capitaliza
VALOR CIF	\$ 7.769	\$ 6.992.001	Base aduanera
Derecho Ad Valorem (6%)	\$ 466	\$ 419.520	Se capitaliza
IVA (19%)	\$ 1.565	\$ 1.408.189	No se capitaliza, pero es recuperable
Costo de puesta en marcha		\$ 200.000	Se capitaliza
Valorización inicial PPE		\$ 7.611.521	S/IVA
Valorización inicial PPE		\$ 9.019.710	C/IVA
Valorización inicial PPE (15 sillas)		\$ 114.172.816	S/IVA
Valorización inicial PPE (15 sillas)		\$ 135.295.651	C/IVA

Tabla 3.20: Cálculo de inversión inicial de Propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia a partir de (Aduanas Chile, 2002).

La tabla 3.21 muestra que el valor contable unitario de cada silla de DAAV-air, excluyendo el IVA, alcanza los \$7.611.521 CLP, mientras que con IVA incluido se incrementa a \$9.019.710 CLP. Para una flota inicial de 15 unidades, que se toma a partir de los cálculos realizados en la propuesta 1 (tabla 3.9), el valor total del activo para efectos de depreciación corresponde a \$114.172.816 CLP, mientras que el desembolso inicial registrado en el flujo de caja del año 0 sube a \$135.295.651 CLP.

Depreciación del activo

Para el cálculo de la depreciación contable de las sillas autónomas DAAV-air durante el horizonte de evaluación del proyecto, al igual que en la propuesta 1, se aplicó el método de depreciación lineal, para distribuir de manera uniforme el valor depreciable del activo a lo largo de su vida útil, y además facilita la comparación entre ambas alternativas.

La base depreciable corresponde al valor inicial PPE con IVA, equivalente a \$135.295.651 CLP para una flota de 15 sillas DAAV-air.

También, se asume un valor residual igual a cero hasta el término del período de evaluación, siguiendo un escenario conservador, dado que la tecnología del equipo brinda una incertidumbre respecto de su valor de reventa al finalizar su vida útil estimada.

AÑO	Valor libro inicial	Depreciación anual	Dep acumulada PPE	Valor libro final
1	\$ 135.295.651	\$ 27.059.130	\$ 27.059.130	\$ 108.236.521
2	\$ 108.236.521	\$ 27.059.130	\$ 54.118.260	\$ 81.177.391
3	\$ 81.177.391	\$ 27.059.130	\$ 81.177.391	\$ 54.118.260
4	\$ 54.118.260	\$ 27.059.130	\$ 108.236.521	\$ 27.059.130
5	\$ 27.059.130	\$ 27.059.130	\$ 135.295.651	\$ -

Tabla 3.21: Depreciación del activo propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia a partir de (de Rus et al., 2023).

Costos de operación

Para el cálculo de los costos de operación, se debe tener en cuenta que DAAV-air no dispone públicamente de un manual operativo completo que detalle la frecuencia recomendada de inspección, recambio de baterías, precios, etc. No obstante, la ficha técnica del fabricante entrega información relevante para estimar la operación del equipo, incluyendo una batería, autonomía, velocidad máxima, entre otros.

Para comparar ambas propuestas, se considera de la misma forma una flota inicial de 15 sillas DAAV-air, con un horizonte de evaluación de 5 años y una frecuencia de inspección preventiva de dos veces al año, lo último no corresponde a una exigencia oficial del fabricante, sino a un supuesto metodológico.

Además, como se mencionó anteriormente se aplicará el mismo criterio definido en la propuesta 1 respecto de la capacitación inicial del personal, se incorpora dentro del costo de puesta en marcha, al tratarse de una actividad previa y esencial para habilitar la operación segura de las sillas autónomas DAAV-air.

Este gasto no se considera como un costo permanente asociado a remuneraciones ni como un incremento en la dotación de personal, dado que la propuesta contempla la utilización de trabajadores ya vinculados al servicio PMR, quienes serían capacitados para operar, supervisar y responder ante contingencias relacionadas con el nuevo equipamiento.

Consumo eléctrico

Para el cálculo del costo de energía eléctrica de las sillas DAAV-air, se ocupó la misma fórmula de la tabla 3.14, una multiplicación simple, y se toma como referencia la capacidad de batería informada en la ficha técnica de 50 Ah y un voltaje de 24 V, dando un valor total de **1,2 [KWh]**.

Además, a partir de la tabla 3.15 se calculó el consumo anual, teniendo en cuenta las 15 sillas, la energía de carga calculada en el paso anterior, y los días del año, resultando un valor de **6.570 [KWh/año]**.

Finalmente, se procedió a calcular el costo anual que implica mantener tales sillas en AMB, para ello se usó una tarifa referencial de (ENEL Chile, 2026), según el promedio de febrero del 2026 que corresponde a \$220 CLP/KWh, quedando;

Costo anual= consumo anual*tarifa		
Consumo anual	6.570	KWh/año
Tarifa	220	CLP/KWh
COSTO ANUAL	1.445.400	CLP/año

Tabla 3.22: Costo anual de mantener sillas DAAV-Air en AMB.

Fuente: Elaboración propia a partir de (ENEL Chile, 2026).

Así, el costo anual estimado de mantener las sillas DAAV-Air en AMB es de **1.445.400 CLP/año**, que se aprecia que es mayor a la de WHILL debido a que presenta una mayor capacidad de batería y gasto energético.

Mantenimiento preventivo

Se considera un costo anual de mantenimiento preventivo asociado a la revisión periódica de las sillas autónomas DAAV-air al igual que en la propuesta 1. Este gasto tiene como finalidad mantener las condiciones adecuadas de seguridad para los pasajeros PMR, asegurar la continuidad operacional del equipamiento, y minimizar fallas durante el servicio, asegurando la calidad del servicio.

Para el cálculo de este costo, se tienen en cuenta las 2 inspecciones anuales por unidad que recomienda la ficha técnica, las 15 sillas estimadas, y se utiliza como referencia un servicio de mantención de sillas de ruedas en Chile, cuyos valores publicados rondan los \$40.000 CLP por revisión (Catherina, 2025). Esto permite construir una estimación de prefactibilidad, considerando la existencia de proveedores locales que ofrecen servicios de mantención y reparación de sillas de ruedas manuales y eléctricas en Chile.

A partir de los datos anteriores y se realiza una multiplicación simple entre las tres variables, resultando un costo de mantenimiento preventivo anual de **\$1.200.000 CLP/año**.

Mantenimiento correctivo

Dado que no existe información pública sobre el costo oficial de mantenimiento correctivo de DAAV-air, se recurre a un criterio de prefactibilidad basado en un porcentaje del valor PPE total de la flota, esto se alinea con la lógica aplicada en la propuesta 1 y que plantea (National Research Council, 1996).

Es por ello que se considera un costo anual equivalente al 3% del valor PPE total sin IVA, el cual tiene un valor de \$114.172.816 CLP para una flota de 15 sillas DAAV-air. Por ende, el costo total del mantenimiento correctivo es de **\$3.425.184 CLP/año**.

A partir de lo anterior se procedió a calcular los costos operacionales totales anuales:

Costos operacionales anuales propuesta 2					
AÑO	1	2	3	4	5
Consumo eléctrico	-\$ 1.445.400	-\$ 1.445.400	-\$ 1.445.400	-\$ 1.445.400	-\$ 1.445.400
Mantenimiento preventivo	-\$ 1.200.000	-\$ 1.200.000	-\$ 1.200.000	-\$ 1.200.000	-\$ 1.200.000
Mantenimiento correctivo	-\$ 3.425.184	-\$ 3.425.184	-\$ 3.425.184	-\$ 3.425.184	-\$ 3.425.184
COSTO ANUAL TOTAL	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584

Tabla 3.23: Cálculo de costos operacionales anuales de propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia a partir del cálculo de cada costo operacional.

Flujo de caja propuesta 2

Inversión	\$	135.295.651					
Impuestos	19%						
Tasa de descuento	10%						
Valor de rescate	\$	13.529.565					
Costos anuales	\$	6.070.584					
Vida útil	5	años					
FLUJO DE CAJA PROPUESTA 2							
AÑO	0	1	2	3	4	5	
Ingresos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	
Costos anuales		-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	
Utilidad bruta		-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	-\$ 6.070.584	
Depreciación		\$ 27.059.130	\$ 27.059.130	\$ 27.059.130	\$ 27.059.130	\$ 27.059.130	
Utilidad antes de impuestos		-\$ 33.129.715	-\$ 33.129.715	-\$ 33.129.715	-\$ 33.129.715	-\$ 33.129.715	
Impuestos		-\$ 6.294.646	-\$ 6.294.646	-\$ 6.294.646	-\$ 6.294.646	-\$ 6.294.646	
Utilidad Neta		-\$ 26.835.069	-\$ 26.835.069	-\$ 26.835.069	-\$ 26.835.069	-\$ 26.835.069	
Valor libro	\$	135.295.651	\$ 108.236.521	\$ 81.177.391	\$ 54.118.260	\$ 27.059.130	\$ -
Flujo operativo		-\$ 53.894.199	-\$ 53.894.199	-\$ 53.894.199	-\$ 53.894.199	-\$ 53.894.199	
Flujo de inversiones	-\$	135.295.651					
Valor de rescate							\$ 10.958.948
FLUJO NETO	-\$	135.295.651	-\$ 53.894.199	-\$ 53.894.199	-\$ 53.894.199	-\$ 53.894.199	-\$ 42.935.251
VAN (Valor Actual Neto)	-\$	332.792.423					
CAE (Costo Anual Equivalente)	-\$	87.789.803					
Tasa de descuento	10%						

Ilustración 3.6: Flujo de caja Propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia.

El flujo de caja de la propuesta 2 se estructura igualmente sobre un horizonte de evaluación de cinco años. En el año 0 se registra la inversión inicial correspondiente a la adquisición, importación, y puesta en marcha de 15 sillas DAAV-air, por un monto total de \$135.295.651 CLP con IVA incluido.

En los años 1 a 5 se incorporan los costos operacionales asociados al consumo eléctrico, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo, que alcanzan un total anual de \$6.070.584 CLP.

El flujo operacional anual se mantiene negativo durante cada año. Asimismo, no se contempla reposición programada de baterías ni valor residual al término del período, debido a la ausencia de información del fabricante.

Indicadores económicos

En la propuesta 2 se consideraron los mismos indicadores económicos anteriores, ya que están asociados a un flujo de caja netamente de egresos.

En primer lugar, se calculó el **Valor Actual Neto (VAN)** del flujo, aplicando una tasa de descuento anual del 10% y un horizonte de evaluación de cinco años, a partir de esto, el VAN obtenido queda en **-\$332.792.423 CLP**, reflejando que no se logra recuperar la inversión inicial ni los costos de operación dentro del período analizado.

Luego, a partir del VAN obtenido, se calculó el **Costo Anual Equivalente (CAE)**, con herramientas de Excel, quedando un valor de **\$87.789.803 CLP**, esto permite ver el costo total actualizado del proyecto como un valor anual uniforme durante todo el horizonte de evaluación, por ende, el costo económico equivalente a mantener la flota de DAAV-Air operativa en AMB.

4. ELECCIÓN DE PROPUESTA

Del diagnóstico realizado en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB) se obtuvo que las principales brechas del servicio de asistencia a Personas con Movilidad Reducida (PMR) se vinculan con la calidad del equipamiento disponible, la eficiencia en el desplazamiento interno y la percepción global del servicio. A partir de esto, se procedió a evaluar dos alternativas tecnológicas orientadas a fortalecer el equipamiento de movilidad: la incorporación focalizada de sillas autónomas tipo WHILL y la incorporación focalizada de sillas autónomas DAAV-air.

Ambas alternativas fueron evaluadas bajo un horizonte de de cinco años, considerando una flota inicial de 15 unidades, una tasa de descuento anual del 10%, junto con los costos de inversión

inicial, operación, consumo eléctrico, y mantenimiento. Dado que estas propuestas no generan ingresos, la evaluación se abordó desde una perspectiva de costo actualizado y eficiencia operacional, usando como criterios principales el Valor Actual Neto (VAN) y el Costo Anual Equivalente (CAE).

A partir de la evaluación técnica, ambas alternativas presentan compatibilidad con el contexto físico-operacional del aeropuerto, dado que han sido diseñadas para funcionar en entornos interiores, pavimentados y de alta circulación, como los terminales aeroportuarios. Tanto las sillas autónomas WHILL como DAAV-air pueden implementarse de manera focalizada en trayectos extensos, repetitivos y previamente definidos, particularmente en sectores estratégicos como las zonas de asistencia PMR, los controles de seguridad, los procesos de migración, las salas de embarque, y las puertas ubicadas en sectores alejados.

Sin embargo, existen diferencias entre ambas alternativas, la tecnología WHILL presenta una mayor reputación operacional, dado que cuenta con implementaciones previas en aeropuertos internacionales como Tokio Haneda y Miami, lo que otorga un respaldo en entornos aeroportuarios reales, pero DAAV-air es una solución más reciente y especializada, y su nivel de validación es aún limitado, al encontrarse en etapas iniciales de prueba, demostración e introducción al mercado.

Respecto a la evaluación económica, la propuesta 1 contempla una inversión inicial de \$78.589.414 CLP para la adquisición de 15 sillas WHILL, mientras que la propuesta 2 considera una inversión inicial de \$135.295.651 CLP para la incorporación de la misma cantidad de sillas. Esta diferencia se explica principalmente por el mayor valor de adquisición de DAAV-air, junto con los costos asociados a su importación y puesta en marcha.

En cuanto a los indicadores económicos, se evidencia una diferencia significativa entre ambas alternativas. La propuesta WHILL presenta un VAN de -\$198.214.528 CLP y un Costo Anual Equivalente (CAE) de \$52.288.493 CLP. En contraste, la propuesta DAAV-air alcanza un VAN de -\$332.792.423 CLP y un CAE de \$87.789.803 CLP. Estos resultados muestran que, si bien ambas opciones representan un costo neto para el aeropuerto, la alternativa WHILL es una opción económicamente menos costosa dentro del horizonte de evaluación considerado.

Es por ello que la alternativa más conveniente corresponde a la **Propuesta 1: Incorporación focalizada de sillas autónomas tipo WHILL**, dado que esta opción presenta una menor inversión inicial, un menor CAE y un VAN negativo de menor magnitud. Si bien no se trata de un proyecto rentable bajo una lógica financiera tradicional, sí constituye una inversión orientada a elevar la calidad del servicio y a fortalecer la accesibilidad aeroportuaria.

Asimismo, su implementación cuenta con un mayor respaldo internacional, lo que contribuye a reducir la incertidumbre técnica asociada a su adopción en el aeropuerto AMB, y permite dar respuesta directa a las brechas identificadas en el diagnóstico, particularmente aquellas relacionadas con el equipamiento, la autonomía del pasajero y la fluidez del desplazamiento interno.

CONCLUSIONES

La investigación permitió desarrollar un análisis sobre la accesibilidad e inclusión de Personas con Movilidad Reducida (PMR) en el Aeropuerto Internacional Arturo Merino Benítez (AMB), integrando normativa, observación en terreno, percepción de usuarios, benchmarking internacional y una evaluación técnico-económica de alternativas tecnológicas, a partir de esto, fue posible estructurar una propuesta de mejora orientada al equipamiento de movilidad, reconociéndolo como un factor determinante dentro de la experiencia del pasajero PMR.

Los resultados del diagnóstico muestran que el Aeropuerto AMB registra avances en materia de infraestructura accesible, cumplimiento normativo básico y programas institucionales orientados a la inclusión. Sin embargo, los hallazgos de la revisión documental, la observación en terreno, y las encuestas a usuarios permitieron identificar brechas vinculadas con la disponibilidad y estado del equipamiento, la fluidez de los desplazamientos internos, la ausencia de certificaciones internacionales específicas y la carencia de indicadores que permitan monitorear de manera continua el desempeño del servicio PMR, se obtuvo un cumplimiento normativo promedio de 67% y un Índice Global de Calidad del Servicio PMR de 42% lo cual respaldó la necesidad de evaluar mejoras focalizadas en la operación del servicio.

El análisis comparativo con aeropuertos internacionales como Tokio Haneda y Miami evidenció que han evolucionado hacia modelos de asistencia PMR integrados, en los cuales la accesibilidad se aborda de manera conjunta mediante infraestructura, programas de capacitación, tecnologías de apoyo, sistemas de gestión y certificaciones externas.

La evaluación técnica de ambas propuestas sobre la incorporación focalizada de sillas de ruedas autónomas muestra compatibilidad con el entorno físico-operacional de AMB, siempre que su implementación se lleve a cabo de manera gradual, supervisada y limitada en una primera etapa a rutas previamente definidas.

La evaluación económica, y la comparación de las propuestas mediante VAN y Costo Anual Equivalente (CAE) permitió establecer diferencias entre ambas. La alternativa WHILL presentó un VAN de -\$198.214.528 CLP y un CAE de \$52.288.493 CLP, mientras que, DAAV-air tuvo un VAN de -\$332.792.423 CLP y un CAE de \$87.789.803 CLP. Bajo los supuestos definidos en esta memoria, la propuesta WHILL es la opción económicamente más conveniente, al presentar un menor costo anual y una inversión inicial inferior, manteniendo un beneficio operacional estimado equivalente al de la alternativa DAAV-air.

A partir de los resultados obtenidos, la incorporación focalizada de sillas autónomas WHILL es una alternativa viable para una etapa inicial de modernización del servicio PMR en el aeropuerto AMB, y su implementación debe verse como un complemento al sistema de asistencia vigente, manteniendo la participación del personal especializado y de la flota convencional, especialmente en aquellos casos que requieran apoyo físico directo, atención personalizada o asistencia en condiciones operacionales más complejas.

Como pasos futuros, se debe implementar una prueba piloto en sectores específicos del aeropuerto, particularmente en las rutas extensas y repetitivas del Terminal 1 y 2, lo cual permitiría validar los supuestos considerados en la evaluación, mediante la medición de variables como tiempos reales de traslado, tiempos de espera, disponibilidad de equipos, frecuencia de uso, aceptación de usuarios, incidentes operacionales y la reasignación efectiva del personal PMR.

La investigación cumplió con los objetivos planteados que se centraron en vincular el diagnóstico de brechas con una evaluación comparativa y económica de soluciones tecnológicas aplicables al contexto chileno. Se aporta una base preliminar para orientar futuras decisiones en materia de accesibilidad aeroportuaria en AMB.

BIBLIOGRAFÍA

- admin. (2025, March 17). Aeropuerto de Santiago: Fallas en Asistencia a Pasajeros con Movilidad Reducida. *El Reporte Diario*. <https://reportediario.cl/2025/03/17/aeropuerto-de-santiago-fallas-en-asistencia-a-pasajeros-con-movilidad-reducida/>
- Aduanas Chile. (2002). *Valoración de las Mercancías*. Aduana. https://www.aduana.cl/capitulo-2-valoracion-de-las-mercancias/aduana/2007-02-15/153316.html#vtxt_cuerpo_T0
- Airports Council International (ACI). (2025). ACCESSIBILITY ENHANCEMENT ACCREDITATION PROGRAM. *ACI World*. <https://aci.aero/programs-and-services/airport-accreditations/accessibility-enhancement-accreditation-program/>
- AMS Schiphol. (2024, September). *Self-driving wheelchairs bring travellers to their gate at Schiphol*.
- Banco Central de Chile. (2026). *Reunión de Política Monetaria-marzo 2026*.
- BCC. (2026). *Base de Datos Estadísticos (BDE), Tipos de Cambio*. Banco Central de Chile. https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_TIPO_CAMBIO/MN_TIPO_CAMBIO4/DOLAR_OBS_ADO
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). (2010). *Ley 20422*. www.leychile.cl/validareingresocódigoN1010903S2266195UrlCorta:https://bcn.cl/TNZ7MZLEYNÚM.20.422
- BioBio Chile. (2025, August 8). *Aeropuerto de Santiago presenta nuevo servicio de asistencia ante críticas por accesibilidad*. Aeropuerto de Santiago presenta nuevo servicio de asistencia ante críticas por accesibilidad
- Catherina. (2025). *Servicio de Mantención de Silla de Ruedas*. <https://caterina.cl/products/servicio-de-mantencion-de-silla-de-ruedas?srsId=AfmBOooTcuBNPlyyEUG9klvJdUsJTkPL1Uh3MYzSB6sP9QA9on1ZHCj>
- Coleman, A., & Sreeharsha, V. (2024). Need help getting around Miami's airport? You can now catch a ride on a driverless chair. *Miami Herald*. <https://news.miami-airport.com/miami-dade-mayor-and-american-airlines-announce-new-autonomous-wheelchairs-at-mia/>
- Connell, B. R., Jones, M., Mace, R., Mueller, J., Mullick, A., Ostroff, E., Sanford, J., Steinfeld, E., Story, M., & Vanderheiden, G. (1997). *The Principles of Universal Design*. In *The Center for Universal Design - Universal Design Principles*.
- Corporate Finance Institute (CFI). (2020). *CAGR*. <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/valuation/what-is-cagr/>
- DAAV-Air. (2025). *Highlights Autonomous Navigation Full Motion Freedom*.
- DAN-382-ED.1 (2023).

- de Rus, G., Socorro, M. P., Valido, J., & Campos, J. (2023). Economic Evaluation of Transport Projects. In *Economic Evaluation of Transport Projects*. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-35959-0>
- ENEL Chile. (2026). *Enel Distribución Chile SA._Tarifas Suministro Eléctrico 24T_ VAD 5T Mayo de 2026*.
- Fernanda, A. :, Assael, R., González, F., Gloria, O., Cañoles, C., Hurtado, M. G., Vergara, R., Sebastián, H., & Mora, P. (n.d.). *III Estudio Nacional de la Discapacidad en Chile Impreso en Chile*. Retrieved www.senadis.gob.cl
- Fight, A. (2005). Cash Flow Forecasting. In *Cash Flow Forecasting*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-6136-2.X5070-4>
- Haneda Airport. (2020). *Autonomous Wheelchair (WHILL Autonomous Service)*. Haneda. <https://tokyo-haneda.com/en/service/facilities/whill.html>
- IATA. (2025). *Air Travel Accessibility Background*. <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet-accessibility/>
- INE. (2024). Estadísticas Censo 2024. In *Instituto Nacional de Estadísticas*. <https://censo2024.ine.gob.cl/resultados-dashboard/>
- International Air Transport Association (IATA). (2025). *La demanda mundial de pasajeros aéreos alcanza su máximo histórico en 2024*. <https://www.iata.org/contentassets/5bdc82d90ede479d92efa39877d83057/2025-01-30-01-sp.pdf>
- International Air Transport Association (IATA). (2025). *IATA alerta sobre nuevo servicio para personas con movilidad reducida en el Aeropuerto de Santiago de Chile*. https://www.iata.org/contentassets/0b6d1c34ebb24fa390b6030be3327751/2025/250331--scl-pmr-update-final_esp.pdf
- IPoM, Bcc. (2026). *Informe de Política Monetaria*. <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/politica-monetaria/informe-de-politica-monetaria>
- Japan Airport Terminal Co., Ltd., & Tokyo International Air Terminal Corporation. (2025). *Haneda Airport Named World's Best in Three Categories at 2025 SKYTRAX World Airport Awards*. <http://www.tiat.co.jp/en/news/dd60c2b1e9f01f220042894d6ee9be6c75eaa97c.pdf>
- Junta de Aeronáutica Civil (JAC). (2024). *Estadísticas Tráfico Aéreo*.
- K Fukagawa. (2020). WHILL: revolutionizing personal mobility with autonomous-driving wheelchairs. *Harvard Business School*. <https://d3.harvard.edu/platform-digit/submission/whill-revolutionizing-personal-mobility-with-autonomous-driving-wheelchairs/>
- Kincaid, I., Tretheway, M. W., & Kositsky, J. (2023). Methodology Choices for Benchmarking Airports. In *Advances in Spatial Science*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20341-1_11
- Ley Para Personas Con Discapacidad (ADA) (1990). www.adata.orghttp://www.ada.gov
- López Lázaro, A., Garrido-Prada, P., & Morcillo, P. (2018). Análisis de los principales indicadores de calidad de los aeropuertos de España, Chile, Brasil y Perú. *Análisis de Los Principales Indicadores de Calidad de Los Aeropuertos de España, Chile, Brasil y Perú*.

- MIA News. (2024, January 24). *Miami-Dade Mayor and American Airlines announce new autonomous wheelchairs at MIA*.
- Ministerio de Desarrollo Social y Familia. (2023). *Aeropuerto de Santiago inaugura rampa accesible que permitirá ingreso expedito a 900 atletas parapanamericanos en silla de ruedas*. <https://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/noticias/aeropuerto-de-santiago-inaugura-rampa-accesible-que-permitira-ingreso-expedito-a-900-atletas-parapan#:~:text=Aeropuerto%20de%20Santiago%20inaugura%20rampa%20accesible%20que%20permitir%C3%A1%20ingreso%20expedito,parapanamericanos%20en%20silla%20de%20ruedas>
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., & Giovannini, E. (2005). Handbook on constructing composite indicators. In *OECD Statistics Working Papers* (Number 03).
- National Research Council. (1996). *Budgeting for Facilities Maintenance and Repair Activities*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9226>
- Nuevo Pudahuel. (2024). *Aeropuerto para todos/as*. <https://www.nuevopudahuel.cl/aeropuerto-para-todos>
- Nuevo Pudahuel. (2025). *Superficie AMB*. <https://www.nuevopudahuel.cl/sites/default/files/t2/infografia-es.pdf>
- Nuevo Pudahuel S.A. (2024). *Memoria Anual 2024*. https://www.nuevopudahuel.cl/sites/default/files/media/memoria_anual_2024.pdf
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (2022). *Anexo 9*.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2019). *ESTRATEGIA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA INCLUSIÓN DE LA DISCAPACIDAD*. https://www.un.org/es/content/disabilitystrategy/assets/documentation/UN_Disability_Inclusion_Strategy_spanish.pdf
- Ostrum Tech. (2025). *SaaS Ostrum Platform*. Ostrum Tech Limited. <https://www.ostrumtech.com/>
- Ozion Airport Software. (2025). *PMR Manager*. Ozion Airport Software. <https://www.ozion-airport.com/prm-manager-4-0-2/>
- PMR Assist. (2025). *PMR Assist*. PMR Assist. <https://prmassist.com/>
- Seongjun, H., & Tai Wei, J. (2022). *Airport Unmanned Self-Driving Wheelchair (AUSW)*. <https://www.researchgate.net/publication/378212426>
- Servicio Nacional de la Discapacidad (SENADIS). (2025). *Misión y Objetivos Estratégicos*. <https://www.senadis.gob.cl/pag/3/1145/mision>
- Sheryl Burgstahler, Ph. D. (2021). *Universal Design: Process, Principles, and Applications*.
- Skytrax. (2025a). *World Airport Awards*. Skytrax. <https://skytraxresearch.com/es/service/airport-of-the-year-awards/>
- Skytrax. (2025b). *World's Best PRM / Accessible Facilities 2025*. World Airports Awards. <https://www.worldairportawards.com/worlds-best-prm-accessible-facilities-2025>

- Song, X., Deng, L., Wang, H., Zhang, Y., He, Y., & Cao, W. (2025). Deep learning-based time series forecasting. *Artificial Intelligence Review*, 58(1). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10989-8>
- Spiegel, M. R. (2002). *Estadística* (3°). McGraw-Hill/Interamericana Editores. <https://bibliotecadigital.usm.cl/info/estadistica-01208203>
- Villamil, S., Hernández, C., & Tarazona, G. (2020). An overview of internet of things. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(5). <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v18i5.15911>
- WHILL. (2023). *Servicio Autónomo*. WHILL. <https://whill.inc/es/mobility-service/how-it-works/autonomous-drive>
- WHILL. (2025). *WHILL Model C2 User Manual*.

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta de Accesibilidad a usuarios PMR en el Aeropuerto AMB.

Estimado(a):

Encuesta para fines de investigación académica de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Tiene una duración de 4 minutos y su respuesta es anónima.

El objetivo es evaluar la percepción de los usuarios del aeropuerto en cuanto al estado de las sillas de ruedas, capacitación del personal aeroportuario, tiempos de traslado, etc.

Preguntas de SÍ/NO:

- 1) ¿Existían sillas de ruedas disponibles inmediatamente al momento de solicitarla?
- 2) ¿La silla de ruedas se encontraba en buen estado? (limpia, sin daños, ruedas estables).
- 3) ¿Frenos y reposapiés funcionaban correctamente?
- 4) ¿El personal de asistencia aplicó técnicas seguras de traslado? (uso de rampas, ayuda de 2 personas si se requería, sin maniobras riesgosas o bruscas, etc.).
- 5) ¿El personal demostró conocer protocolos de asistencia para PMR (Personas con Movilidad Reducida)?
- 6) ¿El personal utilizó lenguaje claro y respetuoso durante toda la asistencia?
- 7) ¿Las rutas utilizadas (rampas, ascensores, etc.) fueron accesibles y estaban operativas?
- 8) ¿Consideras que el desplazamiento entre los procesos de recibir la silla, check-in, facturación, y embarque fueron fluidos?
- 9) ¿Recomendarías el servicio de asistencia a otra persona?
- 10) Añade alguna retroalimentación al servicio de asistencia, con el fin de mejorar el procedimiento.

Anexo 2: Tabla de distribución Normal.

A partir del libro de Estadística (Spiegel, 2002), extraído de Biblioteca USM digital, se muestran en la Tabla 9-1 los valores de diversos niveles de confianza para la distribución normal utilizados en la práctica a través de la Estimación de parámetros poblacionales.

Estimados por intervalo de confianza205

68.27%, 95.45% y 99.73% de las veces, en ese orden. Debido a esto, se llama a éstos *intervalos de confianza* a 68.27%, 95.45% y 99.73% de estimación para μ_x . Los números extremos de estos intervalos ($S \pm \sigma_s$, $S \pm 2\sigma_s$ y $S \pm 3\sigma_s$) se denominan, entonces, *límites de confianza* 68.27%, 95.45% y 99.73%, o *límites fiduciales*.

De forma similar, $S \pm 1.96\sigma_s$ y $S \pm 2.58\sigma_s$ son los límites de confianza a 95% y 99% (o 0.95 y 0.99) de S . El porcentaje de confianza suele denominarse *nivel de confianza*. Las cifras 1.96, 2.58, etcétera, en los límites de confianza, se llaman *coeficientes de confianza* o *valores críticos* y se denotan por z_c . A partir de los niveles de confianza se pueden calcular los coeficientes de confianza y viceversa.

La tabla 9-1 muestra los valores de z_c correspondientes a diversos niveles de confianza utilizados en la práctica. Los valores de z_c , para los niveles de confianza, no incluidos en la tabla, pueden obtenerse de las tablas del área de la curva normal (véase el apéndice II)

Tabla 9-1

Nivel de confianza	99.73%	99%	98%	96%	95.45%	95%	90%	80%	68.27%	50%
z_c	3.00	2.58	2.33	2.05	2.00	1.96	1.645	1.28	1.00	0.6745

Intervalos de confianza para medias

Si el estadístico S es la media muestral $\bar{X}$, entonces los límites de confianza de 95% y 99% para estimar la media poblacional μ están dados por $\bar{X} \pm 1.96\sigma_x$ y $\bar{X} \pm 2.58\sigma_x$, respectivamente. De manera más general, los límites de confianza están dados por $\bar{X} \pm z_c\sigma_x$, donde z_c (que depende del nivel particular de confianza deseado) se puede leer en la tabla 9-1. Usando los valores de σ_x , obtenidos en el capítulo 8, se ve que los límites de confianza para la media poblacional están dados por

$$\bar{X} \pm z_c \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \tag{1}$$

si el muestreo se lleva a cabo a partir de una población infinita o de una población finita con reemplazamiento y están dados por

$$\bar{X} \pm z_c \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \sqrt{\frac{N_p - N}{N_p - 1}} \tag{2}$$

si el muestreo se realizó sin reemplazamiento de una población de tamaño finito N_p .

Generalmente, la desviación estándar poblacional σ es desconocida; por consiguiente, para obtener los límites de confianza anteriores, se utiliza la estimación muestral $\hat{s}$ o s . Esta mostrará ser satisfactoria cuando $N \geq 30$. Para $N < 30$, la aproximación es pobre y se debe usar la teoría de pequeñas muestras (véase el capítulo 11).

Intervalos de confianza para proporciones

Si el estadístico S es la proporción de “éxitos” en una muestra de tamaño N , obtenida de una población binomial en la que p es la proporción de éxitos (es decir, la probabilidad de éxito), entonces los límites de confianza para p están dados por $P \pm z_c\sigma_p$, donde P es la proporción de éxitos en la muestra de tamaño N . Usando los valores de σ_p , obtenidos en el capítulo 8, se ve que los límites de confianza para la proporción poblacional están dados por

$$P \pm z_c \sqrt{\frac{pq}{N}} = P \pm z_c \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} \tag{3}$$

si el muestreo se efectuó de una población infinita o de una población finita con reemplazamiento y están dados por

Anexo 3: Planos terminales T1 y T2 aeropuerto AMB.

