

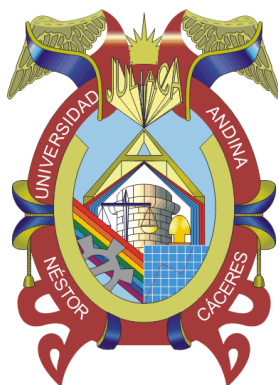


UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA
EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES
BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070
EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WILFREDO ROQUE CRUZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

JULIACA - PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA
EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES
BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070
EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WILFREDO ROQUE CRUZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 1767-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 23 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 12254 presentado por el (la) Bachiller: **WILFREDO ROQUE CRUZ** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **WILFREDO ROQUE CRUZ**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **WILFREDO ROQUE CRUZ**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : martes 30 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - EPIME

ARTÍCULO CUARTO. - **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730cc.
ArchivoUNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. César G. Camargo Najjar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1094-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 15 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 3580, presentado por el señor (a) **WILFREDO ROQUE CRUZ** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 426-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 426-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS**Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA**
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**Dr. Fritz Willy Mamani Apaza**
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2025
Interesado (a)

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1309-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-C-3579 por el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis), el **PROVEIDO - N° 889-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 035 - 2025 del integrante del comité de investigación 1309 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 035 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730cc.
Archivo
interesado (a)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 426-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 2128, presentado por el señor (a) **WILFREDO ROQUE CRUZ** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 290 -2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 018-2025 del integrante del comité de investigación **EPIME** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 018-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. OSCAR V. VILLAMONTE CALLA
DECANO (e)
C.P. 32730VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. Oscar V. Villamonte Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2025
Interesado (a)



TESIS UANCV

11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Fuentes principales

- 8% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 8% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-12-23	2%
2	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-10-14	<1%
3	Internet	repositorio.uancv.edu.pe	<1%
4	Internet	repositorioacademico.upc.edu.pe	<1%
5	Internet	tesis.pucp.edu.pe	<1%
6	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Tecnologica De Lima Sur on 2025-07-16	<1%
7	Internet	www.coursehero.com	<1%
8	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-13	<1%
9	Internet	dspace.ups.edu.ec	<1%
10	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2025-06-01	<1%
11	Trabajos del estudiante	USIL-D.A. Fac. Arquitectura (J.Kaiser) on 2025-12-01	<1%



12	Internet	repositorio.uvg.edu.gt	<1%
13	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%
14	Internet	repositorio.uni.edu.pe	<1%
15	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-10-04	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Mayor de San Marcos on 2025-06-30	<1%
17	Internet	repositorio.unac.edu.pe	<1%
18	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-22	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-07-06	<1%
20	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%
21	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-25	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2025-12-01	<1%
23	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru on 2025-05-27	<1%
24	Internet	repositorio.unp.edu.pe	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-09-18	<1%



26	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-10-03	<1%
27	Internet	repositorio.unsaac.edu.pe	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-22	<1%
29	Internet	repositorio.ulvr.edu.ec	<1%
30	Internet	repositorio.unicah.edu	<1%
31	Internet	www.abc.es	<1%
32	Internet	www.researchgate.net	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-01-07	<1%
34	Trabajos del estudiante	Universidad Privada del Norte on 2023-06-14	<1%
35	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica del Peru on 2024-12-13	<1%
36	Internet	idoc.pub	<1%
37	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%
38	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-09	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universidad Continental on 2019-12-15	<1%



40	Internet	latam.redilat.org	<1%
41	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-10-02	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-10-20	<1%
43	Internet	apirepositorio.unu.edu.pe	<1%
44	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-22	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-12-02	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad Autonoma de Chile on 2025-11-24	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica del Peru on 2021-10-08	<1%
49	Internet	scholar.archive.org	<1%
50	Internet	www.asajanet.com	<1%
51	Internet	www.caa.org.pe	<1%
52	Internet	www.theinsightpartners.com	<1%
53	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2025-05-28	<1%



54	Trabajos del estudiante	Universidad Privada Antenor Orrego 2025 on 2025-10-21	<1%
55	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
56	Internet	diariodepuebla.com.mx	<1%
57	Internet	es.slideshare.net	<1%
58	Internet	repository.uniminuto.edu	<1%
59	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
60	Internet	www.uladech.edu.pe	<1%
61	Internet	www.wernerladder.com	<1%
62	Publicación	CCASO SILVA INGENIEROS CONSTRUCTORES CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.. "EI...	<1%
63	Trabajos del estudiante	Instituto de Educación Superior Tecnológico Privado de la Construcción CAPECO S...	<1%
64	Publicación	Sanchez Silvera, Franz Alexander Mendoza Cerpa, Franklin Kenneth. "Análisis de...	<1%
65	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2024-12-29	<1%
66	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%
67	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%



68	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-09-21	<1%
69	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-08	<1%
70	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2026-01-31	<1%
71	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2017-04-18	<1%
72	Trabajos del estudiante	Universidad Católica de Santa María on 2024-09-12	<1%
73	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo on 2026-01-20	<1%
74	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
75	Internet	tesis.unap.edu.pe	<1%
76	Internet	worldwidescience.org	<1%



8

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA
EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES
BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070
EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**

15

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WILFREDO ROQUE CRUZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

JULIACA - PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

**DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA
EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES
BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070
EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WILFREDO ROQUE CRUZ

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. CARLOS ALEJANDRO CÁCERES VARGAS

ASESOR DE TESIS

: 
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1767-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 12254 presentado por el (la) Bachiller: **WILFREDO ROQUE CRUZ** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **WILFREDO ROQUE CRUZ**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **WILFREDO ROQUE CRUZ**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : martes 30 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - EPIME

ARTÍCULO CUARTO. - DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. OSCAR V. VAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

cc.
Archivo



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. César G. Camargo Najjar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1094-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 3580, presentado por el señor (a) **WILFREDO ROQUE CRUZ** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 426-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 426-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

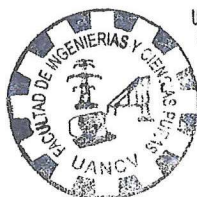
ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2025
Interesado (a)

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"RESOLUCIÓN DECANAL N° 1309-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-C-3579 por el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis), el **PROVEIDO - N° 889-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 035 - 2025 del integrante del comité de investigación 1309 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecánico Electricista**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 035 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTÉ CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

cc:
Archivo
interesado (a)

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"RESOLUCIÓN DECANAL N° 426-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 2128, presentado por el señor (a) **WILFREDO ROQUE CRUZ** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 290 -2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 018-2025 del integrante del comité de investigación **EPIME** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Salvador Teodoro Valdivia Cardenas de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 018-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **WILFREDO ROQUE CRUZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, con el Tema Titulada: **DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA**.

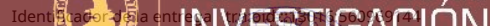
La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. OSCAR V. VILAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. Oscar V. Vilamonte Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2025
Interesado (a)



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN



29591476



Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Departamento: PUNO Provincia: SAN ROMAN Distrito: JULIACA Longitud oeste: -15.483488880851368 Latitud sur: , -70.12817121230837  URL: https://maps.app.goo.gl/ZT3G5kmGNS8hZoTCA
Año o rango de años en que se realizó la investigación	MARZO 2025 – DICIEMBRE 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00 Mecánica aplicada https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.02
- Librería	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÉSAR VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo WILFREDO ROQUE CRUZ, identificado con DNI
Nro. 45851821, en mi condición de egresado de:

- ☒ Escuela Profesional
☐ Programa de Segunda Especialidad,
☐ Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA
CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE
JULIACA, 2025

Asesorado por: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

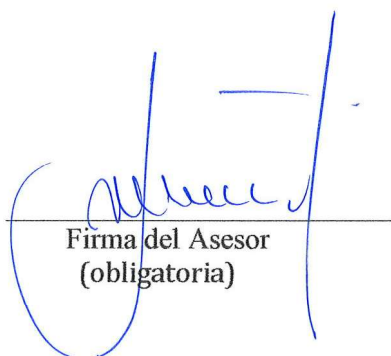
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca __06__ de ENERO del 2026



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mi querida familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus palabras de aliento en cada etapa de mi vida. Gracias por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la fe en mis sueños. Este logro también es de ustedes.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a mi asesor de tesis Ing. Adwar Ranulfo Sánchez Carreón, por su guía, paciencia y valiosas orientaciones que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

Asimismo, agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", por brindarme la formación académica y profesional que ha hecho posible culminar con éxito esta etapa de mi vida universitaria.



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción del problema	13
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema principal.....	15
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. Justificación	15
1.3.1. Justificación teórica	15
1.3.2. Justificación práctica	16
1.3.3. Justificación metodológica.....	16
1.4. Objetivos de la investigación	17



1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2. Objetivos específicos	17
1.5. Hipótesis	17
1.5.1. Hipótesis general.....	17
1.5.2. Hipótesis específicas.....	18
1.6. Operacionalización de variables	18

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	22
2.1.3. Antecedentes locales	24
2.2. Bases teóricas	24
2.2.1. Ascensor Electromecánico	24
2.2.2. Norma técnica EM.070	37
2.2.3. Aplicación en el contexto de la investigación	39
2.3. Definición de términos	39

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos de investigación	41
3.1.1. Tipo de investigación.....	41



CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Presentación	45
4.2. Análisis e interpretación de resultados	46
4.2.1. Conforme al objetivo específico 1	46
4.2.2. Conforme al objetivo específico 2	50
4.2.3. Conforme al objetivo específico 3	77
4.2.4. Respecto al objetivo general	82
4.3. Prueba de hipótesis	82
4.4. Discusión de resultados	84
4.4.1. Respecto al objetivo específico 1	84
4.4.2. Respecto al objetivo específico 2	85
4.4.3. Respecto al objetivo específico 3	85
CONCLUSIONES	87



RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
APÉNDICES	96
Apéndice 1: Matriz de Consistencia	97
Apéndice 2: Cálculo de ascensores para edificios residenciales multifamiliares/Hoja de cálculo de MVCS.....	98
Apéndice 3: Cálculo de la población (número total de personas).....	99
Apéndice 4: Estimación de peso desmontada de la cabina (para mostrar que sí son relevantes).....	100
Apéndice 5: Planos	101



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables.....	18
Tabla 2	Tipos de ascensor electromecánico	27
Tabla 3	Ubicación del lugar de proyecto	43
Tabla 4	Cargas según cantidad de cables	62
Tabla 5	Síntesis de componentes y características del diseño estructural del ascensor.....	69
Tabla 6	Cálculos principales para selección del motor.....	71
Tabla 7	Consumo eléctrico de componentes	73
Tabla 8	Protecciones y calibres recomendados	74
Tabla 9	Sensores e identificadores del sistema de ascensor propuesto.....	77
Tabla 10	Resumen del presupuesto.....	79



ÍNDICE DE FIGURAS

21

Figura 1	Dimensiones de cabina	49
Figura 2	Configuración de tiro o roping	52
Figura 3	Modelo del ascensor	59
Figura 4	Vista de la estructura metálica de soporte de rieles	65
Figura 5	Vista de la rieles y estructura metálica de soporte o fijación	65
Figura 6	Disposición de sensores en la cabina	75
Figura 7	Disposición de sensores en las puertas de cada piso	76

ABSTRACT

In the city of Juliaca, the growth of mid-rise buildings has generated the need to implement vertical accessibility solutions that improve mobility and ensure safety and efficiency. However, the lack of adequate elevators limits the functionality of these buildings and affects the quality of life of their users. Faced with this problem, this research aimed to design an electromechanical elevator for a five-story building in the city of Juliaca. The methodology used was applied with a non-experimental design and a descriptive-propositive approach. The structural and electromechanical sizing of the system was developed, including the main components: motor, cabin, counterweight, guides, among others. The results show that the designed elevator has a nominal capacity of 450 kg (6 people), a speed of 1.0 m/s, a vertical travel of 10.95 m, and five stops, meeting the regulatory criteria for usable area (1.25 m²), traffic, and safety. The traffic analysis determined a waiting time of 64.73 s and a transport capacity of 22.25 people in 5 minutes, within the limits established by Standard EM.070. The system incorporates a 5.5 kW gearless motor, 4 × Ø8 mm traction cables, and T75 and T70 rails, guaranteeing safe and efficient operation. It is concluded that the design is technically feasible and economically accessible, with a reference cost of USD 19,710, constituting a competitive alternative that improves accessibility and vertical mobility.

Keywords: Electromechanical elevator, design, accessibility, building.

El crecimiento urbano y la construcción de edificaciones de varios niveles han generado en los últimos años una necesidad creciente de implementar sistemas de transporte vertical que garanticen accesibilidad, seguridad y confort a los usuarios. A pesar de los avances tecnológicos en ascensores electromecánicos a nivel internacional, la mayoría de modelos comerciales están orientados a edificios de gran altura o con elevados presupuestos, lo que deja de lado a viviendas multifamiliares de menor escala. En el Perú, y en particular en la ciudad de Juliaca, esta situación se refleja en la ausencia de ascensores en edificaciones de hasta cuatro niveles, dificultando la movilidad de personas adultas mayores, con discapacidad o con limitaciones físicas, además de reducir la funcionalidad de estos inmuebles.

Frente a esta problemática, la presente investigación se centra en diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones residenciales de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, tomando como base los lineamientos de la Norma Técnica EM.070. Este diseño busca responder a las necesidades locales mediante una propuesta técnicamente viable, segura y económicamente competitiva, que pueda ser replicada en contextos similares.

El Capítulo I presenta los aspectos generales de la investigación, la descripción de la problemática, los objetivos planteados, la justificación del estudio, así como la hipótesis y la operacionalización de variables. El Capítulo II expone los fundamentos teóricos relacionados con los ascensores electromecánicos y la normativa aplicable, además de la definición de términos relevantes para la investigación. El Capítulo III describe la metodología aplicada, especificando el tipo, diseño y enfoque de investigación, así como el ámbito, la



población y muestra, y las técnicas e instrumentos utilizados para el desarrollo del trabajo. El Capítulo IV contiene el análisis de los resultados obtenidos y la discusión correspondiente, en relación con los objetivos planteados y con antecedentes de estudios similares. Finalmente, se incluyen las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos que complementan el desarrollo del estudio.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción del problema

El crecimiento urbano y la tendencia a construir edificaciones de varios niveles han generado una mayor demanda de sistemas de transporte vertical que garanticen accesibilidad y comodidad a los usuarios. A nivel internacional, aunque los ascensores electromecánicos se encuentran ampliamente desarrollados, los modelos comerciales suelen estar orientados a edificios de gran altura o a proyectos de alto presupuesto, lo que deja un vacío en soluciones adaptadas a construcciones residenciales de baja escala. Investigaciones recientes resaltan la importancia de diseñar ascensores compactos y eficientes, capaces de integrarse en edificaciones pequeñas sin comprometer la seguridad ni el cumplimiento de estándares técnicos (Rosario et al., 2021; Miravete, 2021).

En el Perú, este desafío es evidente en muchas viviendas y edificios multifamiliares de hasta cuatro niveles que carecen de sistemas de elevación. Aunque la Norma Técnica EM.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones establece los lineamientos para la instalación de transporte mecánico, la oferta



de diseños accesibles para este tipo de construcciones es escasa. La falta de propuestas técnicas específicas y los costos elevados de los equipos convencionales dificultan su implementación en edificaciones residenciales urbanas (Pinto, 2021; Cóndor, 2021). Esto refleja la necesidad de desarrollar proyectos que, cumpliendo con la normativa vigente, se adapten a las características de viviendas de pequeña y mediana altura.

En la ciudad de Juliaca, donde es común encontrar edificaciones residenciales de hasta cuatro pisos, la ausencia de ascensores limita la accesibilidad, especialmente para personas mayores o con movilidad reducida. Factores como la carencia de modelos de diseño orientados a este tipo de inmuebles y la falta de aplicación efectiva de la Norma EM.070 han mantenido esta situación sin resolver (Zbinden, 2025). En el caso de los ascensores, aspectos como el tráfico de usuarios, el número de unidades habitacionales y la distribución de los espacios influyen de manera directa en el dimensionamiento y la selección de componentes, por lo que es necesario un diseño que considere estas variables dentro de un contexto residencial típico.

Frente a este panorama, la presente investigación propone el diseño de un ascensor electromecánico para una edificación residencial de hasta cuatro niveles en Juliaca, tomando como referencia un modelo representativo que cumpla con los requisitos técnicos y de seguridad de la Norma EM.070. Este proyecto busca establecer una base técnica aplicable a construcciones de características similares, contribuyendo a mejorar la accesibilidad y funcionalidad de viviendas urbanas en el contexto local.



1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

¿Cómo diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en la Norma Técnica EM.070 – Transporte Mecánico?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los requerimientos técnicos, normativos y funcionales que deben considerarse para el diseño de un ascensor electromecánico en edificaciones de hasta cuatro niveles?
- ¿Cómo se debe elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, incluyendo planos, cálculos y sistema de control, conforme a los requerimientos establecidos por la normativa EM.070?
- ¿Cuál es el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, considerando los materiales, equipos y componentes seleccionados?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

El diseño de un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles es relevante en el campo de la ingeniería electromecánica porque responde a la creciente necesidad de soluciones de transporte vertical en espacios residenciales urbanos. Este tipo de sistema no solo facilita la



movilidad de personas mayores o con discapacidad, sino que también mejora la funcionalidad y comodidad para todos los habitantes, especialmente en viviendas multifamiliares. La investigación contribuirá al desarrollo de tecnologías eficientes, compactas y de bajo costo, ampliando el marco teórico en transporte vertical, diseño mecánico y cumplimiento normativo según la norma EM.070.

1.3.2. Justificación práctica

Esta investigación busca ofrecer una alternativa práctica y viable para implementar ascensores electromecánicos en edificaciones urbanas de hasta cuatro niveles, como las que predominan en la ciudad de Juliaca. Su aplicación permitirá mejorar la calidad de vida de los usuarios al facilitar el desplazamiento entre niveles de forma segura, cómoda y eficiente. Además, proporcionará un modelo de diseño que puede ser replicado en otras ciudades, con costos referenciales que faciliten su evaluación e implementación por parte de profesionales y promotores inmobiliarios.

1.3.3. Justificación metodológica

Se empleará un enfoque cuantitativo y de tipo descriptivo para recopilar información técnica relevante, definir los requisitos del diseño y seleccionar componentes electromecánicos adecuados. Se desarrollará un diseño estructural y funcional del ascensor, basado en análisis documental, normativas nacionales (como la EM.070) y condiciones locales. La viabilidad técnica y económica será evaluada mediante cálculos de capacidad, eficiencia energética y costo estimado de implementación, asegurando la aplicabilidad del sistema propuesto a edificaciones residenciales en Juliaca.



2

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. *Objetivo general*

Diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en los lineamientos de la Norma Técnica EM.070, 2025.

2

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Identificar los requerimientos técnicos, normativos y funcionales necesarios para el diseño de un ascensor electromecánico destinado a edificaciones de hasta cuatro niveles.
- Elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, considerando la cabina, sistema de tracción, guías, sistema de control y demás componentes, conforme a la Norma EM.070.
- Estimar el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, en función de los materiales, equipos y componentes seleccionados.

3

8

1.5. Hipótesis

1.5.1. *Hipótesis general*

El diseño de un ascensor electromecánico, basado en la Norma Técnica EM.070, permitirá establecer una solución técnica adecuada para su implementación en edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca.

41

1.5.2. Hipótesis específicas

- La identificación de los requerimientos técnicos, normativos y funcionales permitirá orientar adecuadamente el diseño de un ascensor electromecánico conforme a las exigencias de edificaciones de hasta cuatro niveles.
- La elaboración del diseño estructural y electromecánico del ascensor, incluyendo planos, cálculos y sistema de control, permitirá cumplir con los lineamientos establecidos por la Norma Técnica EM.070.
- La estimación del costo referencial del ascensor electromecánico permitirá evaluar preliminarmente su viabilidad técnica y económica para su implementación en edificaciones de hasta cuatro niveles.

1.6. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Ítems / Instrumentos	Escala de medición
Variable Independiente: Diseño del ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles	1. Requerimientos técnicos	- Capacidad de carga (kg) - Dimensiones de cabina (m ²) - Velocidad nominal (m/s) - Número de paradas	Fichas de cálculo y planos técnicos	Cuantitativa - Razón
	2. Requerimientos estructurales y electromecánicos	- Selección de motor y sistema de tracción - Tipo de guías y rieles - Sistema de control y automatización - Sistema de seguridad implementado	Análisis de diseño y especificaciones técnicas	Cualitativa - Nominal
	3. Estimación económica	- Costo referencial de materiales y equipos - Comparación con	Presupuesto referencial	Cuantitativa - Razón



Variable	Dimensiones	Indicadores	Ítems / Instrumentos	Escala de medición
Variable Dependiente: Cumplimiento de la Norma Técnica EM.070	1. Seguridad y accesibilidad	costos de mercado - Dimensiones mínimas de cabina - Ancho de puerta - Accesibilidad universal según A.120	Ficha de verificación normativa	Cualitativa – Nominal
	2. Funcionamiento técnico	- Intervalo de espera (s) - Población transportada en 5 min (%)	Cálculos normativos (hoja MVCS)	Cuantitativa – Razón
	3. Confiabilidad normativa	- Cumplimiento de tablas de área mínima y máxima - Cumplimiento de paradas y recorrido	Lista de chequeo de cumplimiento EM.070	Cualitativa – Nominal

Nota. Elaboración propia.



25

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

22

Altamirano y Guano (2023), en su tesis titulada “Diseño y simulación de un elevador vertical semicabinado de dos pisos para una persona con movilidad reducida”, plantearon como objetivo diseñar y simular un elevador para mejorar el transporte entre niveles en viviendas. La metodología fue de tipo aplicativo y nivel descriptivo. Entre los resultados, se diseñó un ascensor conforme a las normas de accesibilidad de Ecuador (NTE INEN 3139) y la ISO 8100-30, con una carga máxima de 175 kg, un área de cabina de 1.54 m², y altura de elevación de 2.40 m a 5 m/min, mediante un polipasto eléctrico de 120 V y 1000 W. El costo estimado fue de 3381 dólares. Se concluyó que el diseño fue exitoso y viable para personas con movilidad reducida.

55

Rosário et al. (2021), en su artículo científico titulado “Diseño de un ascensor asistido para usuarios de silla de ruedas”, tuvieron como objetivo proponer y diseñar un ascensor personal asistido, cumpliendo con las normas de accesibilidad ABNT NBR ISO 9386-1 y ABNT NBR 9050, con un costo accesible.

49



La metodología fue de tipo aplicativo y alcance descriptivo. Entre los resultados, se diseñó un ascensor con sistema tuerca-husillo, accionado por motor eléctrico, con altura máxima de 4 m, capacidad para un usuario en silla de ruedas y un acompañante, y se realizó un análisis estructural con elementos finitos. Se concluyó que el diseño es viable, funcional y accesible para personas de bajos ingresos.

12 Saavedra (2023), en su tesis titulada “Diseño de elevador residencial modular de 2 niveles para adultos mayores y personas con discapacidad de movilidad”, tuvo como objetivo diseñar un elevador modular residencial de dos niveles, a un costo de materiales no mayor a Q40,000. La metodología fue de alcance descriptivo, dividiéndose en el dimensionamiento mecánico de componentes estructurales y el análisis de elementos de accesibilidad. Como resultados, se diseñó un elevador compuesto por cuatro módulos, con una carrera máxima de 3.25 m, capacidad de 250 kg y potencia requerida de 2 HP. Se concluyó que el diseño fue satisfactorio para usuarios en silla de ruedas.

9 Jiménez y Ayala Álvarez (2023), en Ecuador presentan su investigación titulada “Diseño de un elevador portátil con sistema de wincha y polea para una capacidad máxima de carga de 300 kg”. El estudio tuvo como objetivo diseñar un elevador portátil con sistema de wincha y poleas para levantar cargas de hasta 300 kg, orientado a reducir riesgos laborales en el manejo de paneles de cámaras frigoríficas. Se empleó una metodología basada en modelado 3D y simulación estructural en Autodesk Inventor, utilizando acero al carbono y acero forjado para garantizar resistencia y estabilidad. Los resultados demostraron que el elevador logra una operación segura y estable mediante contrapesos de 47 kg y un sistema de ruedas con bloqueo. Se concluye que el uso de herramientas de



diseño asistido permitió optimizar la estructura, mejorar la ergonomía y ofrecer un equipo portátil y versátil aplicable en construcción y logística.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Pinto (2021), en su tesis titulada "Diseño de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME – UNAC", tuvo como objetivo diseñar un ascensor eléctrico con capacidad de 300 kg para facilitar el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel. La metodología fue de tipo tecnológica y nivel descriptivo simple. Entre los resultados, se aplicaron normas como la EN.81-1 y la norma técnica A120 para determinar dimensiones y requisitos estructurales, logrando un diseño que cumple con criterios de resistencia de materiales. Se concluyó que se alcanzó exitosamente el diseño de un ascensor eléctrico funcional y seguro para personas con discapacidad.

Cóndor (2021), en su tesis titulada "Análisis de fallas en componentes mecánicos del ascensor de marca Asteca instalado en la academia pre universitaria Ingeniería S.A.C", tuvo como objetivo determinar las fallas recurrentes en los componentes mecánicos del ascensor ASTECA. La metodología fue de tipo básica y nivel descriptivo. Entre los resultados, se aplicó el método AMEF, estimando la severidad, ocurrencia, detección y el número de prioridad de riesgo (NPR), obteniendo un 47.06% de riesgo aceptable, 23.53% reducible aceptable y 29.41% inaceptable. Se concluyó que el mantenimiento adecuado es esencial para evitar fallos graves y garantizar el funcionamiento seguro del ascensor.

Zbinden (2025), en su tesis titulada "Diseño de un sistema elevador



elevador como una solución eficiente y accesible para viviendas de espacio limitado, aportando una alternativa funcional al diseño de ascensores domésticos en el contexto peruano.

4 Garrido y Luna (2024), en Lima presentaron su tesis titulada: "Diseño de un prototipo de simulación que facilite la elección de ascensores en proyectos residenciales tomando en consideración el consumo energético". El estudio tuvo como objetivo desarrollar un prototipo de simulación que permita seleccionar de manera óptima ascensores en proyectos residenciales, considerando parámetros técnicos y de eficiencia energética. La metodología se basó en la recopilación de datos normativos y el modelado de variables como capacidad de carga, velocidad, número de ascensores y potencia del motor de tracción. Los resultados evidenciaron que la herramienta propuesta optimiza la elección de equipos, reduciendo el consumo energético y mejorando la funcionalidad del transporte vertical. Se concluye que el prototipo contribuye a una mejor planificación en edificaciones residenciales, promoviendo la aplicación de la normativa vigente y el uso eficiente de la energía eléctrica en ascensores.

2.1.3. Antecedentes locales

37 No se encontraron antecedentes recientes a nivel local/regional.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ascensor Electromecánico

2.1.1.1. Definición

Un ascensor electromecánico es un sistema de transporte vertical que utiliza un modelo basado en masas conectadas elásticamente y es impulsado



por un motor eléctrico, permitiendo el movimiento controlado de la cabina entre diferentes niveles de un edificio (Kolotilo et al., 2023).

Los ascensores electromecánicos emplean motores eléctricos, generalmente asíncronos o de imanes permanentes, junto con sistemas de control y tracción para desplazar personas o cargas de manera eficiente y segura (Boiko et al., 2024).

Se consideran mecanismos de alto riesgo, por lo que su diseño y operación requieren equipos electromecánicos altamente confiables y tecnologías modernas para garantizar la seguridad y la fiabilidad en edificaciones de varios pisos (Shevchuk y Zaichenko, 2019).

En síntesis, los ascensores electromecánicos son sistemas de transporte vertical que combinan motores eléctricos, mecanismos de tracción y sistemas de control para desplazar personas y cargas entre diferentes niveles de un edificio, priorizando la seguridad, eficiencia y fiabilidad en su funcionamiento.

2.1.1.2. Orígenes y primeros desarrollos

El concepto de ascensor se remonta a la antigüedad, cuando Arquímedes propuso en el año 236 a.C. un sistema de plataforma elevada mediante cuerdas y fuerza humana o animal. Sin embargo, estos primeros dispositivos carecían de mecanismos de seguridad y su uso era limitado principalmente a la carga de materiales (So, 2019).

El avance fundamental llegó en 1852, cuando Elisha Graves Otis inventó el primer sistema de seguridad para ascensores, permitiendo que la cabina se bloqueara en caso de rotura de las cuerdas. Esta innovación fue clave para la



aceptación y proliferación de los ascensores en edificios de varios pisos, marcando el inicio de la era moderna de los ascensores (So, 2019).

2.1.1.3. Evolución hacia Sistemas Electromecánicos

7 Con la llegada de la electricidad a finales del siglo XIX, los ascensores comenzaron a incorporar motores eléctricos, reemplazando los sistemas hidráulicos y de vapor. Los primeros motores eléctricos utilizados eran de corriente continua (DC), pero con el tiempo se adoptaron motores de corriente alterna (AC) por su mayor eficiencia y facilidad de control (Rao y Mircevski, 2021; So, 2019).

Durante el siglo XX, la tecnología de los ascensores electromecánicos evolucionó rápidamente. Se introdujeron motores asíncronos y sistemas de control más sofisticados, permitiendo un funcionamiento más seguro, eficiente y confortable. El desarrollo de motores sin engranajes (gearless) y la integración de sistemas de control electrónico marcaron hitos importantes en la reducción de vibraciones, ruidos y consumo energético (Boiko et al., 2024; Nazarova et al., 2022; Rao y Mircevski, 2021).

2.1.1.4. Innovaciones Recientes

En las últimas décadas, la investigación se ha enfocado en mejorar la eficiencia energética y la precisión del control de los ascensores electromecánicos. La introducción de motores de imanes permanentes, sistemas de control vectorial y el uso de electrónica de potencia avanzada (como IGBT y MOSFET) han permitido un control más preciso de la velocidad y el posicionamiento de la cabina, así como una mayor fiabilidad y vida útil del sistema (Boiko et al., 2024; Nazarova et al., 2022; Rao y Mircevski, 2021).



La simulación computacional y el modelado matemático han facilitado el diseño y diagnóstico de sistemas complejos, permitiendo prever fallas y optimizar el mantenimiento (Kolotilo et al., 2023; Nazarova et al., 2022). Además, la tendencia actual apunta hacia la integración de tecnologías inteligentes y la automatización para mejorar la seguridad y la experiencia del usuario (Boiko et al., 2024; Rao y Mircevski, 2021).

2.1.1.5. Tipos

Los tipos de ascensor electromecánico se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2

Tipos de ascensor electromecánico

Tipo de ascensor electromecánico	Características principales
Ascensor con motor asíncrono y engranajes	Utiliza motores eléctricos asíncronos y cajas de engranajes para la tracción de la cabina (Boiko et al., 2024).
Ascensor gearless (sin engranajes)	Emplea motores de imanes permanentes o biinductores, eliminando la caja de engranajes, lo que mejora la eficiencia y reduce el mantenimiento (Boiko et al., 2024).
Ascensor electrohidráulico	Combina sistemas hidráulicos y eléctricos, adecuado para edificios de baja altura y permite un control preciso mediante servomecanismos (Mohammed et al., 2020; Stawiński et al., 2025).

Nota. Elaborado por el tesista

2.1.1.6. Componentes Principales

Los ascensores electromecánicos están compuestos por varios elementos fundamentales:

- **Motor eléctrico:** Generalmente asíncrono o de imanes permanentes, es el encargado de generar el movimiento de la cabina (Martynov et al., 2021; Vlachou et al., 2024).

- Cabina: Espacio donde se transportan los usuarios o la carga.
- Contrapeso: Equilibra el peso de la cabina para reducir el esfuerzo del motor.
- Sistema de tracción: Incluye cables, poleas y, en algunos casos, sistemas gearless (sin engranajes) para mejorar la eficiencia y reducir el mantenimiento (Boiko et al., 2024; Soyaslan et al., 2023).
- Panel de control: Gestiona las órdenes de movimiento, paradas y seguridad, integrando tecnologías como microcontroladores, tarjetas de control o PLCs (Browne et al., 2015; Farhan et al., 2024).
- Sistemas de seguridad: Incorporan frenos, sensores de puertas, limitadores de velocidad y dispositivos de emergencia.

2.1.1.7. Dimensiones del diseño del ascensor electromecánico

Comprende el conjunto de criterios técnicos, estructurales y económicos considerados en la concepción y desarrollo del ascensor, de acuerdo con la Norma Técnica EM.070 "Transporte Mecánico" y la norma A.120 "Accesibilidad universal en edificaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones. Sus dimensiones son las siguientes:

2.1.1.7.1. Requerimientos técnicos

Corresponden a los parámetros fundamentales que determinan la capacidad operativa del ascensor, garantizando que su funcionamiento sea adecuado al tipo y tamaño de la edificación. Según Altamirano y Guano (2023) incluye aspectos como:

- **Capacidad de carga (kg):** peso máximo total que puede transportar la



cabina, incluyendo pasajeros y estructura, definido según las tablas de la Norma EM.070.

- **Dimensiones de cabina (m^2):** superficie útil interior necesaria para alojar la carga nominal, cumpliendo con los mínimos exigidos por la norma A.120 para accesibilidad.
- **Velocidad nominal (m/s):** velocidad de desplazamiento vertical del ascensor bajo carga nominal, determinada según la altura total de recorrido.
- **Número de paradas:** cantidad de niveles servidos por la instalación, que influye directamente en el diseño del sistema de control y en el cálculo de tráfico vertical.

2.1.1.7.2. Requerimientos estructurales y electromecánicos

Incluyen los elementos constructivos y de tracción que aseguran la integridad física, seguridad y eficiencia del sistema, según Caisaguano y Mendoza (2024) estos requerimiento abordan los siguientes aspectos.

- **Selección de motor y sistema de tracción:** elección del equipo electromecánico (MRL o con cuarto de máquinas) y del tipo de tracción (2:1, directa, gearless o con engranajes), de acuerdo con la carga y velocidad nominal.
- **Tipo de guías y rieles:** dimensionamiento de los perfiles de acero laminado tipo "T" para cabina y contrapeso, considerando las cargas laterales admisibles y la separación entre ménsulas.
- **Sistema de control y automatización:** integración de circuitos,



sensores y controladores (tarjeta de control o VVVF) que regulan el movimiento, la nivelación y la seguridad del ascensor.

- **Sistema de seguridad implementado:** dispositivos obligatorios por normativa, como paracaídas, gobernador de velocidad, amortiguadores, frenos de emergencia y sistemas de detección de sobrevelocidad.

2.1.1.7.3. Estimación económica

Evalúa la viabilidad técnica y económica del diseño propuesto mediante la cuantificación de los costos principales.

- **Costo referencial de materiales y equipos:** valor aproximado de los componentes principales (motor, cabina, guías, sistema de control, etc.) según proveedores disponibles.
- **Comparación con costos de mercado:** análisis comparativo respecto a ascensores comerciales equivalentes, determinando la competitividad económica del diseño.

2.1.1.8. Ecuaciones aplicadas en el diseño del ascensor electromecánico

2.1.1.8.1. Cálculo de área útil de la cabina

La determinación del área útil de la cabina se obtiene mediante la expresión:

$$A = b \times a$$

donde “b” es el ancho y “a” el fondo de la cabina.

Esta relación básica proviene de la definición geométrica del área rectangular, la cual se emplea para verificar el cumplimiento de las dimensiones mínimas establecidas por la Norma Técnica A.120 – Accesibilidad Universal en Edificaciones y la Norma EM.070 – Transporte Mecánico, que establecen rangos mínimos y máximos de superficie útil en función de la capacidad de carga (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

2.1.1.8.2. *Peso y fuerzas gravitatorias*

El peso de cada componente del sistema se determina por la ecuación fundamental de la mecánica newtoniana:

$$W = m \cdot g$$

donde **m** es la masa (kg) y **g** la aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Esta ecuación deriva de la Segunda Ley de Newton, que define la relación entre la masa y la fuerza ejercida por la gravedad sobre un cuerpo (Beer y Johnston, 2017). En el diseño del ascensor, esta fórmula se aplica para calcular el peso de la cabina, los pasajeros, el bastidor y el contrapeso.

2.1.1.8.3. *Equilibrio del sistema y contrapeso*

El principio de equilibrio dinámico entre la cabina y el contrapeso se expresa como:

$$m_{cw} = m_{car} + 0.5 m_{load}$$

Esta relación empírica proviene de la práctica de diseño de ascensores (normas EN 81-20/50), donde se busca que el contrapeso compense la masa de la cabina

más la mitad de la carga nominal. Esto minimiza el consumo energético y reduce el par requerido en el motor (Strakosch y Caporale, 2010).

2.1.1.8.4. Fuerzas de tracción y dinámica del movimiento

Durante el arranque y frenado del ascensor, la fuerza de tracción necesaria se calcula como:

$$F_{tracc} 'n = \Delta W + F_a$$

donde ΔW es el desequilibrio de pesos (cabina – contrapeso) y $F_a = m \cdot a$ es la fuerza inercial por aceleración.

Este modelo se basa en la **segunda ley de Newton para sistemas de masas suspendidas**, aplicando un análisis dinámico unidimensional. La masa neta acelerada se obtiene restando la masa compensada por el contrapeso de la masa total suspendida (Chapman, 2015).

2.1.1.8.5. Tensión en cables y factor de seguridad

La tensión en los cables del sistema de tracción se calcula como:

$$T_{rama} = \frac{F_{tracción}}{2}$$

para un arreglo de **reeving 2:1**, donde la polea duplica la ventaja mecánica.

La resistencia mínima a la rotura de cada cable se determina con:

$$MBL_{min} = FS \cdot T_{cable}$$

donde **FS** es el factor de seguridad, que según normas internacionales **EN 81-**

20 y ISO 4344, para ascensores de pasajeros se recomienda entre 10 y 12.

Estos principios derivan de la **teoría de cables tensados** y de la resistencia de materiales (Budynas y Nisbett, 2020).

2.1.1.8.6. Flexión en vigas del bastidor

El dimensionamiento de las vigas portantes del bastidor y el piso se realiza aplicando la ecuación general del momento flector máximo para una viga simplemente apoyada bajo carga distribuida uniforme:

$$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$$

donde **w** es la carga lineal (N/m) y **L** la luz entre apoyos (m).

El módulo de sección requerido se obtiene de:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

donde **σ_{adm}** es la tensión admisible del material.

Ambas expresiones derivan de la **teoría clásica de flexión de Euler-Bernoulli**, que asume que las secciones planas permanecen planas después de la deformación (Hibbeler, 2017).

El criterio de flecha máxima admisible se determina mediante:

$$\delta_{max} = \frac{5qL^4}{384EI}$$

empleado para verificar la rigidez y confort estructural, donde **E** es el módulo de elasticidad e **I** el momento de inercia de la sección.

2.1.1.8.7. Selección de rieles y verificación de rigidez

El comportamiento del riel guía se analiza como una **viga simplemente apoyada con carga puntual en el centro**, aplicando:

$$M = \frac{PL}{4} \text{ y } \delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

donde **P** es la carga lateral transmitida por la zapata, **L** la distancia entre ménsulas, **E** el módulo de elasticidad e **I** el momento de inercia del riel.

Estas expresiones son deducidas del modelo elástico lineal (Roark y Young, 2002), y se emplean para verificar que las tensiones y deflexiones no superen los límites recomendados (L/750).

2.1.1.8.8. Cálculo de potencia y par del motor

El cálculo de la potencia mecánica necesaria para el movimiento del ascensor se obtiene de:

$$P = F_{tracción} \cdot v$$

donde **v** es la velocidad nominal del ascensor.

El par en la polea de tracción se define como:

$$\tau = \frac{P}{\omega}$$

Con **ω** es la velocidad angular del motor.

Estas ecuaciones derivan directamente de la **relación entre trabajo, potencia y movimiento rotacional** (Chapman, 2015).

Se incorpora un **factor de servicio (FS)** para garantizar márgenes frente

a picos de arranque y pérdidas por fricción, tal como recomiendan fabricantes de motores gearless.

2.1.1.8.9. Cálculo eléctrico y corriente de diseño

La corriente trifásica absorbida por el sistema se calcula con:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot PF}$$

donde **P** es la potencia demandada (W), **V** la tensión de línea (V) y **PF** el factor de potencia.

Esta relación proviene de la **teoría de potencia en sistemas eléctricos trifásicos**, según la **IEC 60038** y manuales de diseño eléctrico.

Los criterios de selección de protecciones, conductores y variadores VVVF se basan en la **NTP IEC 60364** y la **NTP EM.070**, que establecen requerimientos de seguridad eléctrica para equipos de transporte vertical.

2.1.1.8. Control y automatización

El control de los ascensores electromecánicos ha evolucionado hacia sistemas automatizados que emplean microcontroladores, tarjetas de control o PLCs y software especializado para gestionar el movimiento, la parada precisa en cada piso y la seguridad. El uso de técnicas de control como el VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) permite ajustar la velocidad y el par del motor, mejorando la eficiencia energética y la seguridad de los pasajeros (Browne et al., 2015; Farhan et al., 2024; Vlachou et al., 2024).



2.1.1.9. Eficiencia Energética y Sostenibilidad

El consumo energético de los ascensores representa una parte significativa del gasto total de los edificios. Por ello, se han desarrollado sistemas de regeneración de energía y motores de alta eficiencia que permiten reducir el consumo y aprovechar la energía generada durante el descenso de la cabina o el frenado (Boiko et al., 2024). La transición hacia sistemas gearless y el uso de materiales y componentes de bajo consumo contribuyen a la sostenibilidad del edificio.

2.1.1.10. Fiabilidad, Seguridad y Mantenimiento

La fiabilidad y la seguridad son aspectos críticos en los ascensores electromecánicos, considerados mecanismos de alto riesgo. La implementación de sistemas de diagnóstico técnico, mantenimiento preventivo y componentes de alta calidad es esencial para evitar fallas y garantizar un funcionamiento seguro y continuo (Shevchuk y Zaichenko, 2019). Además, la reducción de la cantidad de componentes mediante circuitos cinemáticos innovadores puede aumentar la confiabilidad y facilitar el mantenimiento (Shevchuk y Zaichenko, 2019).

2.1.1.11. Aplicaciones y Adaptabilidad

Los ascensores electromecánicos se adaptan a diferentes tipos de edificaciones, desde viviendas de pocos niveles hasta edificios comerciales y residenciales de gran altura. Su diseño modular y la posibilidad de personalización permiten su integración en proyectos nuevos o en la modernización de edificios existentes (Farhan et al., 2024; Soyaslan et al., 2023).



2.2.2. Norma técnica EM.070

2.1.2.1. Definición

4 La Norma Técnica EM.070 “Transporte Mecánico”, forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y constituye el marco técnico de obligatorio cumplimiento para el diseño, instalación y mantenimiento de equipos de transporte vertical en edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

2.1.2.2. Objeto y finalidad

62 Según el artículo 1, la norma tiene por objeto establecer los lineamientos técnicos mínimos necesarios para las especificaciones, diseño e instalación de ascensores, montacargas, escaleras mecánicas y dispositivos similares en edificaciones.

El artículo 2 define su finalidad como garantizar la seguridad de las personas, así como la eficiencia funcional de los sistemas de transporte mecánico implementados en los edificios.

2.1.2.3. Ámbito de aplicación

En el artículo 3 se establece que la norma es de carácter obligatorio para cualquier tipo de edificación —nueva, remodelada o con cambio de uso— que requiera la instalación de equipos de transporte mecánico, sin importar su antigüedad o tipología.

Asimismo, se señala que los proyectistas deben considerar las condiciones operativas del contexto local al aplicar los requisitos de diseño y seguridad, adaptando las soluciones al entorno específico del edificio.

2.1.2.4. Dimensiones del cumplimiento de la Norma Técnica EM.070

Esta variable evalúa en qué medida el diseño propuesto satisface las condiciones de seguridad, funcionamiento y confiabilidad establecidas en la normativa vigente EM.070 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

2.1.2.4.1. Seguridad y accesibilidad

Hace referencia al cumplimiento de las dimensiones mínimas y condiciones de accesibilidad universal.

- **Dimensiones mínimas de cabina:** verificación de que la cabina cumpla con los valores mínimos (1,00 m × 1,25 m) establecidos en la Norma A.120 que hace referencia la Norma EM.070.
- **Ancho de puerta:** debe cumplir con los valores mínimos normados (0,80 m para ascensores ≤ 600 kg).
- **Accesibilidad universal:** cumplimiento de los criterios normativos que garantizan el acceso de personas con discapacidad o movilidad reducida.

2.1.2.4.2. Funcionamiento técnico

Evalúa el desempeño del ascensor bajo condiciones de servicio normal.

- **Intervalo de espera (s):** tiempo promedio que un usuario debe esperar para disponer del ascensor.
- **Población transportada en 5 min (%):** proporción de la población total que puede ser transportada en un periodo de 5 min, según la hoja de cálculo oficial del Ministerio de Vivienda.



2.1.2.4.3. Confiabilidad normativa

Verifica la correspondencia total del diseño con las especificaciones técnicas de la norma.

- **Cumplimiento de tablas de área mínima y máxima:** contraste entre el área útil real de cabina y los valores establecidos en las tablas 1 y 2 del artículo 5.9 de la Norma EM.070.

2.2.3. Aplicación en el contexto de la investigación

La Norma EM.070 es esencial para esta investigación. En especial, el Anexo 4 del capítulo técnico, que describe el procedimiento de estudio de tráfico vertical para edificaciones residenciales multifamiliares, será clave para dimensionar correctamente el ascensor que se diseña sin introducir variabilidad excesiva ni asumir un modelo genérico.

2.3. Definición de términos

Ascensor electromecánico: Sistema de transporte vertical impulsado por un motor eléctrico que, mediante mecanismos de tracción y control, permite el desplazamiento seguro de personas o cargas entre distintos niveles de un edificio (Kolotilo et al., 2023; Boiko et al., 2024).

Edificación: Construcción destinada a uso habitacional, ya sea unifamiliar o multifamiliar, diseñada para asegurar habitabilidad, seguridad y confort de los ocupantes (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Motor eléctrico: Dispositivo que convierte energía eléctrica en energía mecánica para generar el movimiento de la cabina en un ascensor



electromecánico. Los más comunes son los motores asíncronos y los de imanes permanentes (Martynov et al., 2021; Vlachou et al., 2024).

Sistema de tracción: Conjunto de cables, poleas y elementos mecánicos que transmiten el movimiento generado por el motor a la cabina del ascensor, permitiendo su desplazamiento vertical. En sistemas modernos puede ser gearless (sin engranajes) para mayor eficiencia (Boiko et al., 2024; Soyaslan et al., 2023).

Cabina: Compartimento donde se transportan los usuarios o cargas dentro de un ascensor, diseñado para garantizar seguridad y comodidad durante el desplazamiento (Boiko et al., 2024).

Norma Técnica EM.070: Documento normativo del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú que establece los requisitos técnicos para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de transporte mecánico, como ascensores y montacargas, garantizando seguridad y funcionamiento eficiente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

Control y automatización: Sistema encargado de gestionar las órdenes de movimiento y seguridad en el ascensor, usando tecnologías como PLCs o tarjetas de control y control VVVF para regular la velocidad y el par del motor (Browne et al., 2015; Farhan et al., 2024).

Seguridad en ascensores: Conjunto de dispositivos, sensores y protocolos diseñados para prevenir accidentes y garantizar la protección de los usuarios y la operación confiable del sistema (Shevchuk & Zaichenko, 2019).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos de investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó el método científico, el cual permitió organizar de manera lógica y secuencial el proceso de diseño del ascensor electromecánico. Este enfoque hizo posible partir de la revisión normativa y técnica, identificar los requerimientos, establecer modelos de cálculo, dimensionar los componentes y finalmente estimar el costo referencial del sistema. Dicho método asegura coherencia y validez en cada una de las etapas, desde la identificación del problema hasta la obtención de los resultados (Cegarra, 2004).

3.1.1. Tipo de investigación

El estudio es descriptivo con carácter aplicativo, dado que los resultados no se limitan a la generación de conocimiento teórico, sino que buscan dar solución a un problema concreto: el diseño de un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en Juliaca. Como señala Carrasco (2008), la investigación aplicada orienta el conocimiento hacia la implementación práctica, lo cual coincide con la finalidad de esta tesis.



66

3.1.2. Enfoque de investigación

El enfoque seguido es cuantitativo, puesto que se trabajó con variables medibles relacionadas al diseño del ascensor, tales como dimensiones, cargas, esfuerzos, potencias, tensiones eléctricas y costos. Estos parámetros fueron expresados numéricamente y analizados para sustentar la viabilidad del proyecto.

23

3.1.3. Diseño de la investigación

El diseño adoptado es no experimental, ya que no se manipularon las variables de manera directa, sino que se realizó un análisis basado en observación documental, recopilación de información técnica y aplicación de cálculos normativos (Hernández y Mendoza, 2018)

De este modo, la investigación se limitó a describir y analizar los elementos que intervienen en el diseño del ascensor, sin intervenir físicamente en un prototipo.

43

3.1.4. Nivel de la investigación

La investigación es de nivel descriptivo, puesto que se orienta a caracterizar las propiedades, requerimientos y condiciones técnicas del sistema de transporte vertical. Este nivel permite explicar detalladamente las funciones de cada componente, la configuración del conjunto y la estimación de costos, sin llegar a la comprobación experimental.

3

3.2. Ámbito de investigación

La investigación se desarrolló en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, región Puno, Perú. Esta localidad se caracteriza por su crecimiento



Los instrumentos utilizados fueron:

- Fichas de revisión documental, empleadas para organizar y registrar los datos normativos y técnicos.
- Tablas de cálculo, que permitieron dimensionar y verificar cargas, potencias y esfuerzos.
- Guías de observación técnica, aplicadas en la revisión de antecedentes y referencias de mercado.

3.5. Recogida de datos

La recopilación de datos incluyó:

- **Datos normativos y técnicos**, obtenidos de la Norma Técnica EM.070, el Reglamento Nacional de Edificaciones y manuales de fabricantes de equipos.
- **Datos cuantitativos**, correspondientes a pesos, dimensiones, resistencias de materiales, potencia de motores y costos unitarios, los cuales se procesaron en hojas de cálculo.

El análisis se realizó mediante métodos descriptivos y comparativos, lo que permitió dimensionar cada componente y establecer un presupuesto competitivo.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación, organizados de acuerdo con los objetivos específicos planteados en la tesis. De esta manera, cada sección muestra de manera ordenada el proceso seguido para identificar los requerimientos técnicos y normativos, elaborar el diseño estructural y electromecánico, y finalmente estimar el costo referencial del ascensor electromecánico propuesto.

El cumplimiento progresivo de estos objetivos específicos garantiza, en conjunto, el logro del objetivo general de la investigación: diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en los lineamientos de la Norma Técnica EM.070.

Asimismo, los resultados presentados permiten no solo validar la viabilidad técnica y económica de la propuesta, sino también contrastar dichos hallazgos con investigaciones y antecedentes recientes vinculados al diseño e implementación de ascensores residenciales. Esta discusión comparativa se desarrolla en la última parte del capítulo, con el propósito de situar los resultados



en un contexto más amplio y resaltar el aporte de la presente tesis frente a experiencias previas.

4.2. Análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Conforme al objetivo específico 1

En la presente sección se desarrollará el objetivo específico 1: Identificar los requerimientos técnicos, normativos y funcionales necesarios para el diseño de un ascensor electromecánico destinado a edificaciones de hasta cuatro niveles.

4.2.1.1 Identificación de requerimientos técnicos, normativos y funcionales

4.2.1.1.1 Revisión del plano y aforo

El plano arquitectónico se adjunta en el Apéndice 2, y el cálculo de aforo de la población en el Apéndice 4.

Del análisis arquitectónico de la vivienda multifamiliar de cuatro niveles más semisótano (cinco paradas), se determinó una población total de 26 personas, aplicando el procedimiento de aforo establecido por la NTP EM.070 y A.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), para edificaciones residenciales multifamiliares.

4.2.1.1.2 Predimensionamiento de la cabina

La norma EM.070 señala que, para definir este aspecto, se debe tomar como referencia las dimensiones mínimas exigidas por la Norma A.120 – Accesibilidad Universal en Edificaciones, que para uso residencial establece un ancho mínimo de 1,00 m y un fondo mínimo de 1,25 m para la cabina, con un

17

4

34

ancho de puerta de **0,80 m** para ascensores de hasta 600 kg.

El área útil resultante es:

$$A = 1,00m \times 1,25m = 1,25m^2$$

4.2.1.1.3 Verificación con la Norma EM.070 – Transporte Mecánico

Comparando el área obtenida con las tablas normativas:

- **Tabla 2 (EM.070)** → para **6 pasajeros** se exige un área útil mínima de **1,17 m²**.

$$1,25m^2 \geq 1,17m^2 \Rightarrow \text{Cumple}$$

- **Tabla 1 (EM.070)** → para **450 kg** el área útil máxima es **1,30 m²**.

$$1,25m^2 \leq 1,30m^2 \Rightarrow \text{Cumple}$$

Por lo tanto, una cabina de **1,00 × 1,25 m** con capacidad de **450 kg (6 personas)** es conforme a la **Norma EM.070** y **Norma A.120**.

4.2.1.1.4 Cálculo de tráfico y cumplimiento normativo

Se utilizó la hoja de cálculo Excel oficial del **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento** (APÉNDICE 3), ingresando los datos reales del proyecto:

- Población total: 26 personas (la norma técnica E.070 señala que para el cálculo de la densidad habitacional se debe tomar como guía la norma técnica A.020 – Art. 5, el cálculo se detalla en el APÉNDICE 4)
- Recorrido vertical: 10,95 m (según plano)
- Paradas: 5
- Capacidad nominal: 6 pasajeros (450 kg)



- Velocidad nominal: 1,0 m/s

Resultados de la hoja de cálculo:

- Intervalo de espera calculado: **64,73 s** (máximo permitido: 90 s) →

Cumple la NTP EM.070.

- Población a transportar en 5 min: **22,25 personas** (mayor que el mínimo exigido: 1,56 personas) → **Cumple la NTP EM.070.**

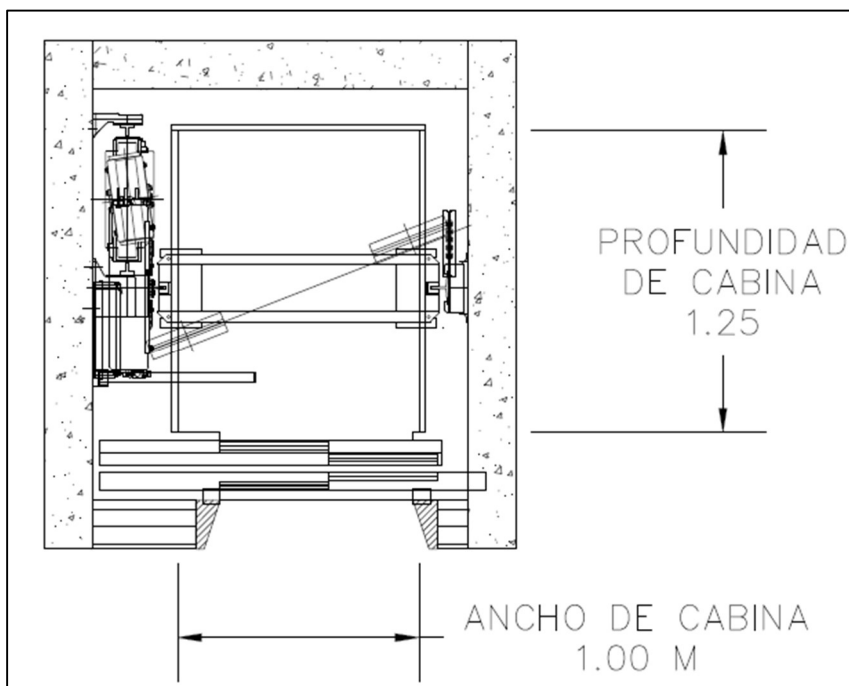
4.2.1.1.5 Requerimientos identificados

A) Técnicos

- Capacidad nominal: **450 kg / 6 pasajeros**
- Dimensiones interiores: **1,00 × 1,25 m**
- Área útil: **1,25 m²**
- Recorrido vertical: **10,95 m**
- Velocidad nominal: **1,0 m/s**
- Paradas: **5 (4 niveles/pisos + 1 semisótano/estacionamiento)**
- Puerta automática con ancho mínimo **0,80 m**
- Sistema electromecánico con motor de tracción eléctrica, sin cuarto de máquinas.

A continuación, se muestra una vista boceto en planta del ascensor que se diseñara.

Figura 1
Dimensiones de Cabina



Nota. Elaborado por el tesista.

B) Normativos

- Cumplimiento de **Norma A.120** en dimensiones mínimas y accesibilidad.
- Cumplimiento de **Norma EM.070** en:
 - Área mínima por pasajeros (Tabla 2)
 - Área máxima por carga nominal (Tabla 1)
 - Intervalo de espera ≤ 90 s
 - Porcentaje de población transportada en 5 min $\geq 6\%$
- Diseño conforme al Reglamento Nacional de Edificaciones para uso residencial multifamiliar.



C) Funcionales

- Atender a la población total estimada (26 personas).
- Servir todos los niveles del edificio (4 niveles y un semisótano).
- Garantizar tiempos de espera inferiores a los máximos establecidos.
- Facilitar el transporte vertical seguro y accesible para todos los usuarios.
- Mantener un equilibrio entre capacidad, eficiencia energética y espacio disponible en el edificio.

1

4.2.2. Conforme al objetivo específico 2

En esta sección se desarrollará el objetivo específico 2: Elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, considerando la cabina, sistema de tracción, guías, sistema de control y demás componentes, conforme a la Norma EM.070.

El presente apartado desarrolla el diseño del ascensor electromecánico propuesto para una edificación residencial de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, considerando la Norma Técnica EM.070 "Transporte Mecánico" y la Norma A.120 "Accesibilidad Universal en Edificaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). El diseño abarca tanto la parte estructural (componentes mecánicos) como la parte electromecánica (sistema de tracción, guías, cables y otros elementos).

4.2.2.1. Diseño estructural

4.2.2.1.1. Parámetros de partida

- Tipo de edificio: residencial multifamiliar (hasta 4 niveles sobre el nivel

de acceso, más semisótano para estacionamiento).

- Paradas del ascensor: **5** (incluyendo semisótano y último nivel habitable).
- Población estimada: **26 personas** (aforo según plano arquitectónico y normativa).
- Cabina: una sola puerta frontal, de apertura lateral con dos hojas telescópicas.
- Dimensiones mínimas interiores de cabina según **A.120**: **1,00 m × 1,25 m** (área 1,25 m²).
- Carga nominal: **450 kg (6 pasajeros)** según tablas 1 y 2 de EM.070.
- Cuarto de máquinas: No
- Contrapeso: disposición lateral.

4.2.2.1.2. Hipótesis de diseño

- Cabina interior neta:

$$b = 1.00 \text{ m} \times a = 1.25 \text{ m} \rightarrow A_{cab} = 1.25 \text{ m}^2$$

- Carga útil (personas):

$$m_{load} = 450 \text{ kg} \rightarrow W_{load} = m_{load}g$$

- Masa estimada (car mass, cabina vacía con acabados iniciales):

$$m_{car} = 410 \text{ kg} \quad (\text{APÉNDICE 5})$$

- Bastidor / sling (masa en vacío del armazón de la cabina):

$$m_{sling} = 100 \text{ kg} \quad (\text{supuesto})$$

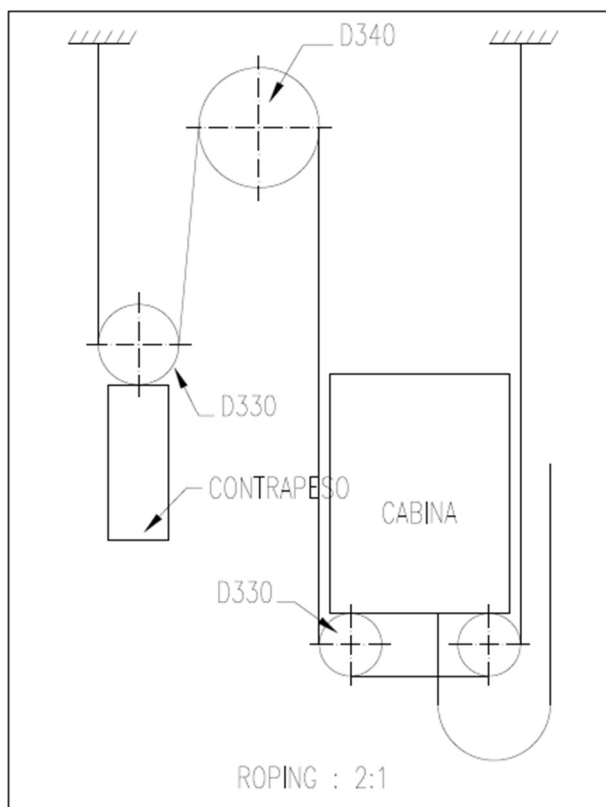
- Contrapeso adoptado (criterio de equilibrio):

$$m_{cw} = m_{car} + 0.5 * m_{load}$$

- Gravedad: $g=9.81 \text{ m/s}^2$
- Arreglo de tracción: **2:1**.
- Velocidad nominal: $v=1.0 \text{ m/s}$
- Aceleración de diseño para arranque/frenado: $a=0.5 \text{ m/s}^2$
- Acero estructural para bastidor y perfiles: **S275** ($f_y \approx 275 \text{ MPa}$).
- Factor de seguridad (resistencia última / diseño): tomaremos FS estructural 1.5 (permite calcular tensión admisible $\sigma_{adm} = \frac{f_y}{FS}$).

A continuación, se muestra la configuración roping 2:1 del ascensor diseñado.

Figura 2
Configuración de tiro o roping



Nota. Elaborado por el tesista.

4.2.2.1.3. Cálculo de pesos y fuerzas

Peso de la carga (personas)

$$W_{load} = 450 \text{ kg} \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 4414.5 \text{ N}$$

Peso de la cabina (supuesto)

$$W_{car} = 410 \text{ kg} \times 9.81 = 4022.1 \text{ N}$$

Peso del sling / bastidor (supuesto)

$$W_{sling} = 100 \text{ kg} \times 9.81 = 981.0 \text{ N}$$

Peso total suspendido (cabina + sling + carga)

$$W_{total} = 4414.5 + 4022.1 + 981.0 = 9417.6 \text{ N}$$

Contrapeso (criterio: car mass + 50% carga)

$$m_{cw} = 410 + 0.5 \times 450 = 410 + 225 = 635 \text{ kg}$$

$$W_{cw} = 635 \times 9.81 = 6229.35 \text{ N}$$

Desequilibrio gravitatorio

$$\Delta W = W_{total} - W_{cw} = 9417.6 - 6229.35 = 3188.25 \text{ N}$$

Fuerza por aceleración (arranque-masa neta acelerada) (F_a)

$$F_a = m_{net}a$$

Masa neta que se acelera:

$$m_{net} = m_{car} + m_{sling} + m_{load} - m_{cw} = 410 + 100 + 450 - 635 = 325 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerza inercial: } F_a = m_{net}a = 325 \times 0.5 = 162.5 \text{ N}$$

Fuerza de tracción total (arranque)

$$F_{tracción} = \Delta W + F_a = 3188.25 + 162.5 = 3350.75 \text{ N}$$

Tensiones en ramas (arreglo 2:1)

Con roping 2:1 la tensión que trabajan las ramas principales será aproximadamente:

$$T \approx \frac{F_{tracción}}{2} = \frac{3350.75}{2} = 1675.375 \text{ N por rama } (\approx 1.675 \text{ kN})$$

Requisito de rotura por rama (FS = 12, criterio conservador para cables)

$$R_{min} = T \times 12 = 1675.375 \times 12 = 20104.5 \text{ N} \approx 20.1 \text{ kN}$$

Interpretación: un cable con resistencia a la rotura mayor a 20.1 kN por rama cumple el requisito con FS=12. En la práctica se usan varios cables (p. ej. 4) y cada cable toma parte de la carga; además se seleccionan diámetros que ofrecen ruptura mucho mayor (30–100 kN) para marginar desgaste

4.2.2.1.4. Dimensionamiento preliminar — piso (placa), vigas del bastidor y bastidor

4.2.2.1.4. Diseño del piso (placa metálica)

Planteamiento: la placa del piso de la cabina soporta la carga útil. Proponemos una solución clásica: placa de acero apoyada sobre dos vigas longitudinales. Así la placa actúa como losa de 0.5 m de vano entre vigas (ya que la sección útil se reparte entre dos vigas a lo ancho).

Cálculo del esfuerzo de diseño:

- Carga uniforme nominal por área:

$$q = \frac{W_{load}}{A_{cab}} = \frac{4\,414.5}{1.25} = 3531.6 \, N/m^2 = 3.5316 \, kN/m^2$$

- Tributación para cada viga (dos vigas, tributo 0.5 m de ancho cada una):

$$w_{viga} = q \times 0.5 = 3.5316 \times 0.5 = 1.7658 \, kN/m$$

- Viga con luz $L=1.25$ (fondo de cabina). Momento máximo (viga simplemente apoyada, carga u.d.l.):

$$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{1.7658 \times 1.25^2}{8} = 0.3448828125 \, kN \cdot m$$

En N.mm:

$$M_{max} = 0.3448828125 \times 10^3 \, N \cdot m = 344,882.8125 \, N \cdot mm$$

- Resistencia admisible del acero (S275) con FS = 1.5:

$$\sigma_{adm} = \frac{275 \, Mpa}{1.5} = 183.333 \, MPa = 183.333 \, N/mm^2$$

- Sección requerida (módulo de sección) S:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{344,882.8125 \, N \cdot mm}{183.333 \, N/mm^2}$$

$$S \approx 1,882 \, mm^3$$

Interpretación para la placa (espesor t): si asumimos la placa como viga de 1 m de ancho (para cálculo de sección por metro), el módulo de sección por metro para una placa rectangular (espesor t, ancho $b=1000$ mm) es:

$$S_m = \frac{b \times t^2}{6} = \frac{1000 \times t^2}{6} = 166.6667 \times t^2 \quad (mm^3)$$

$$\Rightarrow t^2 = \frac{S_m}{166.6667} = \frac{1.882}{166.6667} \approx 11.292$$

$$t = \sqrt{11.292} \approx 3.36 \text{ mm}$$

Conclusión práctica para placa de piso: el espesor teórico mínimo sale alrededor de **3–4 mm** por resistencia a flexión con las hipótesis adoptadas.

Recomendación práctica (constructiva): usar **placa de acero de 4 mm** como mínimo estructural, y **6 mm** si se considera desgaste, fijaciones y acabados. En la práctica muchos fabricantes usan 4–6 mm para suelos de cabina (con remate antideslizante).

4.2.2.1.5. Dimensionamiento de las vigas del bastidor (perfiles C)

1) Datos y supuestos de diseño

- **Peso total suspendido (cabina + carga de pasajeros):**

$$W_{\text{cabina+carga}} = 4\,022,1 + 4\,414,5 = 8\,436,6 \text{ N}$$

- **Número de vigas portantes:** 2 (idénticas).
- **Luz de cada viga:** $L = 1,25 \text{ m}$
- **Distribución de la carga:** uniforme y mitad para cada viga.
- **Factor dinámico (servicio/arranque):** $k_d = 1,30$ (conservador).
- **Material:** Acero estructural (A36/S275), $E \approx 210,000$
- **Tensión admisible a flexión (servicio):** $\sigma_{\text{adm}} = 170 \text{ MPa}$

(equivale aprox. a $0,6 F_y$ con $F_y \sim 275 \text{ MPa}$, margen de seguridad típico).

- **Criterio de flecha (servicio):** $\delta_{\text{adm}} = L/300 = 4,17 \text{ mm}$

2) Carga por viga y carga lineal

1. Carga dinámica total:

$$W_{\text{dyn}} = k_d \cdot W = 1,30 \cdot 8\,436,6 = 10\,967,58 \text{ N}$$

2. Carga por viga:

$$W_{\text{viga}} = W_{\text{dyn}} / 2 = 5\,483,79 \text{ N}$$

3. Carga lineal (UDL) por viga:

$$q = W_{\text{viga}} / L = 5\,483,79 / 1,25 = 4\,387,03 \text{ N/m}$$

3) Momento flector máximo (viga biapoyada con UDL)

$$M_{\text{max}} = \frac{qL^2}{8} = \frac{4387,03 \cdot 1,25^2}{8} = 856,84 \text{ N.m} = 856842 \text{ N.mm}$$

4) Módulo de sección mínimo requerido (resistencia)

$$Z_{\text{req}} = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{856\,842}{170} = 5\,040 \text{ mm}^3 \text{ (redondeo a } 5\,100 \text{ mm}^3)$$

Cualquier perfil C con $Z_x \geq 5\,100 \text{ mm}^3$ (respecto al eje que flecta) **cumple a tensión.**

5) Inercia mínima requerida (rigidez – flecha)

Flecha máxima en viga biapoyada con UDL:

$$\delta_{\text{max}} = \frac{5qL^4}{384EI} \Rightarrow I_{\text{req}} = \frac{5qL^4}{384E\delta_{\text{max}}}$$

Con $q = 4387,03 \text{ N/m} = 4,387 \times 10^{-3} \text{ N/mm}$ $q = 4,387 \times 10^{-3} \text{ N/m}$,

$L = 1,250 \text{ mm}$, $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$, $\delta_{\text{adm}} = 4,17 \text{ mm}$:

$$I_{\text{req}} \approx 1,59 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

Luego, con la **sección elegida** se verificará $I_x \geq I_{\text{req}}$

6) Selección de perfiles C comerciales (propuestas)

Opción A – C 80×40×4 mm

- Aproximado: $Z_x \sim 7\,000\text{ mm}^3$, $I_x \sim 2,8 \times 10^5\text{ mm}^4$, peso $\sim 4,5\text{--}5,0\text{ kg/m}$.
 - **Resistencia:** $\sigma = M/Z \approx 856\,842 / 7\,000 \approx 122\text{ MPa} < 170\text{ MPa}$ (✓)
 - **Flecha:** con $I \approx 2,8 \times 10^5\text{ mm}^4 \rightarrow \delta \approx 2,37\text{ mm} < 4,17\text{ mm}$ (✓)
 - **Cortante (web 4 mm, $h \approx 80\text{ mm}$):**
 $V_{\max} = qL/2 \approx 2\,742\text{ N}$;
 $\tau \approx V/(t \cdot h) \approx 2\,742/(4 \cdot 80) \approx 8,6\text{ MPa}$ (✓)

Opción B – C 100×50×4 mm

- Aproximado: $Z_x \sim 11\,000\text{ mm}^3$, $I_x \sim 5,5 \times 10^5\text{ mm}^4$, peso $\sim 6,5\text{--}7,5\text{ kg/m}$.
 - **Resistencia:** $\sigma \approx 856\,842/11\,000 \approx 78\text{ MPa}$ (✓)
 - **Flecha:** $\delta \sim 1,2\text{ mm}$ (✓)

Conclusión de selección: La **C 80×40×4 mm cumple** resistencia, rigidez y cortante con holgura, por lo que se selecciona dicho perfil.

7) Detalles de diseño y montaje (resumen)

- **Apoyos/uniones** al marco perimetral con **pletinas** y soldadura continua o pernos M10–M12.
- **Arriostramiento:** añadir travesaños que limiten torsión del conjunto (el canal C es abierto).
- **Compatibilidad** con el **piso** y con la **disposición de rodajes/frenos** del bastidor.
- **Protección:** impronta anticorrosiva + pintura; tolerancias de fabricación $\pm 1\text{ mm}$, montaje $\pm 2\text{ mm}$ para alineación con guías.

En resumen:

- **Requisitos mínimos:**

$Z_x \geq 5\,100\text{ mm}^3$ y $I_x \geq 1,60 \times 10^5\text{ mm}^4$ (por servicio), con $L=1,25$, $k_d=1,30$,

$W=8\,436,6\text{ N}$.

- **Sección elegida: 2 vigas C 80×40×4 mm** (acero A36/S275) —

cumple flexión, flecha y cortante con margen.

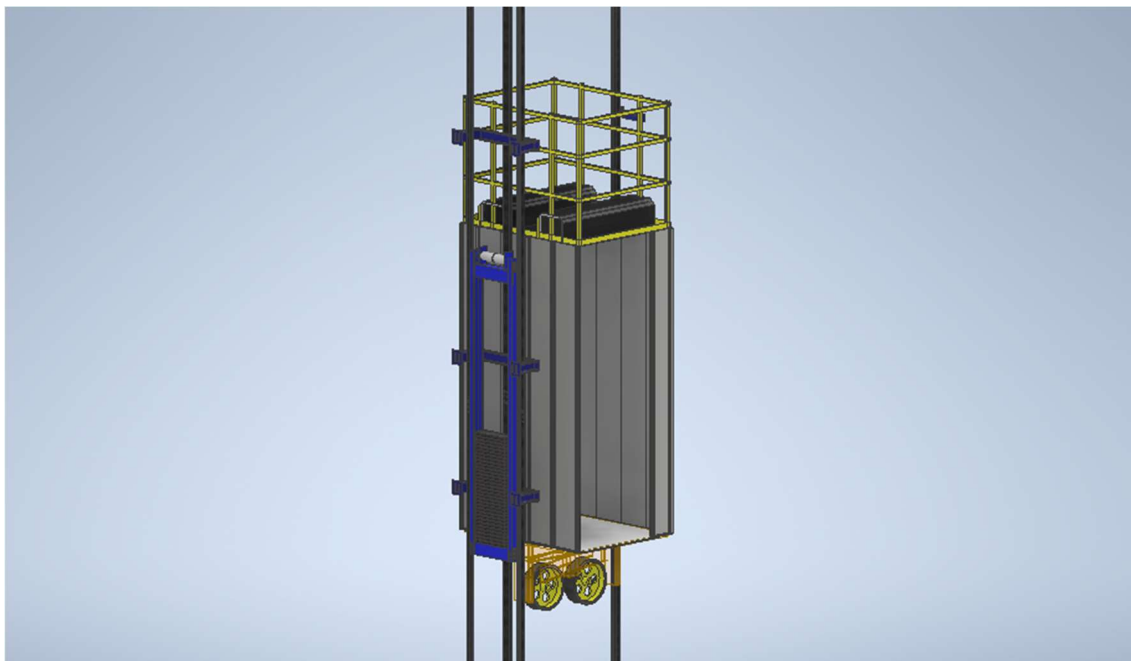
Alternativa con mayor rigidez: **C 100×50×4 mm**.

4.2.2.1.5. Guías, brackets y anclajes — análisis de esfuerzos y dimensionamiento preliminar

A continuación, se muestra el modelo del ascensor propuesto como parte del diseño.

Figura 3

Modelo del ascensor



Nota. Elaborado por el tesista.

Reacción vertical estimada por guía (estática)

Asumiendo 2 guías para la cabina, la reacción estática por guía:

$$R_{guía,est} \approx \frac{W_{total}}{2} = \frac{8,829 N}{2} = 4,414.5 N \approx 4.415 kN$$

Para diseño dinámico aplicar factor dinámico k_d (1.3):

$$R_{guía,din} = R_{guía,est} * 1.3 \approx 4414.5 \times 1.3 = 5739.85 N \approx 5.74 kN$$

Brackets / anclajes

- Nuestra estimación dinámica por anclaje (si hay 2 anclajes por tramo) y distribución podría dar ~5.7 kN por guía; por tanto **es necesario comprobar** el reparto (nº de anclajes simultáneos y su disposición).
- **Diseño de anclaje (ejemplo M8):**

Tomemos un perno M8 (área efectiva de rosca $A_s \approx 36.6 \text{ mm}^2$). Usando un acero de clase 8.8 ($f_u \approx 800 \text{ MPa}$, como referencia técnica), la resistencia última por área: $f_u \approx 800 \text{ N/mm}^2$. La resistencia al corte aproximada (simple) se toma como $0.6f_uA_s$. Efectuando cálculo aproximado:

$$V_{ult} = 0.6 \times 800 \times 36.6 = 0.6 \times 800 = 480; 480 \times 36.6 = 17,568 \text{ N} \approx 17.57 \text{ kN}$$

Aplicando factor de seguridad (p.ej. 2) $\rightarrow$ capacidad de diseño $\approx 17.57/2 = 8.785 \text{ kN}$.

Con esto **un tornillo M8 calidad 8.8** puede resistir en corte (con criterio conservador) $\approx 8.7 \text{ kN} \rightarrow$ suficiente frente a una reacción dinámica estimada de 5.74 kN por guía por anclaje.

Conclusión: con los cálculos preliminares una fijación M8 8.8 con diseño prudente puede ser suficiente.

4.2.2.1.6. Cables

Supuestos actualizados (se usan en todos los cálculos)

- Cabina interior: $1,00 \times 1,25$ m.
- Carga útil (personas): $m_{load}=450$ kgm.
- Masa cabina (estructura y acabados) inicial: $m_{car0}=350$ kg.
- Masa adicional puerta + operador: $m_{puerta}=60$ kgm.
- Masa del bastidor (sling): $m_{sling}=100$ kg.
- Arreglo de tracción: **2:1** (según el diagrama).
- Velocidad $v=1.0$ m/s, aceleración de diseño $a=0.5$ m/s².
- Gravedad $g=9.81$ m/s².
- Criterio de contrapeso adoptado (misma regla previa):
 $m_{cw}=m_{car}+0.5 \cdot m_{load}$ donde ahora $m_{car}=m_{car0}+m_{puerta}$

Masas y pesos (resultados clave)

- Masa cabina actualizada: $m_{car}=350+60=410$ kg.
- Pesos (N):
 - $W_{load}=450 \cdot 9.81=4414.5$ N.
 - $W_{car}=410 \cdot 9.81 \approx 4022.1$ N.
 - $W_{sling}=100 \cdot 9.81=981.0$ N.
- Peso total suspendido:
 - $W_{total}=W_{load}+W_{car}+W_{sling} \approx 9417.6$ N.
- Contrapeso (criterio):

$$\text{mcw}=410+0.5\times 450=635 \text{ kg}, \quad W_{cw}\approx 6229.35 \text{ N}.$$

Fuerzas de tracción y tensiones en el roping (resultados)

- Desequilibrio gravitatorio: $\Delta W=W_{\text{total}}-W_{cw}\approx 3188.25 \text{ N}$.
- Fuerza por aceleración (arranque): $F_a=m_{\text{net}} a$ con
 $m_{\text{net}}=m_{\text{car}}+m_{\text{sling}}+m_{\text{load}}-m_{cw}=325 \text{ kg} \rightarrow F_a\approx 162.5 \text{ N}$

- Fuerza de tracción total (arranque):

$$F_{\text{tracción}}=\Delta W+F_a\approx 3350.8 \text{ N}.$$

- Tensión en la rama (arreglo 2:1): $T_{\text{rama}}\approx F_{\text{tracción}}/2\approx 1675.4 \text{ N}$.

Reparto por cable

- “n” = número de cables individuales en paralelo (todos siguen el mismo recorrido).
- Tensión por cable: $T_{\text{cable}}=T_{\text{rama}}/n$.
- Factor de seguridad para rotura (MBL): $FS = 12$ (típico conservador para elevadores de pasajeros).
 $\Rightarrow$ MBL mínima por cable: $MBL_{\text{min}}=FS\cdot T_{\text{cable}}$
- Cargas por cable y MBL mínima ($FS=12$)

Tabla 4

Cargas según cantidad de cables

n (cables)	Tensión por rama (N)	Tensión por cable T_{cable} (N)	MBL mínima por cable = $12\cdot T_{\text{cable}}$ (kN)
2	1 675,4	837,7	10,05 kN
4	1 675,4	418,9	5,03 kN
6	1 675,4	279,2	3,35 kN

Nota. Elaborado por el tesista.

Como se aprecia, las cargas por cable son bajas porque el contrapeso

pierde redundancia (práctica del sector: ≥ 4 cables en pasajeros).

En resumen:

- Conclusión de cálculo: con el roping **2:1** y el dimensionamiento de masas actualizado (cabina + puerta), la **tensión por rama** es **$\sim 1\ 675\ \text{N}$** y la **tensión por cable** queda entre **280–840 N** según 6–2 cables en paralelo.
- Cumplimiento geométrico **D/d** con **$\varnothing 8\ \text{mm}$** en **D340** ($42,5 \geq 40$).
- Selección recomendada: **$4 \times \varnothing 8\ \text{mm}$** , con $FS \geq 12$ frente a la carga de arranque y holgura muy alta frente a MBL.

4.2.2.1.7. Dimensionamiento de rieles, guidores, ménsulas y paracaídas

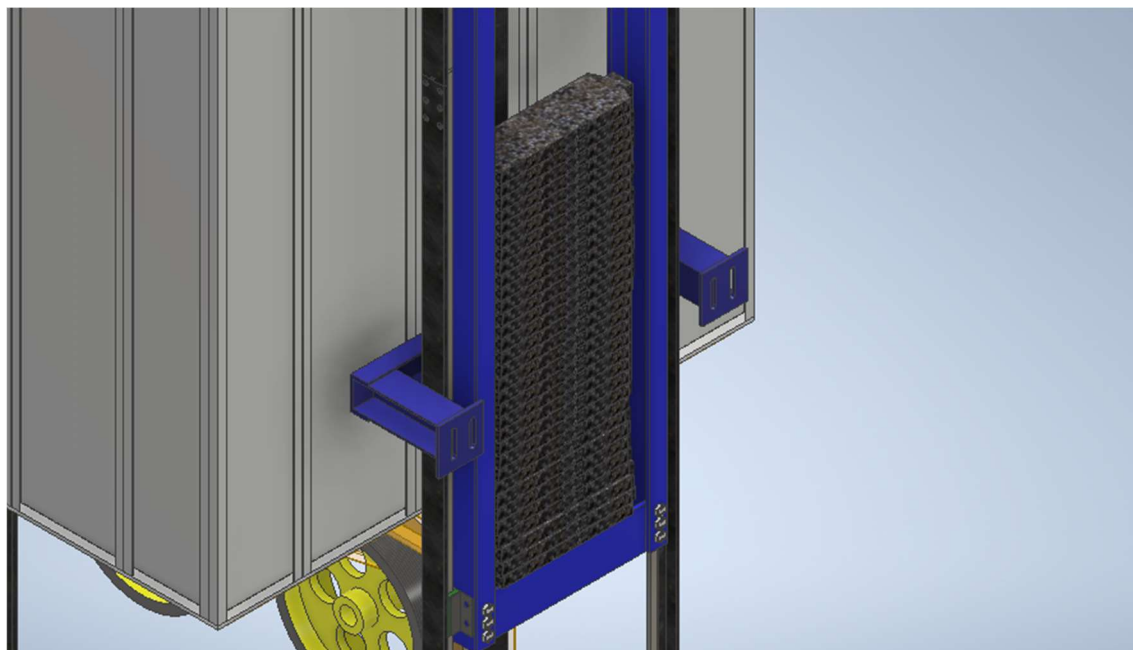
a) Rieles de guía

El diseño emplea:

- Una estructura metálica en "C" adosada a la pared del pozo.
- En la cara interior de esta "C" están los **rieles de la cabina**, uno a cada lado.
- Dentro de la "C" se desplaza el contrapeso, guiado por sus propios rieles, en un espacio "encajonado".

Figura 4

Vista de la estructura metálica de soporte de rieles



Nota. Elaborado por el tesista.

El riel guía de ascensor es un perfil de acero laminado tipo “T” **normalizado** que se fija a las paredes del pozo cada 2,50 m. Su función es guiar el desplazamiento vertical de la cabina y del contrapeso.

Figura 5

Vista de la rieles y estructura metálica de soporte o fijación



Nota. Elaborado por el tesista.

Según las tablas de fabricantes (Wittur, Montanari, Gervall, etc.), para ascensores residenciales de **6 pasajeros (450 kg), velocidad 1,0 m/s y altura ≤ 15 m**, los rieles recomendados son:

- **Cabina: T75-3/B** (sólido, adecuado para guidores deslizantes).
- **Contrapeso: T70** (sólido) o **TK5** (hueco), en nuestro caso seleccionamos el T70 sólido.

Estos perfiles soportan con seguridad las fuerzas laterales que pueden generarse durante el funcionamiento y cumplen con las recomendaciones de la norma **EN 81-20/50**.

Chequeo simplificado del riel (separación de ménsulas 2,5 m)

Modelo: riel simplemente apoyado entre ménsulas, con una carga puntual horizontal P aplicada en el medio (equivale a la zapata).
Datos: $E = 210$ GPa.

1) Riel de cabina: T75-3/B

Propiedades típicas (familia T75-3):

- $W_y \approx 7\,060\text{ mm}^3$, $I_y \approx 2,649 \times 10^5\text{ mm}^4$ (eje débil).

Carga de servicio adoptada: $P = 0,5\text{ kN} = 500\text{ N}$

Luz entre ménsulas: $L = 2\,500\text{ mm}$

- **Momento máximo:** $M = P L/4 = 312\,500\text{ N}\cdot\text{mm}$
- **Tensión:** $\sigma = M/W_y \approx 312\,500/7\,060 \approx 44\text{ MPa}$
(Muy por debajo de la fluencia del acero estructural $\approx 235\text{--}275\text{ MPa}$.)
- **Flecha:** $\delta = P L^3/(48 E I_y)$

$$\delta \approx 500 \times 2500^3 / (48 \times 210000 \times 264900) \approx 2,9\text{ mm}$$



Criterio de rigidez habitual para guías: $L/750 \rightarrow 2\,500/750 \approx 3,3\text{ mm}$.

Por lo tanto, Cumple ($2,9\text{ mm} < 3,3\text{ mm}$).

Conclusión: **T75-3/B** es **adecuado** para la cabina con ménsulas a cada **2,5 m**.

2) Riel de contrapeso: T70

(Para tu encajonado en "C", es muy usado y suficiente en baja/mediana altura.)

Propiedades típicas (familia T70):

- **$W_y \approx 5\,200\text{ mm}^3$, $I_y \approx 2,0 \times 10^5\text{ mm}^4$** (valores representativos).

Carga de servicio adoptada: **$P = 0,4\text{ kN} = 400\text{ N}$**

Luz: **$L = 2\,500\text{ mm}$**

- **Momento máximo:** $M = 250\,000\text{ N}\cdot\text{mm}$
- **Tensión:** $\sigma = 250\,000 / 5\,200 \approx 48\text{ MPa}$
- **Flecha:** $\delta \approx 400 \times 2500^3 / (48 \times 210000 \times 200000) \approx 3,1\text{ mm}$

Criterio **$L/750 = 3,3\text{ mm}$** $\rightarrow$

Por lo tanto, Cumple ($3,1\text{ mm} < 3,3\text{ mm}$).

Conclusión: T70 es adecuado para el contrapeso con ménsulas a 2,5 m en la configuración "encajonada".

Paracaídas

El evento de paracaídas no se verifica con estas cargas de servicio; allí actúan fuerzas mucho mayores definidas por el fabricante del paracaídas/gobernador (deceleración y esfuerzo de cuña), y conjuntamente con el Riel.

La buena noticia es que el riel T75-3 es precisamente el riel objetivo de la mayoría de paracaídas progresivos para 1 m/s, así que encaja con la selección habitual del mercado.

Resumen claro para tu memoria

- La fuerza lateral por zapata es la reacción horizontal que transmiten las zapatas deslizantes al riel debido a precarga y pequeñas perturbaciones; tomamos 0,5 kN por riel (cabina) y 0,4 kN (contrapeso) como valores de prediseño realistas.
- Con **L = 2,5 m** entre ménsulas:
 - **T75-3/B (cabina) $\rightarrow \sigma \approx 44$ MPa y $\delta \approx 2,9$ mm $\rightarrow$ OK.**
 - **T70 (contrapeso) $\rightarrow \sigma \approx 48$ MPa y $\delta \approx 3,1$ mm $\rightarrow$ OK.**
- Si se desean márgenes mayores de rigidez/confort: (i) bajar separación de ménsulas a 2,0 m, o (ii) subir un escalón de riel (p. ej., **T78** en cabina).

4.2.2.1.8. Síntesis de resultados del diseño estructural del ascensor

Con el fin de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos y sintetizar los componentes principales definidos a partir de los cálculos desarrollados, en esta sección se presenta un resumen del diseño estructural del ascensor electromecánico propuesto. La síntesis integra las características finales de la cabina, bastidor, sistema de tracción, guías y elementos estructurales, constituyendo el producto técnico resultante del proceso de dimensionamiento realizado conforme a la Norma EM.070 y al Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 5

Síntesis de componentes y características del diseño estructural del ascensor

Componente	Característica principal	Valor final de diseño	Observación
Cabina	Capacidad nominal	450 kg (6 personas)	Conforme EM.070
Cabina	Dimensiones interiores	1,00 × 1,25 m	Área útil = 1,25 m ²
Cabina	Placa de piso	Acero 4–6 mm	Resiste carga útil
Bastidor (sling)	Tipo de perfil	2 vigas C 80×40×4 mm	Cumple flexión y flecha
Bastidor (sling)	Masa estimada	100 kg	Supuesto conservador
Sistema de tracción	Configuración	Roping 2:1	Reduce tensión en cables
Cables de tracción	Cantidad y diámetro	4 × Ø8 mm	FS ≥ 12
Polea de tracción	Diámetro	Ø 340 mm	Cumple D/d ≥ 40
Contrapeso	Masa total	635 kg	Cabina + 50 % carga
Guías de cabina	Tipo de riel	T75-3/B	$\sigma \approx 44$ MPa
Guías de contrapeso	Tipo de riel	T70	$\sigma \approx 48$ MPa
Separación de ménsulas	Distancia vertical	2,5 m	$\delta < L/750$
Anclajes de guías	Tipo de perno	M8 – clase 8.8	Capacidad $\approx 8,7$ kN
Recorrido vertical	Altura total	10,95 m	5 paradas
Velocidad nominal	Desplazamiento	1,0 m/s	Uso residencial

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados finales del proceso de dimensionamiento estructural.

4.2.2.2. Diseño electromecánico

4.2.2.2.1. Motor

En la configuración de reeving adoptada (arrangement 2:1), la fuerza de tracción requerida para mover la masa desequilibrada se reparte equitativamente

entre las dos ramas principales que soportan la cabina/contrapeso. Con las masas calculadas (cabina + puerta = 410 kg; sling = 100 kg; carga = 450 kg), se obtuvo una fuerza de tracción de diseño:

$$F_{\text{tracción}} = 3\,350,75 \text{ N}$$

A una velocidad nominal de 1,0 m/s esto corresponde a una potencia mecánica de:

$$P_{\text{mecánica}} = F_{\text{tracción}} \cdot v = 3\,350,75 \text{ W}$$

Considerando una eficiencia global del sistema (polea, roping, cojinetes) $\eta = 0,85$, así como un factor de servicio de 1,3 para asegurar arranques suaves y margen frente a variaciones de carga, se propone una potencia instalada recomendada de aproximadamente 5,12 kW.

Por lo tanto, se selecciona un motor gearless síncrono de imanes permanentes de 5,5 kW, 380 V, trifásico (MRL). Esta elección ofrece márgenes adecuados tanto en potencia como en par disponible.

Cálculo de par en la polea de tracción (valor útil para seleccionar motor gearless)

- Velocidad lineal $v = 1,0 \text{ m/s} \rightarrow$ velocidad angular de la polea:

$$n = \frac{v}{\pi D} = \frac{1}{\pi \times 0,34} \approx 0,935 \text{ rev/s} \approx 56,1 \text{ rpm}$$

$$\omega = 2\pi n \approx 5,876 \text{ rad/s}$$

Donde ω es la velocidad angular de diseño ($\sim 5,876 \text{ rad/s}$).

- El par requerido en la polea de tracción ($\varnothing 340 \text{ mm}$) se calcula como:

$$\tau = \frac{P_{\text{mecánica}}}{\omega} \approx 570 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- Par disponible aproximado de un motor gearless de 5,5 kW a la misma velocidad angular:

$$\tau_{(5,5 \text{ kW})} = \frac{5,500}{\omega} \approx \frac{5,500}{5,876} \approx 936 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Esto proporciona un **margen amplio** frente al par requerido ($\approx 1.6\times$), adecuado para arranques suaves, picos y pérdidas no previstas.

Se recomienda un variador VVVF (control vectorial en lazo cerrado) de 5,5 kW, 380 V, adecuado para motor gearless, con funciones de frenado regenerativo, arranques suaves y escalabilidad a las normativas de seguridad. Este sistema completa el diseño electromecánico del ascensor, garantizando eficiencia energética, confort para los usuarios y cumplimiento con la Norma Técnica EM.070 y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla de verificación numérica

Aquí se presenta una tabla con los cálculos principales:

Tabla 6

Cálculos principales para selección del motor

Concepto	Valor
Fuerza de tracción (arranque) $F_{tracción}$	3 350,75 N
Potencia mecánica P_{mec}	3,35 kW
Eficiencia del sistema η	0,85
Potencia útil estimada $P_{útil}$	3,94 kW
Factor de servicio	1,3
Potencia instalada recomendada	5,12 kW
Motor seleccionado	5,5 kW gearless, 380 V
Diámetro de polea	Ø 340 mm
Velocidad angular ω	$\approx 5,876 \text{ rad/s}$
Par requerido τ	$\approx 570 \text{ N} \cdot \text{m}$



Par disponible (motor 5,5 kW)

≈ 936 N·m

Margen en par

~1,6 veces

Nota. Elaborado por el tesista.

Selección de motor gearless y variador VVVF

Motor gearless recomendado

En base a lo que encontré, una opción confiable a considerar es el sistema MRL Gearless Traction Machine de *Mont Drive* (fabricado por J.D. Engineering Works, India):

- **Características destacadas:**
 - **Voltaje:** 380 V (ideal para Juliaca).
 - **Capacidad:** hasta 6 personas; potencia escalable.
 - **Marca reconocida** en tracción gearless para ascensores sin cuarto de máquinas.

Aunque no encontré un modelo específico de 5,5 kW, Mont Drive ofrece motores gearless trifásicos a 380 V con su rango técnico adecuado para tu aplicación. Puedes contactarlos para obtener ficha técnica exacta.

Variador VVVF recomendado

Un variador más accesible con buena compatibilidad es el **CH310E-T3-5R5B** de VEICHI:

- **Potencia aplicable:** 5,5 kW.
- **Voltaje de entrada:** 380–480 V AC.
- **Diseñado para ascensores**, tanto gearless como con reductor.
- Incluye funciones como control suave, seguridad de freno, detección de

carga, UPS 220 V integrada, y gestión de contactores.

Otra opción viable es el **D3300-5R5G-4** de Ideei (serie Lixiang), especialmente diseñado como inverter close-loop para motores gearless, 380 V, con control vectorial y compatibilidad con encoder/PG. **Certificado CE** e ISO9001, ideal para aplicaciones de ascensor.

4.2.2.2.2. Electricidad — Cálculo de potencia y esquema eléctrico

a) Inventario de cargas y potencia instalada

Para el diseño eléctrico se consideran el motor principal y los equipos auxiliares, con base en los valores referenciales de catálogos de ascensores.

Tabla 7

Consumo eléctrico de componentes

Ítem	Componente	Potencia (kW)	Nota
1	Motor gearless (absorción)	5,50	380 V trifásico
2	Variador de frecuencia (VVVF)	0,15	Pérdidas internas
3	Operador de puerta	0,25	220 V monofásico
4	Cortina infrarroja	0,04	220 V
5	Sensores de nivel	0,01	220 V
6	Botoneras de cabina	0,02	220 V
7	Tarjeta de control + fuente	0,025	220 V → 24 Vcc
8	Iluminación cabina + ventilación	0,06	220 V
Potencia total instalada		5,99 kW	≈ 6,0 kW

Nota. Elaborado por el tesista.

b) Potencia demandada y corriente de diseño (simultaneidad 100 %)

- **Potencia demandada** (motor + VVVF + auxiliares, todo al 100 %):

$$P_d = 5,99 \text{ kW}$$

- Alimentación: **380 V trifásico**, **PF ≈ 0,90** (lado de red del VVVF).

$$I_{línea} = \frac{P_d}{\sqrt{3} * V * PF} = \frac{5990}{1.732 * 380 * 0.90} \approx 10.1 A$$

- **Selección de protección** del ramal de tracción: **MCB 3P 20 A**, que otorga margen térmico y de arranques breves.

c) Protecciones y calibres recomendados (sin cambios de filosofía, ajustados al 100 %)

Tabla 8

Protecciones y calibres recomendados

Circuito	Tensión	Protección	Cable recomendado	Observaciones
Alimentación general tablero	380/220 V, 3F+N+PE	MCCB 3P+N 25 A + SPD T2 3P+N	5×6 mm ² Cu	Barras N y PE separadas
VVVF + motor	380 V 3F	MCB 3P 20 A	4×4 mm ² Cu	Del VVVF al motor: cable apantallado 4×4 mm² + PE
Auxiliares 220 V (puerta, luz/vent, Tarjeta de control, sensores/cortina)	220 V 1F+N	RCD 2P 25 A, 30 mA (tipo A) + Q2 1P 6 A (puerta), Q3 1P 6 A (luz/vent), Q4 1P 4 A (Tarjeta de control), Q5 1P 4 A (sensores/cortina)	3×2,5 mm ² y 3×1,5 mm ² (resto)	

Nota. Elaborado por el tesista.

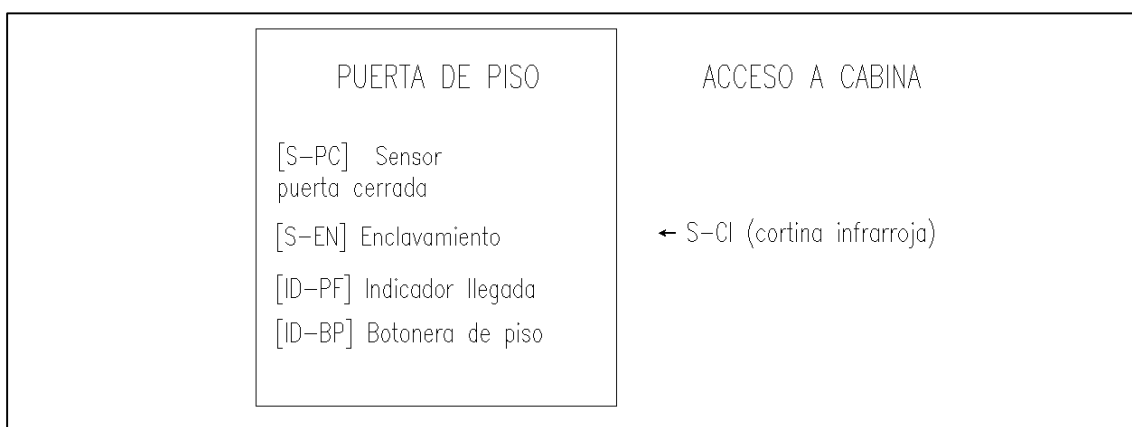
4.2.2.2.3. Disposición de sensores del sistema de ascensor

Con el objetivo de atender las observaciones formuladas durante la sustentación, en esta sección se presenta la disposición de los sensores considerados en el diseño del ascensor electromecánico. La definición de la ubicación y función de estos elementos permite clarificar los criterios de seguridad y operación adoptados, sin modificar el alcance ni los resultados

sensores impiden el desplazamiento de la cabina cuando las puertas no se encuentran completamente cerradas y bloqueadas. Adicionalmente, se incluye la cortina infrarroja (S-CI) instalada en el acceso a la cabina, cuya función es detectar la presencia de personas u objetos durante el cierre de las puertas, evitando situaciones de atrapamiento.

Figura 7

Disposición de sensores en las puertas de cada piso



Nota. Elaborado por el tesista

c) Resumen de sensores e identificadores del sistema

La siguiente tabla presenta el resumen de los sensores e identificadores considerados en el diseño del ascensor, indicando su nomenclatura, ubicación y función principal. Esta tabla complementa los esquemas presentados y permite una visión ordenada y clara de los elementos que conforman el sistema de control y señalización del ascensor propuesto.

Tabla 9

Sensores e identificadores del sistema de ascensor propuesto

Nomenclatura	Elemento	Ubicación	Función principal
S-NV	Sensor de nivelación	de Bastidor de la cabina	Asegura parada precisa a nivel del piso
S-PC	Sensor de puerta cerrada	Marco de puertas de piso y cabina	Inhíbe el movimiento si las puertas no están cerradas
S-EN	Sensor de enclavamiento	Puertas de piso	Garantiza el bloqueo mecánico durante el movimiento
S-CI	Cortina infrarroja	Acceso a la cabina	Evita atrapamientos durante el cierre
ID-CP	Indicador de piso	Interior de la cabina	Muestra el nivel actual
ID-DI	Indicador de dirección	Interior de la cabina	Señala subida o bajada
ID-BC	Botonera de cabina	Interior de la cabina	Selección del piso de destino
ID-BP	Botonera de piso	Acceso en cada nivel	Solicitud del servicio
ID-PF	Indicador de llegada	Puertas de piso	Informa la llegada de la cabina

Nota. La selección responde a un diseño funcional y económico para uso residencial.

4.2.3. Conforme al objetivo específico 3

En la presente sección se desarrollará el objetivo específico 3: Estimar el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, en función de los materiales, equipos y componentes seleccionados.

En esta sección se desarrolla la estimación del costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, considerando los materiales, equipos principales y componentes auxiliares definidos en el objetivo específico 2. La estimación se realizó en base a precios referenciales de mercado (proveedores nacionales e internacionales consultados en línea, catálogos técnicos y costos unitarios de materiales de construcción y equipos electromecánicos disponibles en Perú en 2025).

4.3.3.1. Componentes principales considerados

Para estimar el costo referencial, se consideran los siguientes elementos:

- **Sistema de tracción**
 - Motor gearless síncrono de imanes permanentes, 5,5 kW, 380 V trifásico.
 - Variador de frecuencia VVVF, 5,5 kW, 380 V.
 - Polea de tracción ($\varnothing$ 340 mm) y poleas de reenvío.
 - Cables de acero 4 $\times$ $\varnothing$ 8 mm.
 - Cable guiador de comunicación entre cabina y control central.
- **Cabina y bastidor (sling)**
 - Estructura metálica fabricada localmente (Juliaca), con placas de piso 4–6 mm.
 - Paneles interiores, botoneras y barandilla.
 - Puerta automática de cabina con operador.
- **Puerta exterior (semisótano y pisos)**
 - Puerta de piso (5 niveles): chapa metálica simple con pintura, logística local.
- **Contrapeso y guías**

- Contrapeso de 635 kg.
- Rieles guía T75-3/B para cabina y T70 para contrapeso, con ménsulas y zapatas.
- **Sistema eléctrico y de control**
 - Tablero principal de potencia y control.
 - Interruptor termomagnético, diferencial, contactores de seguridad.
 - Sensores de nivel, cortina infrarroja, botoneras de cabina y hall.
 - Iluminación LED de cabina y ventilación.

4.3.3.2. Estimación de costos referenciales

La siguiente tabla presenta el resumen de costos estimados para los principales componentes del ascensor electromecánico diseñado:

Tabla 10

Resumen del presupuesto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Motor gearless 5,5 kW, 380 V	pza	1	1,500.00	1,500.00
2	Variador VVVF 5,5 kW, 380 V	pza	1	1,000.00	1,000.00
3	Polea de tracción + reenvío	set	1	800.00	800.00
4	Cables de acero Ø8 mm (4×50 m)	m	200	3.00	600.00
5	Cable guiador de comunicación	m	30	5.00	150.00
6	Cabina metálica + bastidor (local)	set	1	3,000.00	3,000.00
7	Puerta automática cabina + operador	set	1	1,500.00	1,500.00
8	Puertas de piso (5 unidades)	pza	5	200.00	1,000.00
9	Contrapeso (masa)	set	1	800.00	800.00
10	Guías T75-3/B + ménsulas (cabina)	m	25	40.00	1,000.00



Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
11	Guías T70 + ménsulas (contrapeso)	m	25	35.00	875.00
12	Tablero eléctrico	set	1	1,200.00	1,200.00
13	Sensores, botoneras, cortina	set	1	700.00	700.00
14	Iluminación LED + ventilación	set	1	300.00	300.00
—	Subtotal equipos principales				16,425.00
—	Instalación, montaje, pruebas (20 %)				3,285.00
—	Costo total referencial				19,710.00

Nota. Elaborado por el tesista.

4.3.3.3. Interpretación de resultados

El costo total referencial estimado se sitúa en **USD 19,710.00** aproximadamente, lo cual es significativamente menor a estimaciones previas.

Esta reducción se explica por:

- **Fabricación local** de la cabina y bastidor, aprovechando menor costo laboral y logística.
- **Compra nacional** de materiales estándares.
- **Importación solo de los componentes especializados** de mayor costo (motor, variador).

El ajuste también contempló el cable guiador de comunicación y la puerta exterior de 5 niveles, los cuales no fueron considerados anteriormente, mostrando un análisis más completo y realista.

4.3.3.4. Comparación con costos de proveedores de ascensores

De acuerdo con consultas realizadas a proveedores de ascensores en el mercado peruano, el costo de importación e instalación de un ascensor



electromecánico de características similares (6 pasajeros, 4–5 paradas, velocidad nominal 1,0 m/s) se encuentra en un rango de USD 29,000 a 55,000 como precio final. Estos ascensores se importan en su totalidad, incluyendo cabina, bastidor, contrapeso, guías, sistema de tracción y control, y son ensamblados por la empresa proveedora.

En contraste, la propuesta desarrollada en este trabajo contempla un modelo híbrido de adquisición y fabricación:

- La cabina y bastidor pueden ser fabricados en Juliaca, utilizando la industria metalmecánica local, lo que reduce costos de transporte e importación.
- Elementos estándar como cables de acero, perfiles estructurales, ménsulas y componentes eléctricos pueden adquirirse en el mercado nacional.
- Solo los componentes críticos y de mayor especialización —como el motor gearless, el variador VVVF, el gobernador y el sistema de paracaídas— requieren importación.

Gracias a este esquema, el costo total referencial estimado es de USD 19,710, lo que representa una reducción de aproximadamente 32 % respecto a los costos de mercado de proveedores convencionales. Este diferencial valida la pertinencia técnica y económica del diseño planteado, además de demostrar que la implementación de ascensores electromecánicos puede ser más accesible si se optimiza la fabricación local y la integración de componentes importados y nacionales.

El desarrollo y cumplimiento progresivo de los objetivos específicos de la investigación han permitido consolidar de manera integral el logro del objetivo general del trabajo de investigación.

En primer lugar, se identificaron los requerimientos técnicos, normativos y funcionales aplicables, asegurando que la propuesta cumpla con las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones y las normas de accesibilidad y transporte mecánico. En segundo término, se elaboró el diseño estructural y electromecánico del ascensor, detallando la cabina, bastidor, guías, sistema de tracción, motor gearless, variador de frecuencia y demás componentes, con cálculos de dimensionamiento que garantizan seguridad, funcionalidad y eficiencia. Finalmente, se realizó la estimación del costo referencial de implementación, demostrando la factibilidad económica de la propuesta y su ventaja comparativa frente a los costos de proveedores convencionales.

De este modo, la suma de los logros obtenidos en cada objetivo específico confirma el cumplimiento del objetivo general, validando que la propuesta es técnicamente viable, económicamente competitiva y adecuada para su aplicación en edificaciones residenciales de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca.

4.3. Prueba de hipótesis

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en las secciones anteriores, se procede a la validación de las hipótesis de la investigación.

En primer lugar, las hipótesis específicas han sido confirmadas en su



totalidad:

- 2 La identificación de los requerimientos técnicos, normativos y funcionales permitió establecer los parámetros mínimos de accesibilidad, seguridad y operación exigidos por la Norma Técnica EM.070 y el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- El diseño estructural y electromecánico desarrollado demostró que es posible dimensionar de manera adecuada la cabina, bastidor, guías, motor gearless, sistema de tracción y demás componentes, asegurando un funcionamiento seguro y eficiente del ascensor electromecánico propuesto.
- La estimación de costos realizada evidenció que la implementación del ascensor diseñado resulta económicamente viable y más competitiva en comparación con las ofertas de ascensores importados provistos por empresas especializadas.

En consecuencia, el cumplimiento integral de las hipótesis específicas respalda de manera directa la validez de la hipótesis general, la cual sostiene que es posible diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en los lineamientos de la Norma Técnica EM.070, que cumpla con los requisitos técnicos, normativos y de viabilidad económica.

Por lo tanto, se confirma la validez de la hipótesis general planteada para la presente investigación.



4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Respecto al objetivo específico 1

En la presente investigación, la identificación de los requerimientos técnicos, normativos y funcionales permitió dimensionar la cabina, capacidad y parámetros de tráfico conforme a la Norma Técnica EM.070 y la Norma A.120. Se determinó una capacidad nominal de 6 pasajeros (450 kg), dimensiones interiores mínimas de 1,00 × 1,25 m y tiempos de espera dentro de lo establecido por la normativa.

Estos resultados guardan relación con lo reportado por Pinto (2021), quien en su tesis diseñó un ascensor eléctrico de 300 kg aplicando la Norma EN 81-1 y la Norma A.120. En ambos casos, la aplicación estricta de la normativa fue fundamental para definir dimensiones y garantizar accesibilidad y seguridad de los usuarios. No obstante, mientras el estudio de Pinto se centró en un ascensor de menor capacidad para personas con discapacidad, la presente investigación amplía el alcance al considerar un ascensor residencial de hasta 6 pasajeros, demostrando que el cumplimiento normativo puede ser escalado a distintas tipologías de proyectos.

De manera complementaria, los hallazgos coinciden con Altamirano y Guano (2023), quienes diseñaron un elevador semicabinado para una persona con movilidad reducida, aplicando la norma ecuatoriana NTE INEN 3139 y la ISO 8100-30. Al igual que en el presente trabajo, su investigación muestra que la identificación rigurosa de los requerimientos normativos constituye la base del diseño técnico de cualquier sistema de transporte vertical.



4.4.2. Respetto al objetivo específico 2

En cuanto al diseño estructural y electromecánico, los resultados obtenidos demuestran la factibilidad de un ascensor electromecánico de 5 paradas con cabina de 450 kg, sistema de tracción gearless sin cuarto de máquinas, rieles T75-3/B y T70, y cables de acero Ø8 mm en configuración 2:1. El dimensionamiento efectuado confirma que los componentes seleccionados cumplen con los esfuerzos admisibles y factores de seguridad requeridos.

Estos resultados son comparables con lo reportado por Saavedra (2023), quien diseñó un elevador modular residencial para adultos mayores y personas con discapacidad. En ambos casos, se desarrolló un análisis estructural detallado de los componentes mecánicos y se aplicaron normas de accesibilidad. Sin embargo, el presente trabajo se diferencia al considerar un diseño más complejo en cuanto a capacidad y número de niveles, incorporando además el cálculo del motor gearless y el variador de frecuencia, aspectos no abordados en la tesis de Saavedra.

Asimismo, se encuentra concordancia con Rosário et al. (2021), quienes propusieron un ascensor personal asistido accionado por motor eléctrico y sistema tuerca–husillo, demostrando la viabilidad técnica mediante análisis estructural. Aunque la solución tecnológica difiere de la presente (rosca–husillo vs. tracción electromecánica), ambos estudios destacan la importancia del cálculo estructural y la selección adecuada del sistema de tracción para garantizar seguridad y funcionalidad.

4.4.3. Respetto al objetivo específico 3

La estimación del costo referencial arrojó un valor aproximado de USD 19



710, considerando la fabricación local de la cabina y el bastidor, la adquisición nacional de materiales estándar, y la importación de equipos especializados como el motor gearless, variador y sistema de seguridad. Este esquema híbrido permitió demostrar una reducción de aproximadamente 32% respecto a los costos de ascensores importados instalados por proveedores convencionales, que oscilan entre USD 29 000 y 55 000.

Este resultado coincide con lo señalado por Altamirano y Guano (2023), quienes estimaron un costo reducido para un elevador semicabinado, evidenciando que el diseño y la integración local de componentes representan una alternativa más económica frente a los sistemas importados. En la misma línea, Zbinden (2025) también concluyó que su diseño de un sistema elevador automatizado para vehículos era económicamente viable, resaltando que la combinación de manufactura local con componentes especializados reduce costos y facilita la implementación.

En conjunto, la presente investigación confirma que el desarrollo de ascensores electromecánicos con fabricación parcial en el ámbito local no solo es técnicamente viable, sino que también constituye una estrategia económica competitiva frente a la dependencia exclusiva de proveedores externos.



CONCLUSIONES

Primera: Se diseñó un ascensor electromecánico para edificaciones residenciales de hasta cuatro niveles en Juliaca, con capacidad de 450 kg (6 personas), velocidad de 1,0 m/s, cinco paradas y configuración de tracción 2:1, cumpliendo los criterios técnicos y normativos establecidos (Tablas 1, 2 y 6). El sistema presenta un intervalo de espera de 64,73 s y una capacidad de transporte de 22,25 personas en 5 minutos, valores que cumplen la Norma EM.070 (Apéndice 3), contribuyendo a mejorar la accesibilidad y movilidad vertical en edificaciones residenciales.

Segunda: Se identificaron y aplicaron los requerimientos de la Norma EM.070 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, verificando el cumplimiento de las dimensiones mínimas de cabina (1,00 × 1,25 m; área útil 1,25 m²) y la capacidad nominal de 450 kg, conforme a las Tablas 1 y 2 de la normativa EM.070. Asimismo, el cálculo de tráfico para una población de 26 personas evidenció el cumplimiento de los criterios normativos, aportando una guía técnica aplicable para el diseño de ascensores residenciales seguros y accesibles.

Tercera: El diseño estructural y electromecánico demostró su factibilidad técnica mediante la selección de un motor gearless de 5,5 kW, cables de tracción 4 × Ø8 mm, rieles T75-3/B y T70, y una placa de piso metálica de 4–6 mm, cumpliendo los criterios de resistencia y servicio (Tabla 5). Las verificaciones de esfuerzos y deformaciones mostraron valores admisibles, garantizando una solución técnica



segura y replicable para edificaciones de baja altura.

Cuarta: La estimación de costos determinó un costo total referencial de USD 19 710 para el ascensor electromecánico diseñado (Tabla 10), valor aproximadamente 32 % menor que los ascensores comerciales importados de características similares. Esta viabilidad económica favorece la implementación de soluciones de transporte vertical accesibles, contribuyendo al desarrollo urbano y a la mejora de la calidad de vida en la ciudad de Juliaca.

RECOMENDACIONES

- Primera:** Aplicación práctica: Se recomienda implementar el diseño propuesto en proyectos residenciales y multifamiliares de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, ya que cumple con la Norma Técnica EM.070 y representa una solución accesible y segura de transporte vertical.
- Segunda:** Optimización de costos: Fomentar la fabricación local de la cabina, bastidor y otros elementos estructurales, aprovechando la industria metalmeccánica regional, con el fin de reducir costos y dinamizar la economía local, reservando la adquisición externa solo para componentes de mayor especialización.
- Tercera:** Estudios complementarios: Para futuras investigaciones, se sugiere realizar simulaciones dinámicas y pruebas experimentales en prototipos a escala o en modelos piloto, a fin de validar en la práctica los cálculos teóricos de cargas, tensiones y desempeño energético.
- Cuarta:** Innovación tecnológica: Se recomienda considerar en futuros diseños la incorporación de sistemas de eficiencia energética, como regeneración de energía en el frenado, y el uso de materiales más livianos para la cabina, con el propósito de mejorar el rendimiento y reducir el consumo eléctrico.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altamirano, R. F., y Guano, O. A. (2023). *Diseño y simulación de un elevador vertical semicabinado de dos pisos para una persona con movilidad reducida mediante software especializado* [bachelorThesis].

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25953>

Beer, F. P., y Johnston, E. R. (2017). *Mecánica vectorial para ingenieros: Estática y dinámica* (McGraw-Hill).

Boiko, A., Ivanov, V., Klymchuk, I., y Ihnatenko, D. (2024). Modeling issues of low-speed elevator motor of biinductor type. *Праці Одеського Політехнічного Університету*, 2(70), Article 2(70).

<https://doi.org/10.15276/opu.2.70.2024.09>

Browne, A. F., Williams, W. B., Loftus, K., y Benfield, C. (2015). *Development of a Low-cost Electromechanical Elevator for Programmable Logic and Embedded Controls Training*. 26.521.1-26.521.10.

<https://peer.asee.org/development-of-a-low-cost-electromechanical-elevator-for-programmable-logic-and-embedded-controls-training>

Budynas, R. G., y Nisbett, J. K. (2020). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (11th ed.). McGraw-Hill.

Caisaguano, A. B., y Mendoza, Á. J. (2024). Estudio técnico para la viabilidad de la implementación de un ascensor para personas con capacidades físicas diferentes en el edificio de electricidad/electrónica. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1722>

Cegarra, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*.



<https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312989>

- Martynov, Y., Petrenko, O., y Liubarskyi, B. (2021). Defining the Main Parameters and Performances of the Elevator Motor. *NTU «KhPI» Bulletin: Power and heat engineering processes and equipment*, 4, Article 4. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.04.08>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma A.010: Condiciones Generales de Diseño*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma Técnica EM.070 – Transporte Mecánico del Reglamento Nacional de Edificaciones*. El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/268656-norma-tecnica-em-070-transporte-mecanico-del-numeral-iii-4-instalaciones-electricas-y-mecanicas-del-titulo-iii-edificaciones-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-aprobado-por-decreto-supremo-n-011-2006-vivienda>
- Mohammed, J. A., Hashim, W. M., y Beram, B. S. (2020). Performance Improvement of a Conventional Hydraulic Elevator by Using Electro-Hydraulic Servo Mechanism. *Engineering and Technology Journal*, 38(5A), 748-760. <https://doi.org/10.30684/etj.v38i5A.367>
- Nazarova, O. S., Osadchyy, V. V., y Shulzhenko, S. S. (2022). Computer modeling of electromechanical system of two-speed elevator. *Herald of Advanced Information Technology*, 5(2), Article 2.



<https://doi.org/10.15276/hait.05.2022.11>

Pinto, R. P. (2021). *Diseño de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME – UNAC* [Universidad Nacional del Callao].

<https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5858>

Rao, A., y Mircevski, S. (2021). Possibilities for Energy Saving Predictions in Elevators. *Power Electronics and Drives*, 6(1), 218-228.

<https://doi.org/10.2478/pead-2021-0013>

Roark, R. J., y Young, W. C. (2002). *Formulas for Stress and Strain* (7th ed.).

McGraw-Hill. [https://jackson.engr.tamu.edu/wp-](https://jackson.engr.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/229/2023/03/Roarks-formulas-for-stress-and-strain.pdf)

[content/uploads/sites/229/2023/03/Roarks-formulas-for-stress-and-strain.pdf](https://jackson.engr.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/229/2023/03/Roarks-formulas-for-stress-and-strain.pdf)

Rosário, G. C., Gamarra, V. O., Alvarado, C. A., y Azevedo, F. (2021). Diseño de un ascensor asistido para usuarios de silla de ruedas. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(2), Article 2.

<https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1919>

Saavedra, C. A. (2023). *Diseño de elevador residencial modular de 2 niveles para adultos mayores y personas con discapacidad de movilidad*. [Tesis pregrado, Universidad del Valle de Guatemala].

<https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/4871>

Shevchuk, S., y Zaichenko, S. (2019). SECURING RELIABILITY AND JUSTIFICATION OF SERVICE LIFE OF ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT FOR ELEVATOR GROUP OF A MULTI FLOOR BUILDING. *Науковий Журнал «Енергетика: Економіка, Технології*,



Екологія», 4, Article 4. <https://doi.org/10.20535/1813->

5420.4.2019.200471

So, A. (2019, marzo). Motor Drive and Control: An introduction to major elevator drives, including history, fundamentals and the future. *Elevator World*.

<https://elevatorbooks.com/wp-content/uploads/2019/07/MARCH-CE.pdf>

Soriano, M. E. (2025). *Diseño de un elevador vertical para facilitar el acceso al segundo piso en viviendas familiares*.

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/31216>

Soyaslan, M., Eldogan, O., Fenercioglu, A., y Avsar, Y. (2023). External rotor gearless elevator machine: A new design with flanged shaft. *Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*, 7(2), 1281-1291. <https://doi.org/10.1007/s41939-023-00285-3>

Stawiński, Ł., Kosucki, A., Skowrońska, J., y Malenta, P. (2025). Energy Efficiency Improvement of Hydraulic Indirect Elevator. *Energies*, 18(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/en18092163>

Strakosch, G. R., y Caporale, R. S. (2010). *The Vertical Transportation Handbook* (4th ed.). Wiley. <https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-581446-b9a976c604.pdf>

Vlachou, V. I., Efstathiou, D. E., y Karakatsanis, T. S. (2024). Design, Analysis and Application of Control Techniques for Driving a Permanent Magnet Synchronous Motor in an Elevator System. *Machines*, 12(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/machines12080560>

Zbinden, L. (2025). *Diseño de un sistema elevador automatizado para el traslado de personas con discapacidad motriz implementado a vehículos*



[Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].

<http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/8405>



1

APÉNDICES



1

Apéndice 1: Matriz de Consistencia

Título: DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	METODOLOGÍA
¿Cómo diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en la Norma Técnica EM.070 – Transporte Mecánico?	Diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en los lineamientos de la Norma Técnica EM.070, 2025.	El diseño de un ascensor electromecánico, basado en la Norma Técnica EM.070, permitirá establecer una solución técnica adecuada para su implementación en edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca.	Variable independiente: Diseño del ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles	Enfoque: Cuantitativo Nivel: Descriptivo Técnica: Análisis documental Instrumento: Ficha de revisión documental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		
PE1.- ¿Cuáles son los requerimientos técnicos, normativos y funcionales que deben considerarse para el diseño de un ascensor electromecánico en edificaciones de hasta cuatro niveles?	OE1.- Identificar los requerimientos técnicos, normativos y funcionales necesarios para el diseño de un ascensor electromecánico destinado a edificaciones de hasta cuatro niveles.	HE1.- La identificación de los requerimientos técnicos, normativos y funcionales permitirá orientar adecuadamente el diseño de un ascensor electromecánico conforme a las exigencias de edificaciones de hasta cuatro niveles.	Variable dependiente: Cumplimiento de la norma técnica EM.070	Población y muestra: La población está conformada por un ascensor electromecánico diseñado para una edificación de hasta cuatro niveles que cumplen con los requisitos técnicos de la norma EM.070
PE2.- ¿Cómo se debe elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, incluyendo planos, cálculos y sistema de control, conforme a los requerimientos establecidos por la normativa EM.070?	OE2.- Elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, considerando la cabina, sistema de tracción, guías, sistema de control y demás componentes, conforme a la Norma EM.070.	HE2.- La elaboración del diseño estructural y electromecánico del ascensor, incluyendo planos, cálculos y sistema de control, permitirá cumplir con los lineamientos establecidos por la Norma Técnica EM.070.		
PE3.- ¿Cuál es el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, considerando los materiales, equipos y componentes seleccionados?	OE3.- Estimar el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, en función de los materiales, equipos y componentes seleccionados.	HE3.- La estimación del costo referencial del ascensor electromecánico permitirá evaluar preliminarmente su viabilidad técnica y económica para su implementación en edificaciones de hasta cuatro niveles.		

Apéndice 2: Cálculo de ascensores para edificios residenciales multifamiliares/Hoja de cálculo de MVCS

En la imagen se aprecia la hoja de cálculo proporcionada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el cual se realiza el cálculo de ascensores para edificios residenciales multifamiliares/cumplimiento normativo

PERÚ		Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Viceministerio de Construcción y Saneamiento	Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento	Dirección de Construcción
NORMA EM.070 TRANSPORTE MECÁNICO (2018)					
CÁLCULO DE ASCENSORES PARA EDIFICIOS RESIDENCIALES MULTIFAMILIARES (ÚNICO USO)					
1	Población total del proyecto (numero total de personas). No considerar la población del primer nivel o nivel de ingreso principal ni	26.00			
2	Población a transportar en cinco minutos (Número mínimo de personas)	1.56	6%	% Capacidad de transporte en 5 minutos segun norma	
3	Intervalo de espera máximo (segundos)	90		Intervalo de espera maximo segun norma	
DISEÑO DE ASCENSORES PARA EL PROYECTO					TOTAL
4	Cantidad de Ascensores	1			1
5	Número de pasajeros por ascensor (capacidad nominal)	6			
6	Capacidad útil de pasajeros (80% de la capacidad nominal)	4.8			
7	Número de plantas del proyecto (incluir todos los niveles y sótanos).	5			
8	Distancia vertical total del proyecto (metros). Desde nivel de piso terminado más bajo (por ejemplo, último sótano) hasta el último nivel de piso terminado más alto (por ejemplo, azotea).	10.95			
9	Velocidad nominal del ascensor (m/s) según fabricante	1.00			
10	Tipo de Puerta	Lateral			
11	Dimensiones de Puerta (metros)	0.80			
RESULTADOS					
12	Intervalo de espera del proyecto (segundos)	64.73	Sí cumple con la norma		64.73
13	Población a transportar en 5 minutos del proyecto (N° de personas)	22.25	Sí cumple con la norma		22.25
Nota: Comparar los resultados del cálculo (celdas 12 y 13) con los dos requisitos a cumplir establecidos en la norma (celdas 2 y 3). En caso no cumplir los dos requisitos a la vez, se debe recalcular el diseño con nuevos datos, como cantidad de ascensores, capacidad nominal, entre otros.					



Apéndice 3: Cálculo de la población (número total de personas)

En la imagen se aprecia la hoja de cálculo de la población total.

Piso	Departamento izquierdo		Departamento derecho	
	Dormitorios	Personas	Dormitorios	Personas
Primer piso	#101: 3 dormitorios	5	-	-
Segundo piso	#201: 3 dormitorios	5	#202: 2 dormitorios	3
Tercer piso	#301: 3 dormitorios	5	-	-
Cuarto piso	#401: 3 dormitorios	5	#402: 2 dormitorios	3
TOTAL DE PERSONAS				
26				



Apéndice 4: Estimación de peso desmontada de la cabina (para mostrar que sí son relevantes)

(hipótesis razonables usadas en la tesis: acero S275, densidad 7850 kg/m^3 , altura interior de cabina 2.20 m)

Resumen de estimación:

- Placa de piso (6 mm): $\approx 59 \text{ kg}$
- Chapas laterales (2 long sides, 1.5 mm): $\approx 65 \text{ kg}$
- Panel frontal (excluyendo hueco puerta) (1.5 mm): $\approx 6 \text{ kg}$
- Panel trasero (1.5 mm): $\approx 26 \text{ kg}$
- Placa superior / techo (1.5 mm): $\approx 15 \text{ kg}$
→ Subtotal chapas y placas $\approx 170 \text{ kg}$

A esto se suman (estimaciones razonables de diseño):

- Armazón / sling (perfiles estructurales): $\approx 100 \text{ kg}$ (se determinará con precisión tras seleccionar perfiles)
- Freno guía / piezas de guiado / herrajes: $\approx 15 \text{ kg}$
- Baranda, iluminación, accesorios y remates: $\approx 18 \text{ kg}$

Total estimado cabina (estructural + acabados): $\approx 303 \text{ kg}$ en este cálculo preliminar. Añadiendo acabados (revestimientos, suelo anti-deslizante, remates, tolerancia de diseño) dejamos un **margen y redondeo hasta $\approx 350 \text{ kg}$.**

Estimación del peso de la puerta de cabina

Estimaciones razonables (rangos típicos, para puerta telescópica 2 hojas, luz 0.80 m):

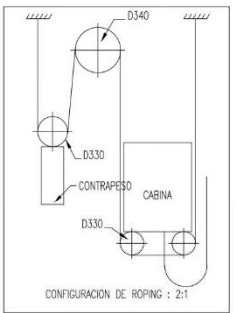
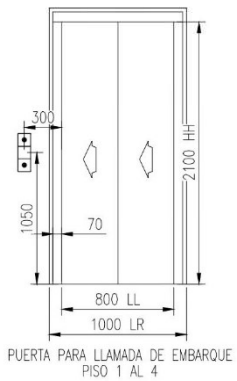
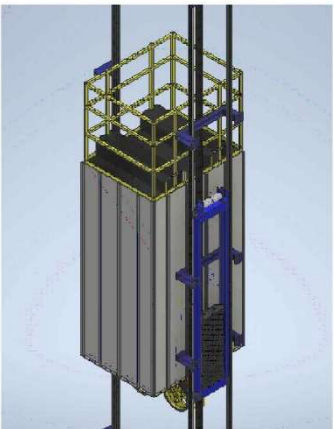
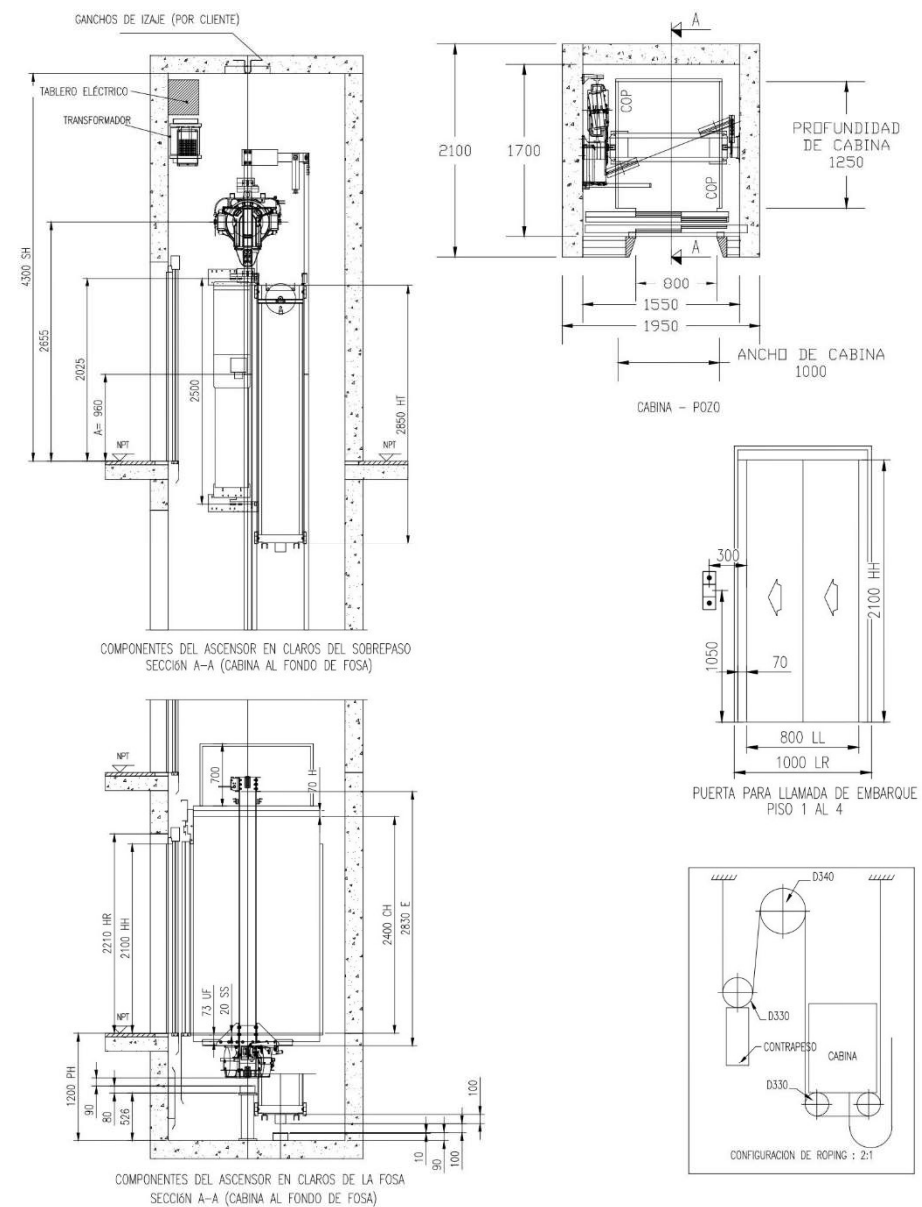
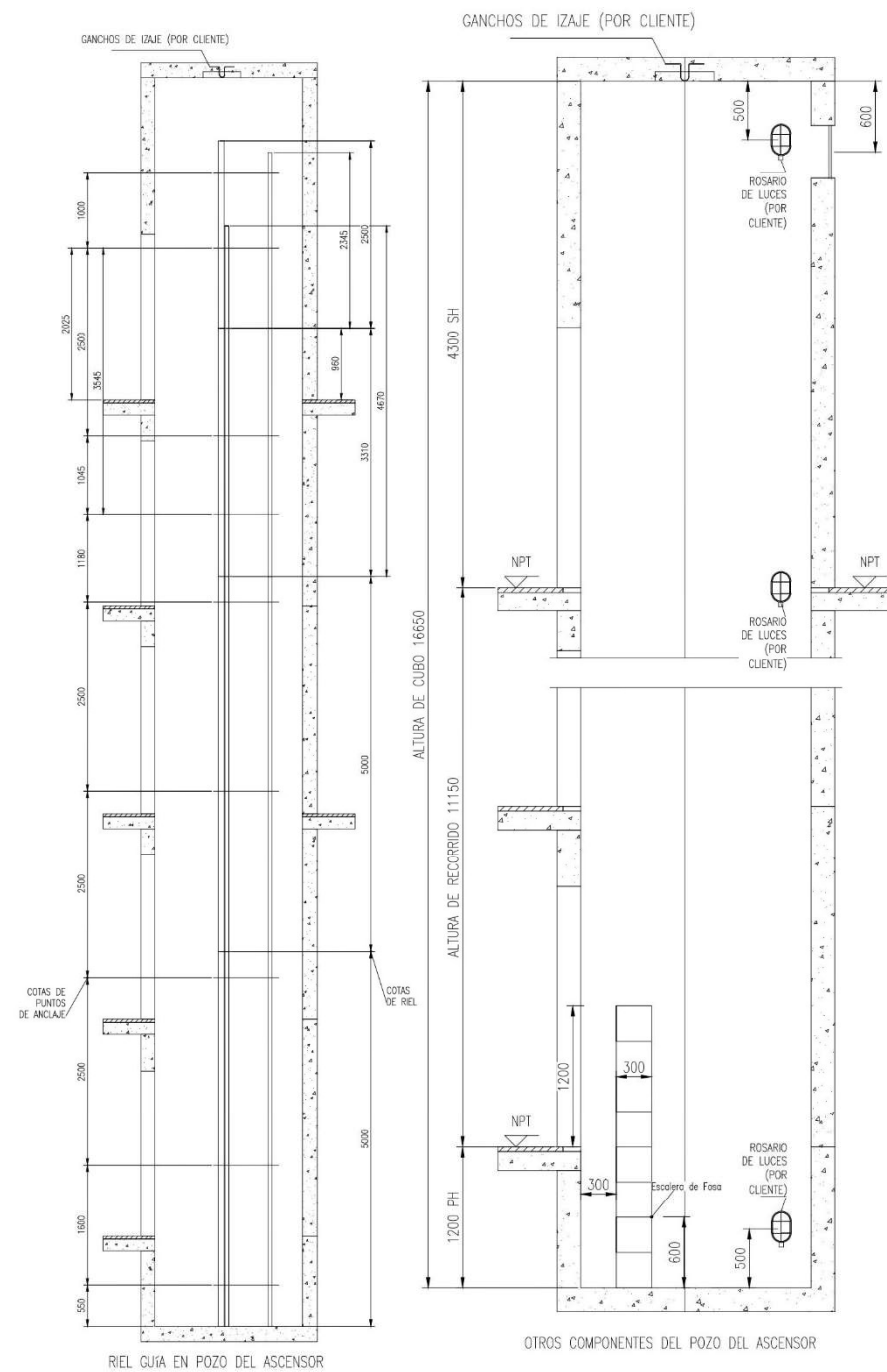
- **Hojas (2 hojas telescópicas, ensambladas con marco mínimo):** $\sim 20\text{--}40 \text{ kg}$ en total.
 - (Puertas de 0,8 m con marco ligero y chapa de 1.5–2 mm suelen pesar en ese rango).
- **Marco/guías y herrajes asociados:** $\sim 5\text{--}15 \text{ kg}$.
- **Operador / mecanismo de puerta (unidad motriz + reenvíos + carcasa):** $\sim 15\text{--}40 \text{ kg}$ (dependiendo si es compacto para puerta telescópica o más robusto).
- **TOTAL puerta + operador:** rango aproximado **40–95 kg**. Un valor razonable central: $\approx 60 \text{ kg}$.

Aplicación inmediata a la estimación previa:

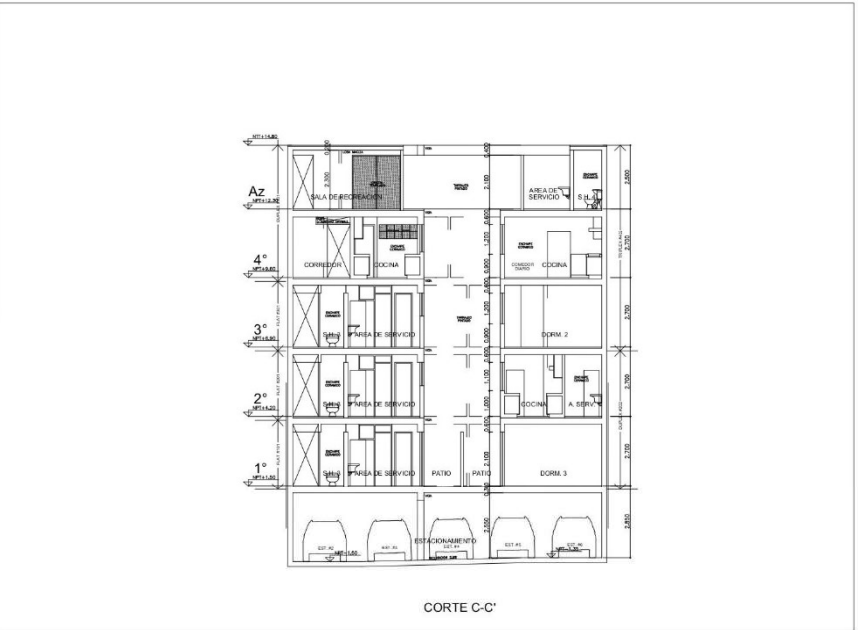
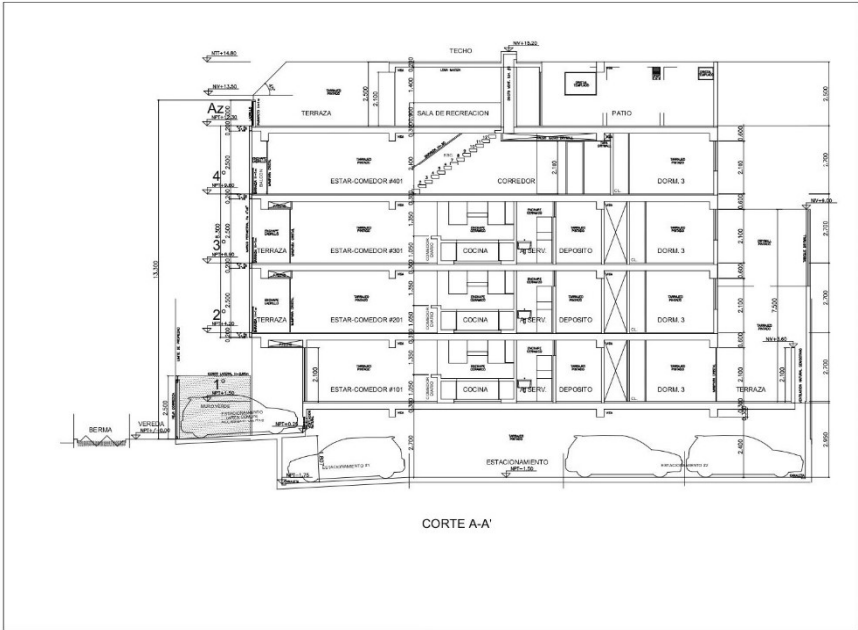
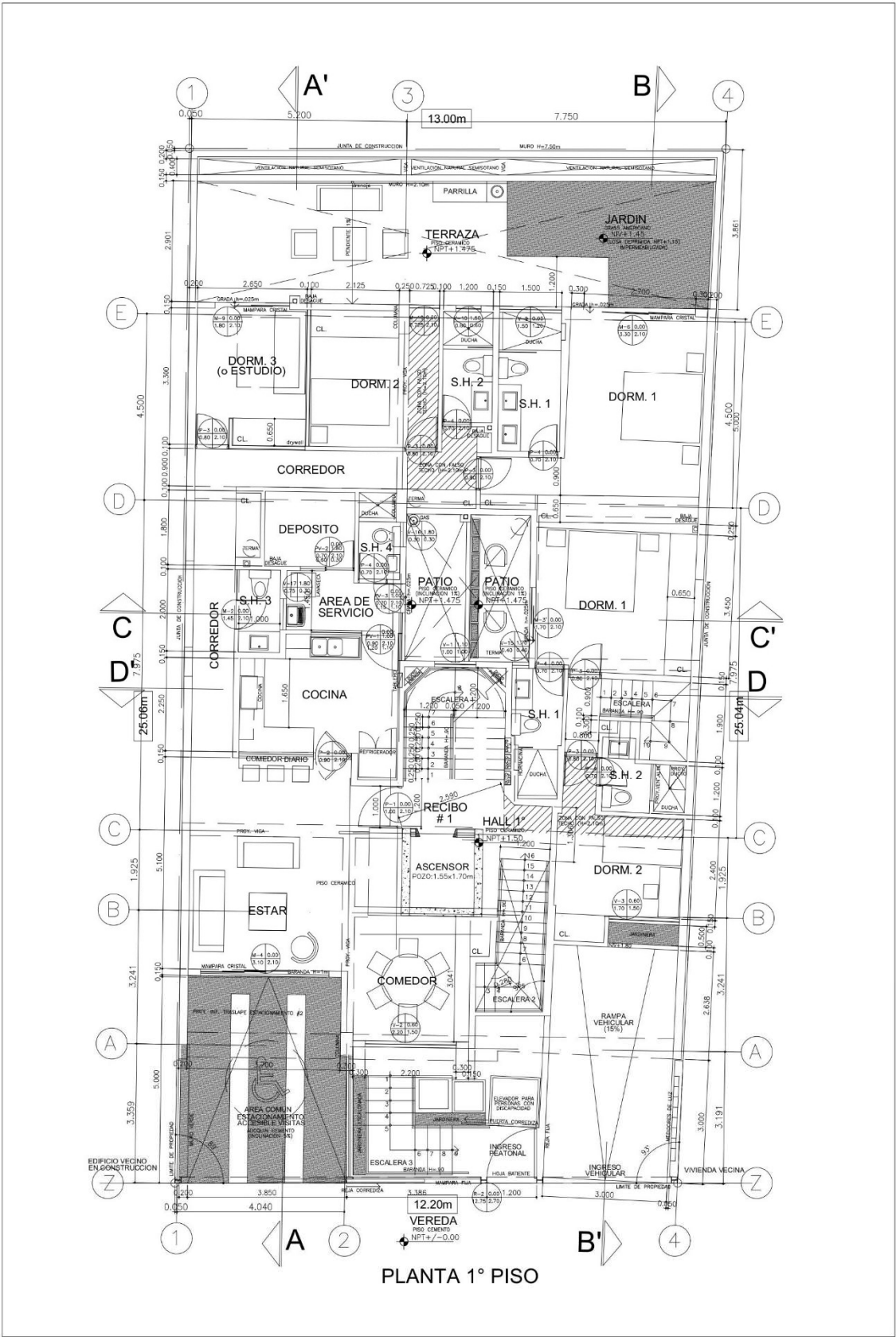
- En el cálculo anterior se usa una masa en vacío de cabina $\approx 350 \text{ kg}$ (supuesto global).
- Añadiendo una puerta telescópica + operador con $\approx 60 \text{ kg}$, la **masa en vacío real de la cabina** sería aproximadamente:
 $350 \text{ kg} + 60 \text{ kg} = 410 \text{ kg}$.



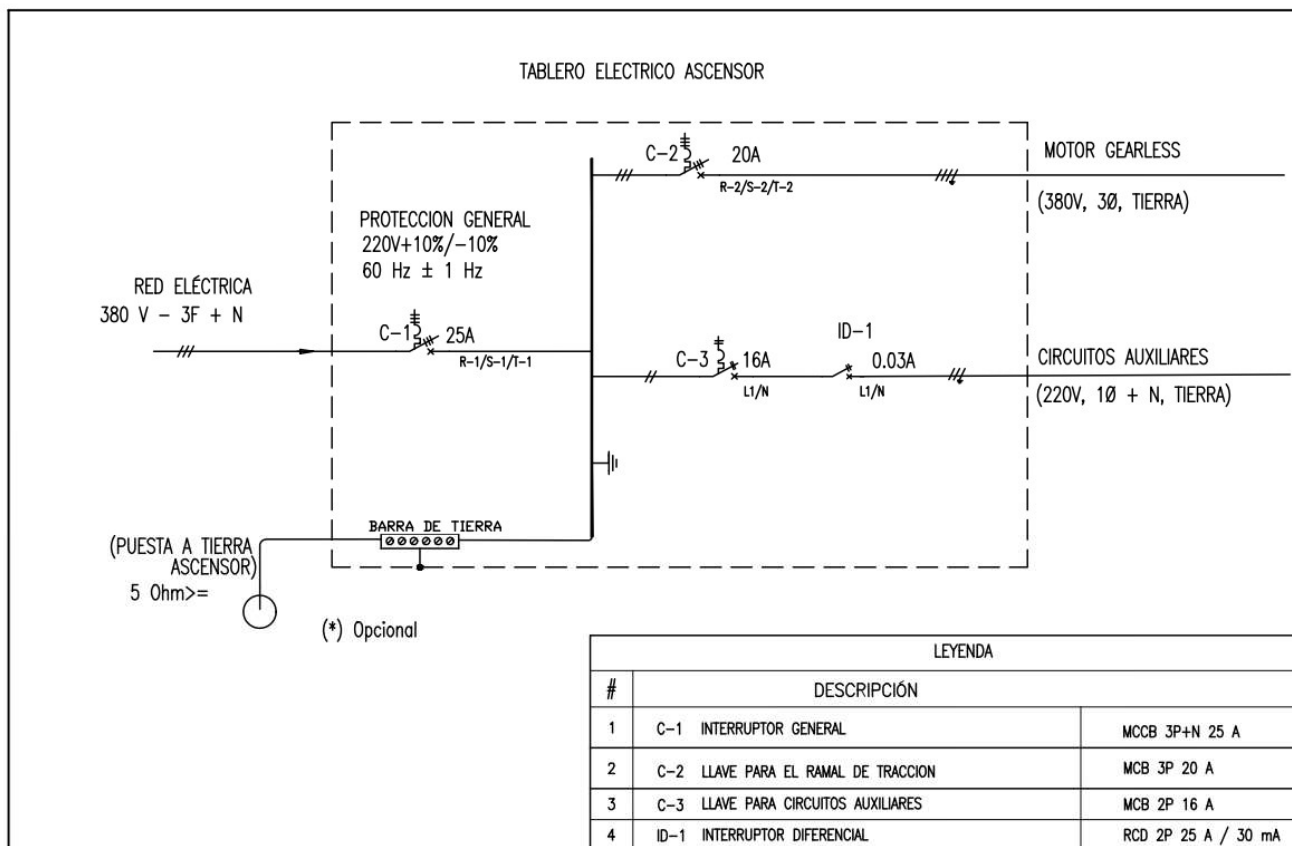
Apéndice 5: Planos



	TESIS : DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025*		CARRERA: INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
	LOCALIZACIÓN: DEPARTAMENTO : PUNO PROVINCIA : PUNO DISTRITO : JULIACA		PLANO: ASCENSOR ELECTROMECANICO	
UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS	TESISTA: Bach. WILFREDO ROQUE CRUZ		ESCALA: S/E	
	ASESOR: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA		FECHA: OCTUBRE 2025	
			LAMINA: 01	



 UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS	TESIS : DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025*		CARRERA: INGENIERIA MECANICA ELECTRICA	
	LOCALIZACIÓN: DEPARTAMENTO : PUNO PROVINCIA : PUNO DISTRITO : JULIACA		PLANO: VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN PROYECTO 4 PISOS	
	TESISTA: Bach. WILFREDO ROQUE CRUZ		ESCALA: S/E	LAMINA: 02
	ASESOR: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA		FECHA: OCTUBRE 2025	



	TESIS DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025		CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA	
	LOCALIZACIÓN DEPARTAMENTO: PUNO PROVINCIA: PUNO DISTRITO: JULIACA		PLANO DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO	
	TESISTA DOR, WILFREDO ROQUE CRUZ		ESCALA S/E	03
	ASESOR M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA		FECHA OCTUBRE 2025	



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 06/01/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: WILFREDO ROQUE CRUZ

Dirección: Jr. volta con Av: Ucayali

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 45851821

Teléfono: 946676383 email: roquewcr@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

Asesor: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Ascensor electromecánico, diseño, accesibilidad, edificación.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☒ Sí autorizo
- ☐ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☒

Internacional

☐

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18

Firma de Autor



huella digital

06 de ENERO del 2026

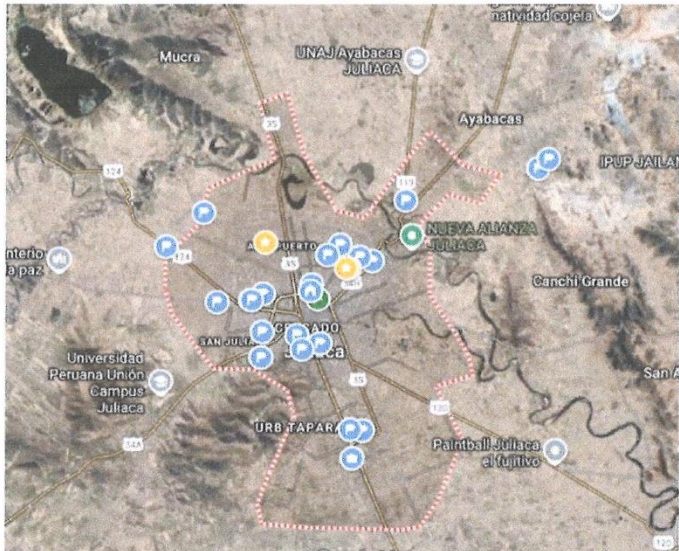
Fecha



Metadatos complementarios - UANCV

Título de la Tesis	
DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	WILFREDO ROQUE CRUZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45851821
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-6435-7449
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476



Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Departamento: PUNO Provincia: SAN ROMAN Distrito: JULIACA Longitud oeste: -15.483488880851368 Latitud sur: , -70.12817121230837  URL: https://maps.app.goo.gl/ZT3G5kmGNS8hZoTCA
Año o rango de años en que se realizó la investigación	MARZO 2025 – DICIEMBRE 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería mecánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00 Mecánica aplicada https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.02
- Librería	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÉSAR VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo WILFREDO ROQUE CRUZ, identificado con DNI Nro. 45851821, en mi condición de egresado de:

- ☒ **Escuela Profesional**
☐ **Programa de Segunda Especialidad,**
☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación**, ☐ **Trabajo Académico** denominada:

DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025

Asesorado por: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

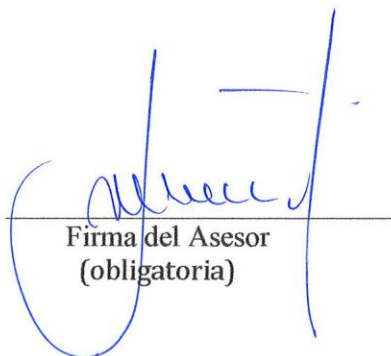
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca __06__ de **ENERO** del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)





DEDICATORIA

A mi querida familia, por su amor incondicional, su apoyo constante y sus palabras de aliento en cada etapa de mi vida. Gracias por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la perseverancia y la fe en mis sueños. Este logro también es de ustedes.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a mi asesor de tesis Ing. Adwar Ranulfo Sánchez Carreón, por su guía, paciencia y valiosas orientaciones que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de investigación.

Asimismo, agradezco a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", por brindarme la formación académica y profesional que ha hecho posible culminar con éxito esta etapa de mi vida universitaria.



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción del problema	13
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema principal	15
1.2.2. Problemas específicos.....	15
1.3. Justificación	15
1.3.1. Justificación teórica.....	15
1.3.2. Justificación práctica.....	16
1.3.3. Justificación metodológica	16
1.4. Objetivos de la investigación	17



1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2. Objetivos específicos	17
1.5. Hipótesis	17
1.5.1. Hipótesis general	17
1.5.2. Hipótesis específicas	18
1.6. Operacionalización de variables.....	18

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	22
2.1.3. Antecedentes locales	24
2.2. Bases teóricas	24
2.2.1. Ascensor Electromecánico	24
2.2.2. Norma técnica EM.070	37
2.2.3. Aplicación en el contexto de la investigación	39
2.3. Definición de términos	39

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos de investigación	41
3.1.1. Tipo de investigación	41



3.1.2. Enfoque de investigación.....	42
3.1.3. Diseño de la investigación	42
3.1.4. Nivel de la investigación	42
3.2. Ámbito de investigación.....	42
3.3. Población y muestra	43
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación.....	43
3.5. Recogida de datos.....	44

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación	45
4.2. Análisis e interpretación de resultados.....	46
4.2.1. Conforme al objetivo específico 1.....	46
4.2.2. Conforme al objetivo específico 2.....	50
4.2.3. Conforme al objetivo específico 3.....	77
4.2.4. Respecto al objetivo general.....	82
4.3. Prueba de hipótesis	82
4.4. Discusión de resultados.....	84
4.4.1. Respecto al objetivo específico 1	84
4.4.2. Respecto al objetivo específico 2	85
4.4.3. Respecto al objetivo específico 3	85
CONCLUSIONES.....	87



RECOMENDACIONES	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
APÉNDICES.....	96
Apéndice 1: Matriz de Consistencia.....	97
Apéndice 2: Cálculo de ascensores para edificios residenciales multifamiliares/Hoja de cálculo de MVCS	98
Apéndice 3: Cálculo de la población (número total de personas)	99
Apéndice 4: Estimación de peso desmontada de la cabina (para mostrar que sí son relevantes)	100
Apéndice 5: Planos	101



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	18
Tabla 2	Tipos de ascensor electromecánico	27
Tabla 3	Ubicación del lugar de proyecto.....	43
Tabla 4	Cargas según cantidad de cables.....	62
Tabla 5	Síntesis de componentes y características del diseño estructural del ascensor.....	69
Tabla 6	Cálculos principales para selección del motor.....	71
Tabla 7	Consumo eléctrico de componentes.....	73
Tabla 8	Protecciones y calibres recomendados	74
Tabla 9	Sensores e identificadores del sistema de ascensor propuesto	77
Tabla 10	Resumen del presupuesto	79



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dimensiones de cabina.....	49
Figura 2	Configuración de tiro o roping.....	52
Figura 3	Modelo del ascensor	59
Figura 4	Vista de la estructura metálica de soporte de rieles.....	65
Figura 5	Vista de la rieles y estructura metálica de soporte o fijación.....	65
Figura 6	Disposición de sensores en la cabina	75
Figura 7	Disposición de sensores en las puertas de cada piso	76



RESUMEN

En la ciudad de Juliaca, el crecimiento de edificaciones de mediana altura ha generado la necesidad de implementar soluciones de accesibilidad vertical que mejoren la movilidad de las personas y garanticen seguridad y eficiencia. Sin embargo, la carencia de ascensores adecuados limita la funcionalidad de estas construcciones y afecta la calidad de vida de sus usuarios. Frente a esta problemática, la presente investigación tuvo como objetivo diseñar un ascensor electromecánico para un edificio de cinco pisos en la ciudad de Juliaca. La metodología aplicada fue de tipo aplicada con diseño no experimental y nivel descriptivo–propositivo. Se desarrolló el dimensionamiento estructural y electromecánico del sistema, con componentes principales: motor, cabina, contrapeso, guías, entre otros. Los resultados evidencian que el ascensor diseñado cuenta con una capacidad nominal de 450 kg (6 personas), velocidad de 1,0 m/s, recorrido vertical de 10,95 m y cinco paradas, cumpliendo los criterios normativos de área útil (1,25 m²), tráfico y seguridad. El análisis de tráfico determinó un intervalo de espera de 64,73 s y una capacidad de transporte de 22,25 personas en 5 minutos, dentro de los límites establecidos por la Norma EM.070. El sistema incorpora un motor gearless de 5,5 kW, cables de tracción 4 × Ø8 mm y rieles T75 y T70, garantizando un funcionamiento seguro y eficiente. Se concluye que el diseño es técnicamente viable y económicamente accesible, con un costo referencial de USD 19,710.00, constituyendo una alternativa competitiva que mejora la accesibilidad y movilidad vertical.

Palabras clave: Ascensor electromecánico, diseño, accesibilidad, edificación.



ABSTRACT

In the city of Juliaca, the growth of mid-rise buildings has generated the need to implement vertical accessibility solutions that improve mobility and ensure safety and efficiency. However, the lack of adequate elevators limits the functionality of these buildings and affects the quality of life of their users. Faced with this problem, this research aimed to design an electromechanical elevator for a five-story building in the city of Juliaca. The methodology used was applied with a non-experimental design and a descriptive-propositive approach. The structural and electromechanical sizing of the system was developed, including the main components: motor, cabin, counterweight, guides, among others. The results show that the designed elevator has a nominal capacity of 450 kg (6 people), a speed of 1.0 m/s, a vertical travel of 10.95 m, and five stops, meeting the regulatory criteria for usable area (1.25 m²), traffic, and safety. The traffic analysis determined a waiting time of 64.73 s and a transport capacity of 22.25 people in 5 minutes, within the limits established by Standard EM.070. The system incorporates a 5.5 kW gearless motor, 4 × Ø8 mm traction cables, and T75 and T70 rails, guaranteeing safe and efficient operation. It is concluded that the design is technically feasible and economically accessible, with a reference cost of USD 19,710, constituting a competitive alternative that improves accessibility and vertical mobility.

Keywords: Electromechanical elevator, design, accessibility, building.



INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano y la construcción de edificaciones de varios niveles han generado en los últimos años una necesidad creciente de implementar sistemas de transporte vertical que garanticen accesibilidad, seguridad y confort a los usuarios. A pesar de los avances tecnológicos en ascensores electromecánicos a nivel internacional, la mayoría de modelos comerciales están orientados a edificios de gran altura o con elevados presupuestos, lo que deja de lado a viviendas multifamiliares de menor escala. En el Perú, y en particular en la ciudad de Juliaca, esta situación se refleja en la ausencia de ascensores en edificaciones de hasta cuatro niveles, dificultando la movilidad de personas adultas mayores, con discapacidad o con limitaciones físicas, además de reducir la funcionalidad de estos inmuebles.

Frente a esta problemática, la presente investigación se centra en diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones residenciales de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, tomando como base los lineamientos de la Norma Técnica EM.070. Este diseño busca responder a las necesidades locales mediante una propuesta técnicamente viable, segura y económicamente competitiva, que pueda ser replicada en contextos similares.

El Capítulo I presenta los aspectos generales de la investigación, la descripción de la problemática, los objetivos planteados, la justificación del estudio, así como la hipótesis y la operacionalización de variables. El Capítulo II expone los fundamentos teóricos relacionados con los ascensores electromecánicos y la normativa aplicable, además de la definición de términos relevantes para la investigación. El Capítulo III describe la metodología aplicada, especificando el tipo, diseño y enfoque de investigación, así como el ámbito, la



población y muestra, y las técnicas e instrumentos utilizados para el desarrollo del trabajo. El Capítulo IV contiene el análisis de los resultados obtenidos y la discusión correspondiente, en relación con los objetivos planteados y con antecedentes de estudios similares. Finalmente, se incluyen las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos que complementan el desarrollo del estudio.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción del problema

El crecimiento urbano y la tendencia a construir edificaciones de varios niveles han generado una mayor demanda de sistemas de transporte vertical que garanticen accesibilidad y comodidad a los usuarios. A nivel internacional, aunque los ascensores electromecánicos se encuentran ampliamente desarrollados, los modelos comerciales suelen estar orientados a edificios de gran altura o a proyectos de alto presupuesto, lo que deja un vacío en soluciones adaptadas a construcciones residenciales de baja escala. Investigaciones recientes resaltan la importancia de diseñar ascensores compactos y eficientes, capaces de integrarse en edificaciones pequeñas sin comprometer la seguridad ni el cumplimiento de estándares técnicos (Rosario et al., 2021; Miravete, 2021).

En el Perú, este desafío es evidente en muchas viviendas y edificios multifamiliares de hasta cuatro niveles que carecen de sistemas de elevación. Aunque la Norma Técnica EM.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones establece los lineamientos para la instalación de transporte mecánico, la oferta



de diseños accesibles para este tipo de construcciones es escasa. La falta de propuestas técnicas específicas y los costos elevados de los equipos convencionales dificultan su implementación en edificaciones residenciales urbanas (Pinto, 2021; Cóndor, 2021). Esto refleja la necesidad de desarrollar proyectos que, cumpliendo con la normativa vigente, se adapten a las características de viviendas de pequeña y mediana altura.

En la ciudad de Juliaca, donde es común encontrar edificaciones residenciales de hasta cuatro pisos, la ausencia de ascensores limita la accesibilidad, especialmente para personas mayores o con movilidad reducida. Factores como la carencia de modelos de diseño orientados a este tipo de inmuebles y la falta de aplicación efectiva de la Norma EM.070 han mantenido esta situación sin resolver (Zbinden, 2025). En el caso de los ascensores, aspectos como el tráfico de usuarios, el número de unidades habitacionales y la distribución de los espacios influyen de manera directa en el dimensionamiento y la selección de componentes, por lo que es necesario un diseño que considere estas variables dentro de un contexto residencial típico.

Frente a este panorama, la presente investigación propone el diseño de un ascensor electromecánico para una edificación residencial de hasta cuatro niveles en Juliaca, tomando como referencia un modelo representativo que cumpla con los requisitos técnicos y de seguridad de la Norma EM.070. Este proyecto busca establecer una base técnica aplicable a construcciones de características similares, contribuyendo a mejorar la accesibilidad y funcionalidad de viviendas urbanas en el contexto local.



1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema principal

¿Cómo diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en la Norma Técnica EM.070 – Transporte Mecánico?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los requerimientos técnicos, normativos y funcionales que deben considerarse para el diseño de un ascensor electromecánico en edificaciones de hasta cuatro niveles?
- ¿Cómo se debe elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, incluyendo planos, cálculos y sistema de control, conforme a los requerimientos establecidos por la normativa EM.070?
- ¿Cuál es el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, considerando los materiales, equipos y componentes seleccionados?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

El diseño de un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles es relevante en el campo de la ingeniería electromecánica porque responde a la creciente necesidad de soluciones de transporte vertical en espacios residenciales urbanos. Este tipo de sistema no solo facilita la

movilidad de personas mayores o con discapacidad, sino que también mejora la funcionalidad y comodidad para todos los habitantes, especialmente en viviendas multifamiliares. La investigación contribuirá al desarrollo de tecnologías eficientes, compactas y de bajo costo, ampliando el marco teórico en transporte vertical, diseño mecánico y cumplimiento normativo según la norma EM.070.

1.3.2. Justificación práctica

Esta investigación busca ofrecer una alternativa práctica y viable para implementar ascensores electromecánicos en edificaciones urbanas de hasta cuatro niveles, como las que predominan en la ciudad de Juliaca. Su aplicación permitirá mejorar la calidad de vida de los usuarios al facilitar el desplazamiento entre niveles de forma segura, cómoda y eficiente. Además, proporcionará un modelo de diseño que puede ser replicado en otras ciudades, con costos referenciales que faciliten su evaluación e implementación por parte de profesionales y promotores inmobiliarios.

1.3.3. Justificación metodológica

Se empleará un enfoque cuantitativo y de tipo descriptivo para recopilar información técnica relevante, definir los requisitos del diseño y seleccionar componentes electromecánicos adecuados. Se desarrollará un diseño estructural y funcional del ascensor, basado en análisis documental, normativas nacionales (como la EM.070) y condiciones locales. La viabilidad técnica y económica será evaluada mediante cálculos de capacidad, eficiencia energética y costo estimado de implementación, asegurando la aplicabilidad del sistema propuesto a edificaciones residenciales en Juliaca.



1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. *Objetivo general*

Diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en los lineamientos de la Norma Técnica EM.070, 2025.

1.4.2. *Objetivos específicos*

- Identificar los requerimientos técnicos, normativos y funcionales necesarios para el diseño de un ascensor electromecánico destinado a edificaciones de hasta cuatro niveles.
- Elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, considerando la cabina, sistema de tracción, guías, sistema de control y demás componentes, conforme a la Norma EM.070.
- Estimar el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, en función de los materiales, equipos y componentes seleccionados.

1.5. Hipótesis

1.5.1. *Hipótesis general*

El diseño de un ascensor electromecánico, basado en la Norma Técnica EM.070, permitirá establecer una solución técnica adecuada para su implementación en edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La identificación de los requerimientos técnicos, normativos y funcionales permitirá orientar adecuadamente el diseño de un ascensor electromecánico conforme a las exigencias de edificaciones de hasta cuatro niveles.
- La elaboración del diseño estructural y electromecánico del ascensor, incluyendo planos, cálculos y sistema de control, permitirá cumplir con los lineamientos establecidos por la Norma Técnica EM.070.
- La estimación del costo referencial del ascensor electromecánico permitirá evaluar preliminarmente su viabilidad técnica y económica para su implementación en edificaciones de hasta cuatro niveles.

1.6. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Ítems / Instrumentos	Escala de medición
Variable Independiente: Diseño del ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles	1. Requerimientos técnicos	- Capacidad de carga (kg) - Dimensiones de cabina (m ²) - Velocidad nominal (m/s) - Número de paradas	Fichas de cálculo y planos técnicos	Cuantitativa – Razón
	2. Requerimientos estructurales y electromecánicos	- Selección de motor y sistema de tracción - Tipo de guías y rieles - Sistema de control y automatización - Sistema de seguridad implementado	Análisis de diseño y especificaciones técnicas	Cualitativa – Nominal
	3. Estimación económica	- Costo referencial de materiales y equipos - Comparación con	Presupuesto referencial	Cuantitativa – Razón



Variable	Dimensiones	Indicadores	Ítems / Instrumentos	Escala de medición
Variable Dependiente: Cumplimiento de la Norma Técnica EM.070	costos de mercado			
	1. Seguridad y accesibilidad	- Dimensiones mínimas de cabina - Ancho de puerta - Accesibilidad universal según A.120	Ficha de verificación normativa	Cualitativa – Nominal
	2. Funcionamiento técnico	- Intervalo de espera (s) - Población transportada en 5 min (%)	Cálculos normativos (hoja MVCS)	Cuantitativa – Razón
	3. Confiabilidad normativa	- Cumplimiento de tablas de área mínima y máxima - Cumplimiento de paradas y recorrido	Lista de chequeo de cumplimiento EM.070	Cualitativa – Nominal

Nota. Elaboración propia.



CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Altamirano y Guano (2023), en su tesis titulada “Diseño y simulación de un elevador vertical semicabinado de dos pisos para una persona con movilidad reducida”, plantearon como objetivo diseñar y simular un elevador para mejorar el transporte entre niveles en viviendas. La metodología fue de tipo aplicativo y nivel descriptivo. Entre los resultados, se diseñó un ascensor conforme a las normas de accesibilidad de Ecuador (NTE INEN 3139) y la ISO 8100-30, con una carga máxima de 175 kg, un área de cabina de 1.54 m², y altura de elevación de 2.40 m a 5 m/min, mediante un polipasto eléctrico de 120 V y 1000 W. El costo estimado fue de 3381 dólares. Se concluyó que el diseño fue exitoso y viable para personas con movilidad reducida.

Rosário et al. (2021), en su artículo científico titulado “Diseño de un ascensor asistido para usuarios de silla de ruedas”, tuvieron como objetivo proponer y diseñar un ascensor personal asistido, cumpliendo con las normas de accesibilidad ABNT NBR ISO 9386-1 y ABNT NBR 9050, con un costo accesible.



La metodología fue de tipo aplicativo y alcance descriptivo. Entre los resultados, se diseñó un ascensor con sistema tuerca-husillo, accionado por motor eléctrico, con altura máxima de 4 m, capacidad para un usuario en silla de ruedas y un acompañante, y se realizó un análisis estructural con elementos finitos. Se concluyó que el diseño es viable, funcional y accesible para personas de bajos ingresos.

Saavedra (2023), en su tesis titulada "Diseño de elevador residencial modular de 2 niveles para adultos mayores y personas con discapacidad de movilidad", tuvo como objetivo diseñar un elevador modular residencial de dos niveles, a un costo de materiales no mayor a Q40,000. La metodología fue de alcance descriptivo, dividiéndose en el dimensionamiento mecánico de componentes estructurales y el análisis de elementos de accesibilidad. Como resultados, se diseñó un elevador compuesto por cuatro módulos, con una carrera máxima de 3.25 m, capacidad de 250 kg y potencia requerida de 2 HP. Se concluyó que el diseño fue satisfactorio para usuarios en silla de ruedas.

Jiménez y Ayala Álvarez (2023), en Ecuador presentan su investigación titulada "Diseño de un elevador portátil con sistema de wincha y polea para una capacidad máxima de carga de 300 kg". El estudio tuvo como objetivo diseñar un elevador portátil con sistema de wincha y poleas para levantar cargas de hasta 300 kg, orientado a reducir riesgos laborales en el manejo de paneles de cámaras frigoríficas. Se empleó una metodología basada en modelado 3D y simulación estructural en Autodesk Inventor, utilizando acero al carbono y acero forjado para garantizar resistencia y estabilidad. Los resultados demostraron que el elevador logra una operación segura y estable mediante contrapesos de 47 kg y un sistema de ruedas con bloqueo. Se concluye que el uso de herramientas de



diseño asistido permitió optimizar la estructura, mejorar la ergonomía y ofrecer un equipo portátil y versátil aplicable en construcción y logística.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Pinto (2021), en su tesis titulada "Diseño de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME – UNAC", tuvo como objetivo diseñar un ascensor eléctrico con capacidad de 300 kg para facilitar el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel. La metodología fue de tipo tecnológica y nivel descriptivo simple. Entre los resultados, se aplicaron normas como la EN.81-1 y la norma técnica A120 para determinar dimensiones y requisitos estructurales, logrando un diseño que cumple con criterios de resistencia de materiales. Se concluyó que se alcanzó exitosamente el diseño de un ascensor eléctrico funcional y seguro para personas con discapacidad.

Cóndor (2021), en su tesis titulada "Análisis de fallas en componentes mecánicos del ascensor de marca Asteca instalado en la academia pre universitaria Ingeniería S.A.C", tuvo como objetivo determinar las fallas recurrentes en los componentes mecánicos del ascensor ASTECA. La metodología fue de tipo básica y nivel descriptivo. Entre los resultados, se aplicó el método AMEF, estimando la severidad, ocurrencia, detección y el número de prioridad de riesgo (NPR), obteniendo un 47.06% de riesgo aceptable, 23.53% reducible aceptable y 29.41% inaceptable. Se concluyó que el mantenimiento adecuado es esencial para evitar fallos graves y garantizar el funcionamiento seguro del ascensor.

Zbinden (2025), en su tesis titulada "Diseño de un sistema elevador



automatizado para el traslado de personas con discapacidad motriz implementado a vehículos”, tuvo como objetivo diseñar y simular un sistema elevador automatizado para facilitar la entrada de personas con discapacidad motriz a un vehículo, utilizando software de ingeniería. La metodología fue de tipo descriptivo y aplicativo. Entre los resultados, se aplicó una encuesta diagnóstica en Chiclayo para definir el diseño conceptual, luego se desarrolló el sistema electromecánico con estudios estructurales y de automatización, además de una estimación de costos. Se concluyó que se logró diseñar un sistema elevador automatizado viable para su implementación en vehículos.

Soriano (2025), en Lima, presenta su tesis titulada “Diseño de un elevador vertical para facilitar el acceso al segundo piso en viviendas familiares”. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. El objetivo del estudio fue diseñar un elevador vertical tipo tijera destinado a mejorar la accesibilidad entre niveles en una vivienda familiar, reemplazando una escalera de caracol en un espacio reducido. La metodología empleada se basó en el diseño estructural y el cálculo de los componentes del sistema, considerando los parámetros de carga, factores de seguridad y las limitaciones físicas del entorno. Se realizaron análisis de tensiones y deflexiones para garantizar la estabilidad del conjunto, además de la selección de elementos hidráulicos y eléctricos que conforman el sistema de accionamiento. Los resultados muestran que el elevador diseñado, de dimensiones 1.10 m × 1.00 m y capacidad de 120 kg, opera mediante un sistema hidráulico-eléctrico accionado por un motor de 1.5 HP, alcanzando una velocidad de 0.15 m/s con un factor de seguridad de 2.5. La evaluación económica arrojó un costo aproximado de S/. 29 000, incluyendo diseño, fabricación y ensamblaje. En conclusión, el estudio demuestra la viabilidad técnica y económica del

elevador como una solución eficiente y accesible para viviendas de espacio limitado, aportando una alternativa funcional al diseño de ascensores domésticos en el contexto peruano.

Garrido y Luna (2024), en Lima presentaron su tesis titulada: "Diseño de un prototipo de simulación que facilite la elección de ascensores en proyectos residenciales tomando en consideración el consumo energético". El estudio tuvo como objetivo desarrollar un prototipo de simulación que permita seleccionar de manera óptima ascensores en proyectos residenciales, considerando parámetros técnicos y de eficiencia energética. La metodología se basó en la recopilación de datos normativos y el modelado de variables como capacidad de carga, velocidad, número de ascensores y potencia del motor de tracción. Los resultados evidenciaron que la herramienta propuesta optimiza la elección de equipos, reduciendo el consumo energético y mejorando la funcionalidad del transporte vertical. Se concluye que el prototipo contribuye a una mejor planificación en edificaciones residenciales, promoviendo la aplicación de la normativa vigente y el uso eficiente de la energía eléctrica en ascensores.

2.1.3. Antecedentes locales

No se encontraron antecedentes recientes a nivel local/regional.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ascensor Electromecánico

2.1.1.1. Definición

Un ascensor electromecánico es un sistema de transporte vertical que utiliza un modelo basado en masas conectadas elásticamente y es impulsado

por un motor eléctrico, permitiendo el movimiento controlado de la cabina entre diferentes niveles de un edificio (Kolotilo et al., 2023).

Los ascensores electromecánicos emplean motores eléctricos, generalmente asíncronos o de imanes permanentes, junto con sistemas de control y tracción para desplazar personas o cargas de manera eficiente y segura (Boiko et al., 2024).

Se consideran mecanismos de alto riesgo, por lo que su diseño y operación requieren equipos electromecánicos altamente confiables y tecnologías modernas para garantizar la seguridad y la fiabilidad en edificaciones de varios pisos (Shevchuk y Zaichenko, 2019).

En síntesis, los ascensores electromecánicos son sistemas de transporte vertical que combinan motores eléctricos, mecanismos de tracción y sistemas de control para desplazar personas y cargas entre diferentes niveles de un edificio, priorizando la seguridad, eficiencia y fiabilidad en su funcionamiento.

2.1.1.2. Orígenes y primeros desarrollos

El concepto de ascensor se remonta a la antigüedad, cuando Arquímedes propuso en el año 236 a.C. un sistema de plataforma elevada mediante cuerdas y fuerza humana o animal. Sin embargo, estos primeros dispositivos carecían de mecanismos de seguridad y su uso era limitado principalmente a la carga de materiales (So, 2019).

El avance fundamental llegó en 1852, cuando Elisha Graves Otis inventó el primer sistema de seguridad para ascensores, permitiendo que la cabina se bloqueara en caso de rotura de las cuerdas. Esta innovación fue clave para la

aceptación y proliferación de los ascensores en edificios de varios pisos, marcando el inicio de la era moderna de los ascensores (So, 2019).

2.1.1.3. Evolución hacia Sistemas Electromecánicos

Con la llegada de la electricidad a finales del siglo XIX, los ascensores comenzaron a incorporar motores eléctricos, reemplazando los sistemas hidráulicos y de vapor. Los primeros motores eléctricos utilizados eran de corriente continua (DC), pero con el tiempo se adoptaron motores de corriente alterna (AC) por su mayor eficiencia y facilidad de control (Rao y Mircevski, 2021; So, 2019).

Durante el siglo XX, la tecnología de los ascensores electromecánicos evolucionó rápidamente. Se introdujeron motores asíncronos y sistemas de control más sofisticados, permitiendo un funcionamiento más seguro, eficiente y confortable. El desarrollo de motores sin engranajes (gearless) y la integración de sistemas de control electrónico marcaron hitos importantes en la reducción de vibraciones, ruidos y consumo energético (Boiko et al., 2024; Nazarova et al., 2022; Rao y Mircevski, 2021).

2.1.1.4. Innovaciones Recientes

En las últimas décadas, la investigación se ha enfocado en mejorar la eficiencia energética y la precisión del control de los ascensores electromecánicos. La introducción de motores de imanes permanentes, sistemas de control vectorial y el uso de electrónica de potencia avanzada (como IGBT y MOSFET) han permitido un control más preciso de la velocidad y el posicionamiento de la cabina, así como una mayor fiabilidad y vida útil del sistema (Boiko et al., 2024; Nazarova et al., 2022; Rao y Mircevski, 2021).

La simulación computacional y el modelado matemático han facilitado el diseño y diagnóstico de sistemas complejos, permitiendo prever fallas y optimizar el mantenimiento (Kolotilo et al., 2023; Nazarova et al., 2022). Además, la tendencia actual apunta hacia la integración de tecnologías inteligentes y la automatización para mejorar la seguridad y la experiencia del usuario (Boiko et al., 2024; Rao y Mircevski, 2021).

2.1.1.5. Tipos

Los tipos de ascensor electromecánico se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2

Tipos de ascensor electromecánico

Tipo de ascensor electromecánico	Características principales
Ascensor con motor asíncrono y engranajes	Utiliza motores eléctricos asíncronos y cajas de engranajes para la tracción de la cabina (Boiko et al., 2024).
Ascensor gearless (sin engranajes)	Emplea motores de imanes permanentes o biinductores, eliminando la caja de engranajes, lo que mejora la eficiencia y reduce el mantenimiento (Boiko et al., 2024).
Ascensor electrohidráulico	Combina sistemas hidráulicos y eléctricos, adecuado para edificios de baja altura y permite un control preciso mediante servomecanismos (Mohammed et al., 2020; Stawiński et al., 2025).

Nota. Elaborado por el tesista

2.1.1.6. Componentes Principales

Los ascensores electromecánicos están compuestos por varios elementos fundamentales:

- **Motor eléctrico:** Generalmente asíncrono o de imanes permanentes, es el encargado de generar el movimiento de la cabina (Martynov et al., 2021; Vlachou et al., 2024).

- Cabina: Espacio donde se transportan los usuarios o la carga.
- Contrapeso: Equilibra el peso de la cabina para reducir el esfuerzo del motor.
- Sistema de tracción: Incluye cables, poleas y, en algunos casos, sistemas gearless (sin engranajes) para mejorar la eficiencia y reducir el mantenimiento (Boiko et al., 2024; Soyaslan et al., 2023).
- Panel de control: Gestiona las órdenes de movimiento, paradas y seguridad, integrando tecnologías como microcontroladores, tarjetas de control o PLCs (Browne et al., 2015; Farhan et al., 2024).
- Sistemas de seguridad: Incorporan frenos, sensores de puertas, limitadores de velocidad y dispositivos de emergencia.

2.1.1.7. Dimensiones del diseño del ascensor electromecánico

Comprende el conjunto de criterios técnicos, estructurales y económicos considerados en la concepción y desarrollo del ascensor, de acuerdo con la Norma Técnica EM.070 "Transporte Mecánico" y la norma A.120 "Accesibilidad universal en edificaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones. Sus dimensiones son las siguientes:

2.1.1.7.1. Requerimientos técnicos

Corresponden a los parámetros fundamentales que determinan la capacidad operativa del ascensor, garantizando que su funcionamiento sea adecuado al tipo y tamaño de la edificación. Según Altamirano y Guano (2023) incluye aspectos como:

- **Capacidad de carga (kg):** peso máximo total que puede transportar la

cabina, incluyendo pasajeros y estructura, definido según las tablas de la Norma EM.070.

- **Dimensiones de cabina (m^2):** superficie útil interior necesaria para alojar la carga nominal, cumpliendo con los mínimos exigidos por la norma A.120 para accesibilidad.
- **Velocidad nominal (m/s):** velocidad de desplazamiento vertical del ascensor bajo carga nominal, determinada según la altura total de recorrido.
- **Número de paradas:** cantidad de niveles servidos por la instalación, que influye directamente en el diseño del sistema de control y en el cálculo de tráfico vertical.

2.1.1.7.2. Requerimientos estructurales y electromecánicos

Incluyen los elementos constructivos y de tracción que aseguran la integridad física, seguridad y eficiencia del sistema, según Caisaguano y Mendoza (2024) estos requerimiento abordan los siguientes aspectos.

- **Selección de motor y sistema de tracción:** elección del equipo electromecánico (MRL o con cuarto de máquinas) y del tipo de tracción (2:1, directa, gearless o con engranajes), de acuerdo con la carga y velocidad nominal.
- **Tipo de guías y rieles:** dimensionamiento de los perfiles de acero laminado tipo "T" para cabina y contrapeso, considerando las cargas laterales admisibles y la separación entre ménsulas.
- **Sistema de control y automatización:** integración de circuitos,

sensores y controladores (tarjeta de control o VVVF) que regulan el movimiento, la nivelación y la seguridad del ascensor.

- **Sistema de seguridad implementado:** dispositivos obligatorios por normativa, como paracaídas, gobernador de velocidad, amortiguadores, frenos de emergencia y sistemas de detección de sobrevelocidad.

2.1.1.7.3. Estimación económica

Evalúa la viabilidad técnica y económica del diseño propuesto mediante la cuantificación de los costos principales.

- **Costo referencial de materiales y equipos:** valor aproximado de los componentes principales (motor, cabina, guías, sistema de control, etc.) según proveedores disponibles.
- **Comparación con costos de mercado:** análisis comparativo respecto a ascensores comerciales equivalentes, determinando la competitividad económica del diseño.

2.1.1.8. Ecuaciones aplicadas en el diseño del ascensor electromecánico

2.1.1.8.1. Cálculo de área útil de la cabina

La determinación del área útil de la cabina se obtiene mediante la expresión:

$$A = b \times a$$

donde “b” es el ancho y “a” el fondo de la cabina.

Esta relación básica proviene de la definición geométrica del área rectangular, la cual se emplea para verificar el cumplimiento de las dimensiones mínimas establecidas por la Norma Técnica A.120 – Accesibilidad Universal en Edificaciones y la Norma EM.070 – Transporte Mecánico, que establecen rangos mínimos y máximos de superficie útil en función de la capacidad de carga (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

2.1.1.8.2. Peso y fuerzas gravitatorias

El peso de cada componente del sistema se determina por la ecuación fundamental de la mecánica newtoniana:

$$W = m \cdot g$$

donde **m** es la masa (kg) y **g** la aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Esta ecuación deriva de la Segunda Ley de Newton, que define la relación entre la masa y la fuerza ejercida por la gravedad sobre un cuerpo (Beer y Johnston, 2017). En el diseño del ascensor, esta fórmula se aplica para calcular el peso de la cabina, los pasajeros, el bastidor y el contrapeso.

2.1.1.8.3. Equilibrio del sistema y contrapeso

El principio de equilibrio dinámico entre la cabina y el contrapeso se expresa como:

$$m_{cw} = m_{car} + 0.5 m_{load}$$

Esta relación empírica proviene de la práctica de diseño de ascensores (normas **EN 81-20/50**), donde se busca que el contrapeso compense la masa de la cabina

más la mitad de la carga nominal. Esto minimiza el consumo energético y reduce el par requerido en el motor (Strakosch y Caporale, 2010).

2.1.1.8.4. Fuerzas de tracción y dinámica del movimiento

Durante el arranque y frenado del ascensor, la fuerza de tracción necesaria se calcula como:

$$F_{tracción} = \Delta W + F_a$$

donde ΔW es el desequilibrio de pesos (cabina – contrapeso) y $F_a = m \cdot a$ es la fuerza inercial por aceleración.

Este modelo se basa en la **segunda ley de Newton para sistemas de masas suspendidas**, aplicando un análisis dinámico unidimensional. La masa neta acelerada se obtiene restando la masa compensada por el contrapeso de la masa total suspendida (Chapman, 2015).

2.1.1.8.5. Tensión en cables y factor de seguridad

La tensión en los cables del sistema de tracción se calcula como:

$$T_{rama} = \frac{F_{tracción}}{2}$$

para un arreglo de **reeving 2:1**, donde la polea duplica la ventaja mecánica.

La resistencia mínima a la rotura de cada cable se determina con:

$$MBL_{min} = FS \cdot T_{cable}$$

donde **FS** es el factor de seguridad, que según normas internacionales **EN 81-**

20 y ISO 4344, para ascensores de pasajeros se recomienda entre 10 y 12.

Estos principios derivan de la **teoría de cables tensados** y de la resistencia de materiales (Budynas y Nisbett, 2020).

2.1.1.8.6. Flexión en vigas del bastidor

El dimensionamiento de las vigas portantes del bastidor y el piso se realiza aplicando la ecuación general del momento flector máximo para una viga simplemente apoyada bajo carga distribuida uniforme:

$$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$$

donde **w** es la carga lineal (N/m) y **L** la luz entre apoyos (m).

El módulo de sección requerido se obtiene de:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}}$$

donde σ_{adm} es la tensión admisible del material.

Ambas expresiones derivan de la **teoría clásica de flexión de Euler-Bernoulli**, que asume que las secciones planas permanecen planas después de la deformación (Hibbeler, 2017).

El criterio de flecha máxima admisible se determina mediante:

$$\delta_{max} = \frac{5qL^4}{384EI}$$

empleado para verificar la rigidez y confort estructural, donde **E** es el módulo de elasticidad e **I** el momento de inercia de la sección.

2.1.1.8.7. Selección de rieles y verificación de rigidez

El comportamiento del riel guía se analiza como una **viga simplemente apoyada con carga puntual en el centro**, aplicando:

$$M = \frac{PL}{4} \text{ y } \delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

donde **P** es la carga lateral transmitida por la zapata, **L** la distancia entre ménsulas, **E** el módulo de elasticidad e **I** el momento de inercia del riel.

Estas expresiones son deducidas del modelo elástico lineal (Roark y Young, 2002), y se emplean para verificar que las tensiones y deflexiones no superen los límites recomendados (L/750).

2.1.1.8.8. Cálculo de potencia y par del motor

El cálculo de la potencia mecánica necesaria para el movimiento del ascensor se obtiene de:

$$P = F_{tracción} \cdot v$$

donde **v** es la velocidad nominal del ascensor.

El par en la polea de tracción se define como:

$$\tau = \frac{P}{\omega}$$

Con **ω** es la velocidad angular del motor.

Estas ecuaciones derivan directamente de la **relación entre trabajo, potencia y movimiento rotacional** (Chapman, 2015).

Se incorpora un **factor de servicio (FS)** para garantizar márgenes frente

a picos de arranque y pérdidas por fricción, tal como recomiendan fabricantes de motores gearless.

2.1.1.8.9. Cálculo eléctrico y corriente de diseño

La corriente trifásica absorbida por el sistema se calcula con:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot PF}$$

donde **P** es la potencia demandada (W), **V** la tensión de línea (V) y **PF** el factor de potencia.

Esta relación proviene de la **teoría de potencia en sistemas eléctricos trifásicos**, según la **IEC 60038** y manuales de diseño eléctrico.

Los criterios de selección de protecciones, conductores y variadores VVVF se basan en la **NTP IEC 60364** y la **NTP EM.070**, que establecen requerimientos de seguridad eléctrica para equipos de transporte vertical.

2.1.1.8. Control y automatización

El control de los ascensores electromecánicos ha evolucionado hacia sistemas automatizados que emplean microcontroladores, tarjetas de control o PLCs y software especializado para gestionar el movimiento, la parada precisa en cada piso y la seguridad. El uso de técnicas de control como el VVVF (Variable Voltage Variable Frequency) permite ajustar la velocidad y el par del motor, mejorando la eficiencia energética y la seguridad de los pasajeros (Browne et al., 2015; Farhan et al., 2024; Vlachou et al., 2024).

2.1.1.9. Eficiencia Energética y Sostenibilidad

El consumo energético de los ascensores representa una parte significativa del gasto total de los edificios. Por ello, se han desarrollado sistemas de regeneración de energía y motores de alta eficiencia que permiten reducir el consumo y aprovechar la energía generada durante el descenso de la cabina o el frenado (Boiko et al., 2024). La transición hacia sistemas gearless y el uso de materiales y componentes de bajo consumo contribuyen a la sostenibilidad del edificio.

2.1.1.10. Fiabilidad, Seguridad y Mantenimiento

La fiabilidad y la seguridad son aspectos críticos en los ascensores electromecánicos, considerados mecanismos de alto riesgo. La implementación de sistemas de diagnóstico técnico, mantenimiento preventivo y componentes de alta calidad es esencial para evitar fallas y garantizar un funcionamiento seguro y continuo (Shevchuk y Zaichenko, 2019). Además, la reducción de la cantidad de componentes mediante circuitos cinemáticos innovadores puede aumentar la confiabilidad y facilitar el mantenimiento (Shevchuk y Zaichenko, 2019).

2.1.1.11. Aplicaciones y Adaptabilidad

Los ascensores electromecánicos se adaptan a diferentes tipos de edificaciones, desde viviendas de pocos niveles hasta edificios comerciales y residenciales de gran altura. Su diseño modular y la posibilidad de personalización permiten su integración en proyectos nuevos o en la modernización de edificios existentes (Farhan et al., 2024; Soyaslan et al., 2023).

2.2.2. Norma técnica EM.070

2.1.2.1. Definición

La Norma Técnica EM.070 “Transporte Mecánico”, forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú y constituye el marco técnico de obligatorio cumplimiento para el diseño, instalación y mantenimiento de equipos de transporte vertical en edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

2.1.2.2. Objeto y finalidad

Según el artículo 1, la norma tiene por objeto establecer los lineamientos técnicos mínimos necesarios para las especificaciones, diseño e instalación de ascensores, montacargas, escaleras mecánicas y dispositivos similares en edificaciones.

El artículo 2 define su finalidad como garantizar la seguridad de las personas, así como la eficiencia funcional de los sistemas de transporte mecánico implementados en los edificios.

2.1.2.3. Ámbito de aplicación

En el artículo 3 se establece que la norma es de carácter obligatorio para cualquier tipo de edificación —nueva, remodelada o con cambio de uso— que requiera la instalación de equipos de transporte mecánico, sin importar su antigüedad o tipología.

Asimismo, se señala que los proyectistas deben considerar las condiciones operativas del contexto local al aplicar los requisitos de diseño y seguridad, adaptando las soluciones al entorno específico del edificio.

2.1.2.4. Dimensiones del cumplimiento de la Norma Técnica EM.070

Esta variable evalúa en qué medida el diseño propuesto satisface las condiciones de seguridad, funcionamiento y confiabilidad establecidas en la normativa vigente EM.070 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

2.1.2.4.1. Seguridad y accesibilidad

Hace referencia al cumplimiento de las dimensiones mínimas y condiciones de accesibilidad universal.

- **Dimensiones mínimas de cabina:** verificación de que la cabina cumpla con los valores mínimos (1,00 m × 1,25 m) establecidos en la Norma A.120 que hace referencia la Norma EM.070.
- **Ancho de puerta:** debe cumplir con los valores mínimos normados (0,80 m para ascensores ≤ 600 kg).
- **Accesibilidad universal:** cumplimiento de los criterios normativos que garantizan el acceso de personas con discapacidad o movilidad reducida.

2.1.2.4.2. Funcionamiento técnico

Evalúa el desempeño del ascensor bajo condiciones de servicio normal.

- **Intervalo de espera (s):** tiempo promedio que un usuario debe esperar para disponer del ascensor.
- **Población transportada en 5 min (%):** proporción de la población total que puede ser transportada en un periodo de 5 min, según la hoja de cálculo oficial del Ministerio de Vivienda.

2.1.2.4.3. Confiabilidad normativa

Verifica la correspondencia total del diseño con las especificaciones técnicas de la norma.

- **Cumplimiento de tablas de área mínima y máxima:** contraste entre el área útil real de cabina y los valores establecidos en las tablas 1 y 2 del artículo 5.9 de la Norma EM.070.

2.2.3. Aplicación en el contexto de la investigación

La Norma EM.070 es esencial para esta investigación. En especial, el Anexo 4 del capítulo técnico, que describe el procedimiento de estudio de tráfico vertical para edificaciones residenciales multifamiliares, será clave para dimensionar correctamente el ascensor que se diseña sin introducir variabilidad excesiva ni asumir un modelo genérico.

2.3. Definición de términos

Ascensor electromecánico: Sistema de transporte vertical impulsado por un motor eléctrico que, mediante mecanismos de tracción y control, permite el desplazamiento seguro de personas o cargas entre distintos niveles de un edificio (Kolotilo et al., 2023; Boiko et al., 2024).

Edificación: Construcción destinada a uso habitacional, ya sea unifamiliar o multifamiliar, diseñada para asegurar habitabilidad, seguridad y confort de los ocupantes (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Motor eléctrico: Dispositivo que convierte energía eléctrica en energía mecánica para generar el movimiento de la cabina en un ascensor

electromecánico. Los más comunes son los motores asíncronos y los de imanes permanentes (Martynov et al., 2021; Vlachou et al., 2024).

Sistema de tracción: Conjunto de cables, poleas y elementos mecánicos que transmiten el movimiento generado por el motor a la cabina del ascensor, permitiendo su desplazamiento vertical. En sistemas modernos puede ser gearless (sin engranajes) para mayor eficiencia (Boiko et al., 2024; Soyaslan et al., 2023).

Cabina: Compartimento donde se transportan los usuarios o cargas dentro de un ascensor, diseñado para garantizar seguridad y comodidad durante el desplazamiento (Boiko et al., 2024).

Norma Técnica EM.070: Documento normativo del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú que establece los requisitos técnicos para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de transporte mecánico, como ascensores y montacargas, garantizando seguridad y funcionamiento eficiente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019).

Control y automatización: Sistema encargado de gestionar las órdenes de movimiento y seguridad en el ascensor, usando tecnologías como PLCs o tarjetas de control y control VVVF para regular la velocidad y el par del motor (Browne et al., 2015; Farhan et al., 2024).

Seguridad en ascensores: Conjunto de dispositivos, sensores y protocolos diseñados para prevenir accidentes y garantizar la protección de los usuarios y la operación confiable del sistema (Shevchuk & Zaichenko, 2019).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Métodos de investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se empleó el método científico, el cual permitió organizar de manera lógica y secuencial el proceso de diseño del ascensor electromecánico. Este enfoque hizo posible partir de la revisión normativa y técnica, identificar los requerimientos, establecer modelos de cálculo, dimensionar los componentes y finalmente estimar el costo referencial del sistema. Dicho método asegura coherencia y validez en cada una de las etapas, desde la identificación del problema hasta la obtención de los resultados (Cegarra, 2004).

3.1.1. *Tipo de investigación*

El estudio es descriptivo con carácter aplicativo, dado que los resultados no se limitan a la generación de conocimiento teórico, sino que buscan dar solución a un problema concreto: el diseño de un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en Juliaca. Como señala Carrasco (2008), la investigación aplicada orienta el conocimiento hacia la implementación práctica, lo cual coincide con la finalidad de esta tesis.

3.1.2. Enfoque de investigación

El enfoque seguido es cuantitativo, puesto que se trabajó con variables medibles relacionadas al diseño del ascensor, tales como dimensiones, cargas, esfuerzos, potencias, tensiones eléctricas y costos. Estos parámetros fueron expresados numéricamente y analizados para sustentar la viabilidad del proyecto.

3.1.3. Diseño de la investigación

El diseño adoptado es no experimental, ya que no se manipularon las variables de manera directa, sino que se realizó un análisis basado en observación documental, recopilación de información técnica y aplicación de cálculos normativos (Hernández y Mendoza, 2018)

De este modo, la investigación se limitó a describir y analizar los elementos que intervienen en el diseño del ascensor, sin intervenir físicamente en un prototipo.

3.1.4. Nivel de la investigación

La investigación es de nivel descriptivo, puesto que se orienta a caracterizar las propiedades, requerimientos y condiciones técnicas del sistema de transporte vertical. Este nivel permite explicar detalladamente las funciones de cada componente, la configuración del conjunto y la estimación de costos, sin llegar a la comprobación experimental.

3.2. Ámbito de investigación

La investigación se desarrolló en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, región Puno, Perú. Esta localidad se caracteriza por su crecimiento

urbano y la necesidad creciente de edificaciones multifamiliares de hasta cuatro niveles, que requieren soluciones accesibles de transporte vertical.

Tabla 3*Ubicación del lugar de proyecto*

Descripción	Denominación
Departamento	Puno
Provincia	San Román
Distrito	Juliaca
Vivienda Típica a nivel de proyecto	-15.4997, -70.1333

Nota. Elaboración propia

3.3. Población y muestra

Población: Está constituida por los ascensores electromecánicos diseñados para edificaciones residenciales de hasta cuatro niveles que cumplen con la Norma Técnica EM.070.

Muestra: La muestra corresponde específicamente al ascensor electromecánico diseñado en este estudio, de capacidad 6 pasajeros (450 kg), con velocidad nominal de 1,0 m/s, conforme a los lineamientos técnicos y normativos establecidos.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

Según Ñaupas et al. (2019), las técnicas de investigación son procedimientos que facilitan la recopilación y análisis de la información. En este estudio se emplearon:

- Observación documental: utilizada para recopilar y examinar normas técnicas (EM.070), catálogos de fabricantes y manuales de diseño de ascensores.

Los instrumentos utilizados fueron:

- Fichas de revisión documental, empleadas para organizar y registrar los datos normativos y técnicos.
- Tablas de cálculo, que permitieron dimensionar y verificar cargas, potencias y esfuerzos.
- Guías de observación técnica, aplicadas en la revisión de antecedentes y referencias de mercado.

3.5. Recogida de datos

La recopilación de datos incluyó:

- **Datos normativos y técnicos**, obtenidos de la Norma Técnica EM.070, el Reglamento Nacional de Edificaciones y manuales de fabricantes de equipos.
- **Datos cuantitativos**, correspondientes a pesos, dimensiones, resistencias de materiales, potencia de motores y costos unitarios, los cuales se procesaron en hojas de cálculo.

El análisis se realizó mediante métodos descriptivos y comparativos, lo que permitió dimensionar cada componente y establecer un presupuesto competitivo.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación, organizados de acuerdo con los objetivos específicos planteados en la tesis. De esta manera, cada sección muestra de manera ordenada el proceso seguido para identificar los requerimientos técnicos y normativos, elaborar el diseño estructural y electromecánico, y finalmente estimar el costo referencial del ascensor electromecánico propuesto.

El cumplimiento progresivo de estos objetivos específicos garantiza, en conjunto, el logro del objetivo general de la investigación: diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en los lineamientos de la Norma Técnica EM.070.

Asimismo, los resultados presentados permiten no solo validar la viabilidad técnica y económica de la propuesta, sino también contrastar dichos hallazgos con investigaciones y antecedentes recientes vinculados al diseño e implementación de ascensores residenciales. Esta discusión comparativa se desarrolla en la última parte del capítulo, con el propósito de situar los resultados

en un contexto más amplio y resaltar el aporte de la presente tesis frente a experiencias previas.

4.2. Análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Conforme al objetivo específico 1

En la presente sección se desarrollará el objetivo específico 1: Identificar los requerimientos técnicos, normativos y funcionales necesarios para el diseño de un ascensor electromecánico destinado a edificaciones de hasta cuatro niveles.

4.2.1.1 Identificación de requerimientos técnicos, normativos y funcionales

4.2.1.1.1 Revisión del plano y aforo

El plano arquitectónico se adjunta en el Apéndice 2, y el cálculo de aforo de la población en el Apéndice 4.

Del análisis arquitectónico de la vivienda multifamiliar de cuatro niveles más semisótano (cinco paradas), se determinó una población total de 26 personas, aplicando el procedimiento de aforo establecido por la NTP EM.070 y A.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), para edificaciones residenciales multifamiliares.

4.2.1.1.2 Predimensionamiento de la cabina

La norma EM.070 señala que, para definir este aspecto, se debe tomar como referencia las dimensiones mínimas exigidas por la Norma A.120 – Accesibilidad Universal en Edificaciones, que para uso residencial establece un ancho mínimo de **1,00 m** y un fondo mínimo de **1,25 m** para la cabina, con un

ancho de puerta de **0,80 m** para ascensores de hasta 600 kg.

El área útil resultante es:

$$A = 1,00m \times 1,25m = 1,25m^2$$

4.2.1.1.3 Verificación con la Norma EM.070 – Transporte Mecánico

Comparando el área obtenida con las tablas normativas:

- **Tabla 2 (EM.070)** → para **6 pasajeros** se exige un área útil mínima de **1,17 m²**.

$$1,25m^2 \geq 1,17m^2 \Rightarrow \text{Cumple}$$

- **Tabla 1 (EM.070)** → para **450 kg** el área útil máxima es **1,30 m²**.

$$1,25m^2 \leq 1,30m^2 \Rightarrow \text{Cumple}$$

Por lo tanto, una cabina de **1,00 × 1,25 m** con capacidad de **450 kg (6 personas)** es conforme a la **Norma EM.070** y **Norma A.120**.

4.2.1.1.4 Cálculo de tráfico y cumplimiento normativo

Se utilizó la hoja de cálculo Excel oficial del **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento** (APÉNDICE 3), ingresando los datos reales del proyecto:

- Población total: 26 personas (la norma técnica E.070 señala que para el cálculo de la densidad habitacional se debe tomar como guía la norma técnica A.020 – Art. 5, el cálculo se detalla en el APÉNDICE 4)
- Recorrido vertical: 10,95 m (según plano)
- Paradas: 5
- Capacidad nominal: 6 pasajeros (450 kg)

- Velocidad nominal: 1,0 m/s

Resultados de la hoja de cálculo:

- Intervalo de espera calculado: **64,73 s** (máximo permitido: 90 s) →

Cumple la NTP EM.070.

- Población a transportar en 5 min: **22,25 personas** (mayor que el mínimo exigido: 1,56 personas) → **Cumple la NTP EM.070.**

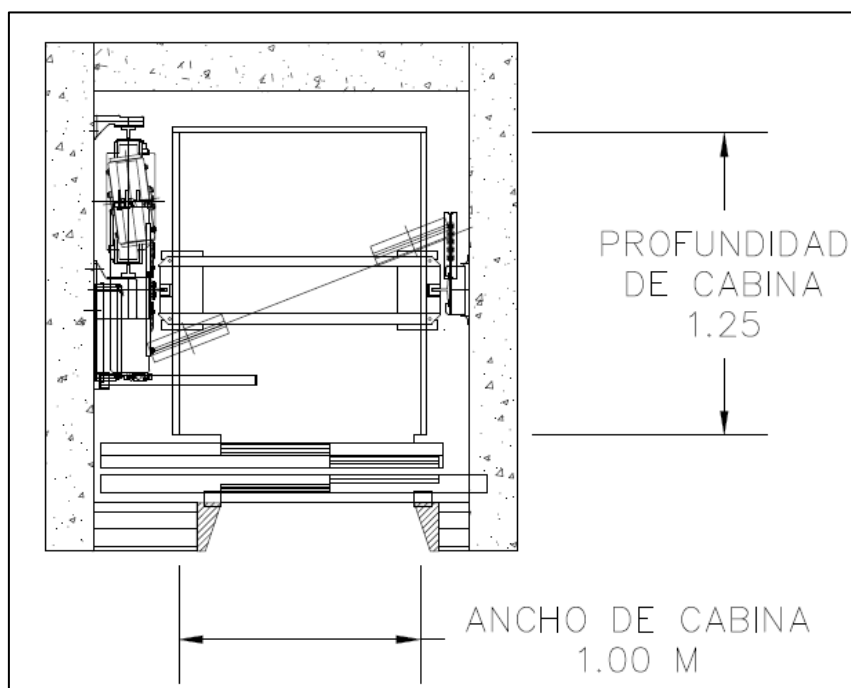
4.2.1.1.5 Requerimientos identificados

A) Técnicos

- Capacidad nominal: **450 kg / 6 pasajeros**
- Dimensiones interiores: **1,00 × 1,25 m**
- Área útil: **1,25 m²**
- Recorrido vertical: **10,95 m**
- Velocidad nominal: **1,0 m/s**
- Paradas: **5 (4 niveles/pisos + 1 semisótano/estacionamiento)**
- Puerta automática con ancho mínimo **0,80 m**
- Sistema electromecánico con motor de tracción eléctrica, sin cuarto de máquinas.

A continuación, se muestra una vista boceto en planta del ascensor que se diseñara.

Figura 1
Dimensiones de Cabina



Nota. Elaborado por el tesista.

B) Normativos

- Cumplimiento de **Norma A.120** en dimensiones mínimas y accesibilidad.
- Cumplimiento de **Norma EM.070** en:
 - Área mínima por pasajeros (Tabla 2)
 - Área máxima por carga nominal (Tabla 1)
 - Intervalo de espera ≤ 90 s
 - Porcentaje de población transportada en 5 min $\geq 6\%$
- Diseño conforme al Reglamento Nacional de Edificaciones para uso residencial multifamiliar.

C) Funcionales

- Atender a la población total estimada (26 personas).
- Servir todos los niveles del edificio (4 niveles y un semisótano).
- Garantizar tiempos de espera inferiores a los máximos establecidos.
- Facilitar el transporte vertical seguro y accesible para todos los usuarios.
- Mantener un equilibrio entre capacidad, eficiencia energética y espacio disponible en el edificio.

4.2.2. Conforme al objetivo específico 2

En esta sección se desarrollará el objetivo específico 2: Elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, considerando la cabina, sistema de tracción, guías, sistema de control y demás componentes, conforme a la Norma EM.070.

El presente apartado desarrolla el diseño del ascensor electromecánico propuesto para una edificación residencial de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, considerando la Norma Técnica EM.070 "Transporte Mecánico" y la Norma A.120 "Accesibilidad Universal en Edificaciones" del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). El diseño abarca tanto la parte estructural (componentes mecánicos) como la parte electromecánica (sistema de tracción, guías, cables y otros elementos).

4.2.2.1. Diseño estructural

4.2.2.1.1. Parámetros de partida

- Tipo de edificio: residencial multifamiliar (hasta 4 niveles sobre el nivel

de acceso, más semisótano para estacionamiento).

- Paradas del ascensor: **5** (incluyendo semisótano y último nivel habitable).
- Población estimada: **26 personas** (aforo según plano arquitectónico y normativa).
- Cabina: una sola puerta frontal, de apertura lateral con dos hojas telescópicas.
- Dimensiones mínimas interiores de cabina según **A.120**: **1,00 m × 1,25 m** (área 1,25 m²).
- Carga nominal: **450 kg (6 pasajeros)** según tablas 1 y 2 de EM.070.
- Cuarto de máquinas: No
- Contrapeso: disposición lateral.

4.2.2.1.2. Hipótesis de diseño

- Cabina interior neta:

$$b = 1.00 \text{ m} \times a = 1.25 \text{ m} \rightarrow A_{cab} = 1.25 \text{ m}^2$$

- Carga útil (personas):

$$m_{load} = 450 \text{ kg} \rightarrow W_{load} = m_{load}g$$

- Masa estimada (car mass, cabina vacía con acabados iniciales):

$$m_{car} = 410 \text{ kg} \quad (\text{APÉNDICE 5})$$

- Bastidor / sling (masa en vacío del armazón de la cabina):

$$m_{sling} = 100 \text{ kg} \quad (\text{supuesto})$$

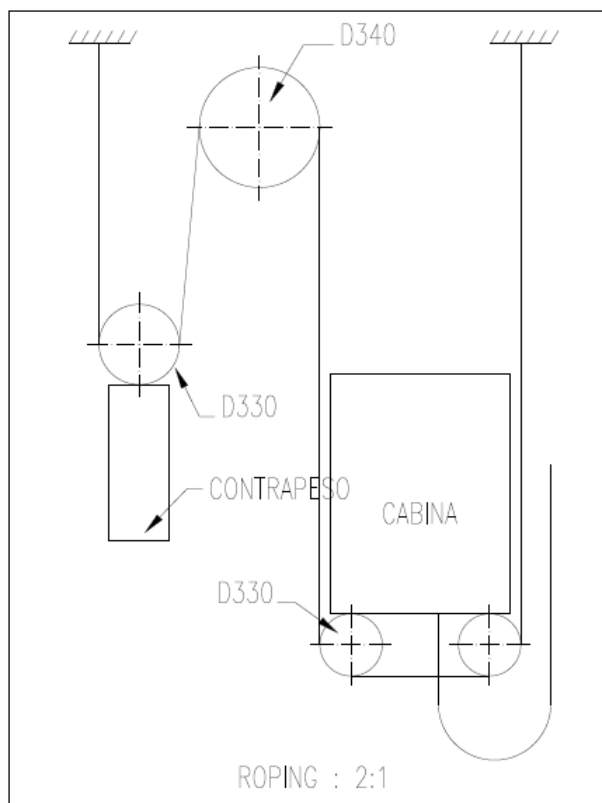
- Contrapeso adoptado (criterio de equilibrio):

$$m_{cw} = m_{car} + 0.5 * m_{load}$$

- Gravedad: $g=9.81 \text{ m/s}^2$
- Arreglo de tracción: **2:1**.
- Velocidad nominal: $v=1.0 \text{ m/s}$
- Aceleración de diseño para arranque/frenado: $a=0.5 \text{ m/s}^2$
- Acero estructural para bastidor y perfiles: **S275** ($f_y \approx 275 \text{ MPa}$).
- Factor de seguridad (resistencia última / diseño): tomaremos FS estructural 1.5 (permite calcular tensión admisible $\sigma_{adm} = \frac{f_y}{FS}$).

A continuación, se muestra la configuración roping 2:1 del ascensor diseñado.

Figura 2
Configuración de tiro o roping



Nota. Elaborado por el tesista.

4.2.2.1.3. Cálculo de pesos y fuerzas

Peso de la carga (personas)

$$W_{load} = 450 \text{ kg} \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 4414.5 \text{ N}$$

Peso de la cabina (supuesto)

$$W_{car} = 410 \text{ kg} \times 9.81 = 4022.1 \text{ N}$$

Peso del sling / bastidor (supuesto)

$$W_{sling} = 100 \text{ kg} \times 9.81 = 981.0 \text{ N}$$

Peso total suspendido (cabina + sling + carga)

$$W_{total} = 4414.5 + 4022.1 + 981.0 = 9417.6 \text{ N}$$

Contrapeso (criterio: car mass + 50% carga)

$$m_{cw} = 410 + 0.5 \times 450 = 410 + 225 = 635 \text{ kg}$$

$$W_{cw} = 635 \times 9.81 = 6229.35 \text{ N}$$

Desequilibrio gravitatorio

$$\Delta W = W_{total} - W_{cw} = 9417.6 - 6229.35 = 3188.25 \text{ N}$$

Fuerza por aceleración (arranque-masa neta acelerada) (F_a)

$$F_a = m_{net}a$$

Masa neta que se acelera:

$$m_{net} = m_{car} + m_{sling} + m_{load} - m_{cw} = 410 + 100 + 450 - 635 = 325 \text{ kg}$$

$$\text{Fuerza inercial: } F_a = m_{net}a = 325 \times 0.5 = 162.5 \text{ N}$$

Fuerza de tracción total (arranque)

$$F_{tracción} = \Delta W + F_a = 3188.25 + 162.5 = 3350.75 \text{ N}$$

Tensiones en ramas (arreglo 2:1)

Con roping 2:1 la tensión que trabajan las ramas principales será aproximadamente:

$$T \approx \frac{F_{tracción}}{2} = \frac{3350.75}{2} = 1675.375 \text{ N por rama } (\approx 1.675 \text{ kN})$$

Requisito de rotura por rama (FS = 12, criterio conservador para cables)

$$R_{min} = T \times 12 = 1675.375 \times 12 = 20104.5 \text{ N} \approx 20.1 \text{ kN}$$

Interpretación: un cable con resistencia a la rotura mayor a 20.1 kN por rama cumple el requisito con FS=12. En la práctica se usan varios cables (p. ej. 4) y cada cable toma parte de la carga; además se seleccionan diámetros que ofrecen ruptura mucho mayor (30–100 kN) para marginar desgaste

4.2.2.1.4. Dimensionamiento preliminar — piso (placa), vigas del bastidor y bastidor**4.2.2.1.4. Diseño del piso (placa metálica)**

Planteamiento: la placa del piso de la cabina soporta la carga útil. Proponemos una solución clásica: placa de acero apoyada sobre dos vigas longitudinales. Así la placa actúa como losa de 0.5 m de vano entre vigas (ya que la sección útil se reparte entre dos vigas a lo ancho).

Cálculo del esfuerzo de diseño:

- Carga uniforme nominal por área:

$$q = \frac{W_{load}}{A_{cab}} = \frac{4\,414.5}{1.25} = 3531.6 \, N/m^2 = 3.5316 \, kN/m^2$$

- Tributación para cada viga (dos vigas, tributo 0.5 m de ancho cada una):

$$w_{viga} = q \times 0.5 = 3.5316 \times 0.5 = 1.7658 \, kN/m$$

- Viga con luz $L=1.25$ (fondo de cabina). Momento máximo (viga simplemente apoyada, carga u.d.l.):

$$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{1.7658 \times 1.25^2}{8} = 0.3448828125 \, kN \cdot m$$

En N.mm:

$$M_{max} = 0.3448828125 \times 10^3 \, N \cdot m = 344,882.8125 \, N \cdot mm$$

- Resistencia admisible del acero (S275) con FS = 1.5:

$$\sigma_{adm} = \frac{275 \, Mpa}{1.5} = 183.333 \, MPa = 183.333 \, N/mm^2$$

- Sección requerida (módulo de sección) S:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{344,882.8125 \, N \cdot mm}{183.333 \, N/mm^2}$$

$$S \approx 1,882 \, mm^3$$

Interpretación para la placa (espesor t): si asumimos la placa como viga de 1 m de ancho (para cálculo de sección por metro), el módulo de sección por metro para una placa rectangular (espesor t, ancho $b=1000$ mm) es:

$$S_m = \frac{b \times t^2}{6} = \frac{1000 \times t^2}{6} = 166.6667 \times t^2 \quad (mm^3)$$

$$\Rightarrow t^2 = \frac{S_m}{166.6667} = \frac{1.882}{166.6667} \approx 11.292$$

$$t = \sqrt{11.292} \approx 3.36 \text{ mm}$$

Conclusión práctica para placa de piso: el espesor teórico mínimo sale alrededor de **3–4 mm** por resistencia a flexión con las hipótesis adoptadas.

Recomendación práctica (constructiva): usar **placa de acero de 4 mm** como mínimo estructural, y **6 mm** si se considera desgaste, fijaciones y acabados. En la práctica muchos fabricantes usan 4–6 mm para suelos de cabina (con remate antideslizante).

4.2.2.1.5. Dimensionamiento de las vigas del bastidor (perfiles C)

1) Datos y supuestos de diseño

- **Peso total suspendido (cabina + carga de pasajeros):**

$$W_{\text{cabina+carga}} = 4\,022,1 + 4\,414,5 = 8\,436,6 \text{ N}$$

- **Número de vigas portantes:** 2 (idénticas).
- **Luz de cada viga:** $L = 1,25 \text{ m}$
- **Distribución de la carga:** uniforme y mitad para cada viga.
- **Factor dinámico (servicio/arranque):** $k_d = 1,30$ (conservador).
- **Material:** Acero estructural (A36/S275), $E \approx 210,000$
- **Tensión admisible a flexión (servicio):** $\sigma_{\text{adm}} = 170 \text{ MPa}$

(equivale aprox. a $0,6 F_y$ con $F_y \sim 275 \text{ MPa}$, margen de seguridad típico).

- **Criterio de flecha (servicio):** $\delta_{\text{adm}} = L/300 = 4,17 \text{ mm}$

2) Carga por viga y carga lineal

1. Carga dinámica total:

$$W_{\text{dyn}} = k_d \cdot W = 1,30 \cdot 8\,436,6 = 10\,967,58 \text{ N}$$

2. Carga por viga:

$$W_{\text{viga}} = W_{\text{dyn}} / 2 = 5\,483,79 \text{ N}$$

3. Carga lineal (UDL) por viga:

$$q = W_{\text{viga}} / L = 5\,483,79 / 1,25 = 4\,387,03 \text{ N/m}$$

3) Momento flector máximo (viga biapoyada con UDL)

$$M_{\text{max}} = \frac{qL^2}{8} = \frac{4387,03 \cdot 1,25^2}{8} = 856,84 \text{ N.m} = 856842 \text{ N.mm}$$

4) Módulo de sección mínimo requerido (resistencia)

$$Z_{\text{req}} = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{adm}}} = \frac{856\,842}{170} = 5\,040 \text{ mm}^3 \text{ (redondeo a } 5\,100 \text{ mm}^3)$$

Cualquier perfil C con $Z_x \geq 5\,100 \text{ mm}^3$ (respecto al eje que flecha) **cumple a tensión.**

5) Inercia mínima requerida (rigidez – flecha)

Flecha máxima en viga biapoyada con UDL:

$$\delta_{\text{max}} = \frac{5qL^4}{384EI} \Rightarrow I_{\text{req}} = \frac{5qL^4}{384E\delta_{\text{max}}}$$

Con $q = 4387,03 \text{ N/m} = 4,387 \times 10^{-3} \text{ N/mm}$ $q = 4,387 \times 10^{-3} \text{ N/m}$,

$L = 1,250 \text{ mm}$, $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$, $\delta_{\text{adm}} = 4,17 \text{ mm}$:

$$I_{\text{req}} \approx 1,59 \times 10^5 \text{ mm}^4$$

Luego, con la **sección elegida** se verificará $I_x \geq I_{\text{req}}$

6) Selección de perfiles C comerciales (propuestas)

Opción A – C 80×40×4 mm

- Aproximado: $Z_x \sim 7\,000\text{ mm}^3$, $I_x \sim 2,8 \times 10^5\text{ mm}^4$, peso $\sim 4,5\text{--}5,0\text{ kg/m}$.
 - **Resistencia:** $\sigma = M/Z \approx 856\,842 / 7\,000 \approx 122\text{ MPa} < 170\text{ MPa}$ (✓)
 - **Flecha:** con $I \approx 2,8 \times 10^5\text{ mm}^4 \rightarrow \delta \approx 2,37\text{ mm} < 4,17\text{ mm}$ (✓)
 - **Cortante (web 4 mm, $h \approx 80\text{ mm}$):**
 $V_{\max} = qL/2 \approx 2\,742\text{ N};$
 $\tau \approx V/(t \cdot h) \approx 2\,742/(4 \cdot 80) \approx 8,6\text{ MPa}$ (✓)

Opción B – C 100×50×4 mm

- Aproximado: $Z_x \sim 11\,000\text{ mm}^3$, $I_x \sim 5,5 \times 10^5\text{ mm}^4$, peso $\sim 6,5\text{--}7,5\text{ kg/m}$.
 - **Resistencia:** $\sigma \approx 856\,842/11\,000 \approx 78\text{ MPa}$ (✓)
 - **Flecha:** $\delta \sim 1,2\text{ mm}$ (✓)

Conclusión de selección: La **C 80×40×4 mm cumple** resistencia, rigidez y cortante con holgura, por lo que se selecciona dicho perfil.

7) Detalles de diseño y montaje (resumen)

- **Apoyos/uniones** al marco perimetral con **pletinas** y soldadura continua o pernos M10–M12.
- **Arriostramiento:** añadir travesaños que limiten torsión del conjunto (el canal C es abierto).
- **Compatibilidad** con el **piso** y con la **disposición de rodajes/frenos** del bastidor.
- **Protección:** impronta anticorrosiva + pintura; tolerancias de fabricación $\pm 1\text{ mm}$, montaje $\pm 2\text{ mm}$ para alineación con guías.

En resumen:

- **Requisitos mínimos:**

$Z_x \geq 5100 \text{ mm}^3$ y $I_x \geq 1,60 \times 10^5 \text{ mm}^4$ (por servicio), con $L=1,25$, $k_d=1,30$,

$W=8436,6 \text{ N}$.

- **Sección elegida: 2 vigas C 80×40×4 mm** (acero A36/S275) —

cumple flexión, flecha y cortante con margen.

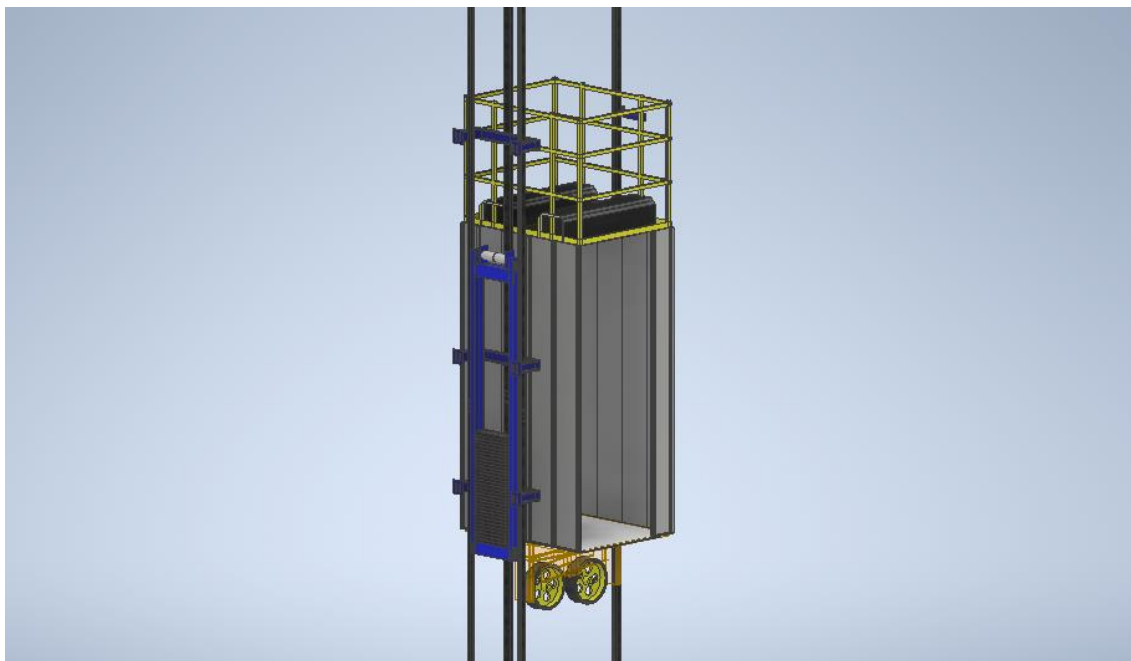
Alternativa con mayor rigidez: **C 100×50×4 mm**.

4.2.2.1.5. Guías, brackets y anclajes — análisis de esfuerzos y dimensionamiento preliminar

A continuación, se muestra el modelo del ascensor propuesto como parte del diseño.

Figura 3

Modelo del ascensor



Nota. Elaborado por el tesista.

Reacción vertical estimada por guía (estática)

Asumiendo 2 guías para la cabina, la reacción estática por guía:

$$R_{guía,est} \approx \frac{W_{total}}{2} = \frac{8,829 N}{2} = 4,414.5 N \approx 4.415 kN$$

Para diseño dinámico aplicar factor dinámico k_d (1.3):

$$R_{guía,din} = R_{guía,est} * 1.3 \approx 4414.5 \times 1.3 = 5739.85 N \approx 5.74 kN$$

Brackets / anclajes

- Nuestra estimación dinámica por anclaje (si hay 2 anclajes por tramo) y distribución podría dar ~5.7 kN por guía; por tanto **es necesario comprobar** el reparto (nº de anclajes simultáneos y su disposición).
- **Diseño de anclaje (ejemplo M8):**

Tomemos un perno M8 (área efectiva de rosca $A_s \approx 36.6 \text{ mm}^2$). Usando un acero de clase 8.8 ($f_{ub} \approx 800 \text{ MPa}$, como referencia técnica), la resistencia última por área: $f_u \approx 800 \text{ N/mm}^2$. La resistencia al corte aproximada (simple) se toma como $0.6f_u A_s$. Efectuando cálculo aproximado:

$$V_{ult} = 0.6 \times 800 \times 36.6 = 0.6 \times 800 = 480; 480 \times 36.6 = 17,568 \text{ N} \approx 17.57 \text{ kN}$$

Aplicando factor de seguridad (p.ej. 2) $\rightarrow$ capacidad de diseño $\approx 17.57/2 = 8.785 \text{ kN}$.

Con esto **un tornillo M8 calidad 8.8** puede resistir en corte (con criterio conservador) $\approx 8.7 \text{ kN} \rightarrow$ suficiente frente a una reacción dinámica estimada de 5.74 kN por guía por anclaje.

Conclusión: con los cálculos preliminares una fijación M8 8.8 con diseño prudente puede ser suficiente.

4.2.2.1.6. Cables

Supuestos actualizados (se usan en todos los cálculos)

- Cabina interior: $1,00 \times 1,25$ m.
- Carga útil (personas): $m_{load}=450$ kgm.
- Masa cabina (estructura y acabados) inicial: $m_{car0}=350$ kg.
- Masa adicional puerta + operador: $m_{puerta}=60$ kgm.
- Masa del bastidor (sling): $m_{sling}=100$ kg.
- Arreglo de tracción: **2:1** (según el diagrama).
- Velocidad $v=1.0$ m/s, aceleración de diseño $a=0.5$ m/s².
- Gravedad $g=9.81$ m/s².
- Criterio de contrapeso adoptado (misma regla previa):
 $m_{cw}=m_{car}+0.5 \cdot m_{load}$ donde ahora $m_{car}=m_{car0}+m_{puerta}$

Masas y pesos (resultados clave)

- Masa cabina actualizada: $m_{car}=350+60=410$ kg.
- Pesos (N):
 - $W_{load}=450 \cdot 9.81=4414.5$ N.
 - $W_{car}=410 \cdot 9.81 \approx 4022.1$ N.
 - $W_{sling}=100 \cdot 9.81=981.0$ N.
- Peso total suspendido:
 - $W_{total}=W_{load}+W_{car}+W_{sling} \approx 9417.6$ N.
- Contrapeso (criterio):

$$\text{mcw}=410+0.5\times 450=635 \text{ kg}, \quad \text{Wcw}\approx 6229.35 \text{ N}.$$

Fuerzas de tracción y tensiones en el roping (resultados)

- Desequilibrio gravitatorio: $\Delta W=W_{\text{total}}-W_{\text{cw}}\approx 3188.25 \text{ N}$.
- Fuerza por aceleración (arranque): $F_a=m_{\text{net}}a$ con
 $m_{\text{net}}=m_{\text{car}}+m_{\text{sling}}+m_{\text{load}}-m_{\text{cw}}=325 \text{ kg} \rightarrow F_a\approx 162.5 \text{ N}$

- Fuerza de tracción total (arranque):

$$F_{\text{tracción}}=\Delta W+F_a\approx 3350.8 \text{ N}.$$

- Tensión en la rama (arreglo 2:1): $\text{Trama}\approx F_{\text{tracción}}/2\approx 1675.4 \text{ N}$.

Reparto por cable

- “n” = número de cables individuales en paralelo (todos siguen el mismo recorrido).
- Tensión por cable: $T_{\text{cable}}=T_{\text{rama}}/n$.
- Factor de seguridad para rotura (MBL): $FS = 12$ (típico conservador para elevadores de pasajeros).
 $\Rightarrow$ MBL mínima por cable: $MBL_{\text{min}}=FS\cdot T_{\text{cable}}$
- Cargas por cable y MBL mínima ($FS=12$)

Tabla 4

Cargas según cantidad de cables

n (cables)	Tensión por rama (N)	Tensión por cable T_{cable} (N)	MBL mínima por cable = $12\cdot T_{\text{cable}}$ (kN)
2	1 675,4	837,7	10,05 kN
4	1 675,4	418,9	5,03 kN
6	1 675,4	279,2	3,35 kN

Nota. Elaborado por el tesista.

Como se aprecia, las cargas por cable son bajas porque el contrapeso

compensa gran parte del peso. Aun así, mantenemos FS altos por normativa/fiabilidad.

Chequeo geométrico D/d con polea D340

Regla de diseño usual: $D/d \geq 40$ (depende del tipo de cordón; objetivo: buena vida a fatiga por flexión).

- $D = 340 \text{ mm} \Rightarrow d_{\text{max}} \approx D/40 = 8,5 \text{ mm}$ para cumplir $D/d \geq 40$.
- Por tanto, **6 mm** o **8 mm** son diámetros adecuados; **10 mm** ya no cumpliría $D/d \geq 34$ solamente.

Resistencias típicas (referenciales)

Rangos muy usados para cuerdas tipo elevador (8×19/8×25, FC/IWRC):

- **Ø6 mm** → MBL típica $\approx 18\text{--}22 \text{ kN}$
- **Ø8 mm** → MBL típica $\approx 30\text{--}38 \text{ kN}$

Cualquiera de esos excede ampliamente las **MBL mínimas** de la tabla anterior.

Recomendación práctica

- **Opción base (muy común): 4 cables × Ø8 mm**, $D=340 \text{ mm} \rightarrow D/d = 42,5$ (cumple), MBL por cable $\sim 30\text{--}38 \text{ kN} \gg 5,0 \text{ kN}$ requerida.
 - Ventajas: excelente margen, buena tracción en la polea, redundancia, estándar del sector para 450 kg con roping 2:1.
- **Opción alternativa ligera: 4 cables × Ø6 mm** ($D/d=56$), también cumple con gran margen; se usa si se busca aligerar.
- **Se evita:** ir a **2 cables** aun cuando el cálculo lo permitiría, porque se

pierde redundancia (práctica del sector: ≥ 4 cables en pasajeros).

En resumen:

- Conclusión de cálculo: con el roping **2:1** y el dimensionamiento de masas actualizado (cabina + puerta), la **tensión por rama** es **$\sim 1\ 675\ \text{N}$** y la **tensión por cable** queda entre **280–840 N** según 6–2 cables en paralelo.
- Cumplimiento geométrico **D/d** con **$\varnothing 8\ \text{mm}$** en **D340** ($42,5 \geq 40$).
- Selección recomendada: **$4 \times \varnothing 8\ \text{mm}$** , con $FS \geq 12$ frente a la carga de arranque y holgura muy alta frente a MBL.

4.2.2.1.7. Dimensionamiento de rieles, guidores, ménsulas y paracaídas

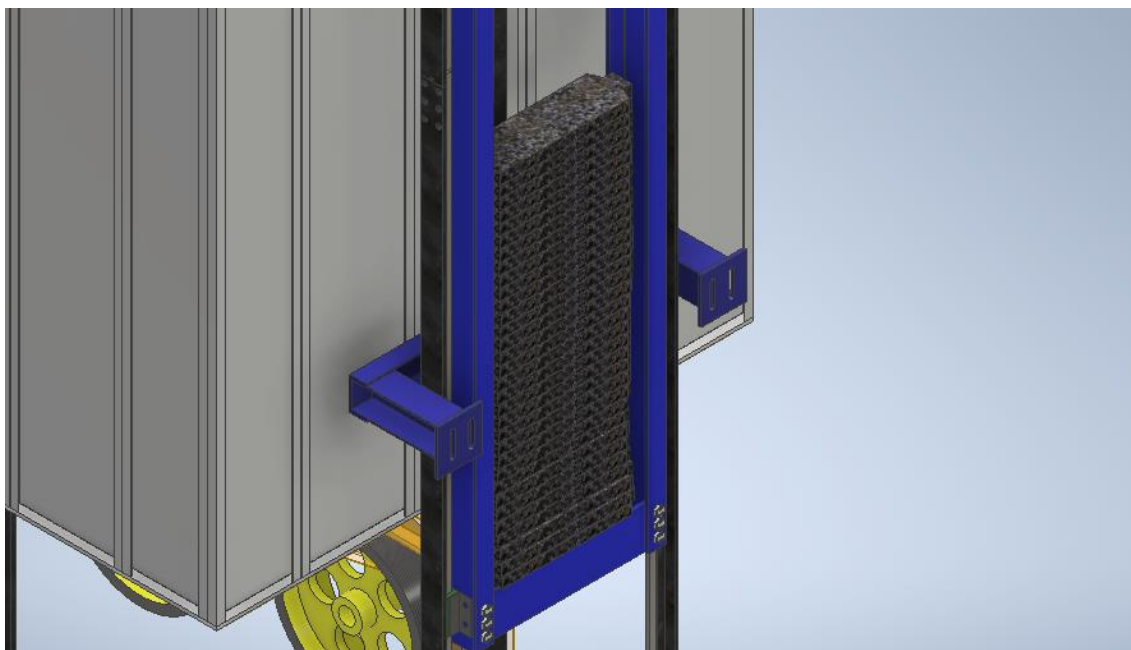
a) Rieles de guía

El diseño emplea:

- Una estructura metálica en "C" adosada a la pared del pozo.
- En la cara interior de esta "C" están los **rieles de la cabina**, uno a cada lado.
- Dentro de la "C" se desplaza el contrapeso, guiado por sus propios rieles, en un espacio "encajonado".

Figura 4

Vista de la estructura metálica de soporte de rieles



Nota. Elaborado por el tesista.

El riel guía de ascensor es un perfil de acero laminado tipo “T” **normalizado** que se fija a las paredes del pozo cada 2,50 m. Su función es guiar el desplazamiento vertical de la cabina y del contrapeso.

Figura 5

Vista de la rieles y estructura metálica de soporte o fijación



Nota. Elaborado por el tesista.

Según las tablas de fabricantes (Wittur, Montanari, Gervall, etc.), para ascensores residenciales de **6 pasajeros (450 kg), velocidad 1,0 m/s y altura ≤ 15 m**, los rieles recomendados son:

- **Cabina: T75-3/B** (sólido, adecuado para guidores deslizantes).
- **Contrapeso: T70** (sólido) o **TK5** (hueco), en nuestro caso seleccionamos el T70 sólido.

Estos perfiles soportan con seguridad las fuerzas laterales que pueden generarse durante el funcionamiento y cumplen con las recomendaciones de la norma **EN 81-20/50**.

Chequeo simplificado del riel (separación de ménsulas 2,5 m)

Modelo: riel simplemente apoyado entre ménsulas, con una carga puntual horizontal P aplicada en el medio (equivale a la zapata).
Datos: $E = 210$ GPa.

1) Riel de cabina: T75-3/B

Propiedades típicas (familia T75-3):

- $W_y \approx 7\,060\text{ mm}^3$, $I_y \approx 2,649 \times 10^5\text{ mm}^4$ (eje débil).

Carga de servicio adoptada: $P = 0,5\text{ kN} = 500\text{ N}$

Luz entre ménsulas: $L = 2\,500\text{ mm}$

- **Momento máximo:** $M = P L/4 = 312\,500\text{ N}\cdot\text{mm}$
- **Tensión:** $\sigma = M/W_y \approx 312\,500/7\,060 \approx 44\text{ MPa}$
(Muy por debajo de la fluencia del acero estructural $\approx 235\text{--}275\text{ MPa}$.)
- **Flecha:** $\delta = P L^3/(48 E I_y)$

$$\delta \approx 500 \times 2500^3 / (48 \times 210000 \times 264900) \approx 2,9\text{ mm}$$

Criterio de rigidez habitual para guías: $L/750 \rightarrow 2\,500/750 \approx 3,3\text{ mm}$.

Por lo tanto, Cumple ($2,9\text{ mm} < 3,3\text{ mm}$).

Conclusión: **T75-3/B** es **adecuado** para la cabina con ménsulas a cada **2,5 m**.

2) Riel de contrapeso: T70

(Para tu encajonado en "C", es muy usado y suficiente en baja/mediana altura.)

Propiedades típicas (familia T70):

- $W_y \approx 5\,200\text{ mm}^3$, $I_y \approx 2,0 \times 10^5\text{ mm}^4$ (valores representativos).

Carga de servicio adoptada: $P = 0,4\text{ kN} = 400\text{ N}$

Luz: $L = 2\,500\text{ mm}$

- **Momento máximo:** $M = 250\,000\text{ N}\cdot\text{mm}$
- **Tensión:** $\sigma = 250\,000/5\,200 \approx 48\text{ MPa}$
- **Flecha:** $\delta \approx 400 \times 2500^3 / (48 \times 210\,000 \times 200\,000) \approx 3,1\text{ mm}$

Criterio $L/750 = 3,3\text{ mm} \rightarrow$

Por lo tanto, Cumple ($3,1\text{ mm} < 3,3\text{ mm}$).

Conclusión: T70 es adecuado para el contrapeso con ménsulas a 2,5 m en la configuración "encajonada".

Paracaídas

El evento de paracaídas no se verifica con estas cargas de servicio; allí actúan fuerzas mucho mayores definidas por el fabricante del paracaídas/gobernador (deceleración y esfuerzo de cuña), y conjuntamente con el Riel.

La buena noticia es que el riel T75-3 es precisamente el riel objetivo de la mayoría de paracaídas progresivos para 1 m/s, así que encaja con la selección habitual del mercado.

Resumen claro para tu memoria

- La fuerza lateral por zapata es la reacción horizontal que transmiten las zapatas deslizantes al riel debido a precarga y pequeñas perturbaciones; tomamos 0,5 kN por riel (cabina) y 0,4 kN (contrapeso) como valores de prediseño realistas.
- Con $L = 2,5$ m entre ménsulas:
 - **T75-3/B (cabina) $\rightarrow \sigma \approx 44$ MPa y $\delta \approx 2,9$ mm $\rightarrow$ OK.**
 - **T70 (contrapeso) $\rightarrow \sigma \approx 48$ MPa y $\delta \approx 3,1$ mm $\rightarrow$ OK.**
- Si se desean márgenes mayores de rigidez/confort: (i) bajar separación de ménsulas a 2,0 m, o (ii) subir un escalón de riel (p. ej., **T78** en cabina).

4.2.2.1.8. Síntesis de resultados del diseño estructural del ascensor

Con el fin de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos y sintetizar los componentes principales definidos a partir de los cálculos desarrollados, en esta sección se presenta un resumen del diseño estructural del ascensor electromecánico propuesto. La síntesis integra las características finales de la cabina, bastidor, sistema de tracción, guías y elementos estructurales, constituyendo el producto técnico resultante del proceso de dimensionamiento realizado conforme a la Norma EM.070 y al Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 5

Síntesis de componentes y características del diseño estructural del ascensor

Componente	Característica principal	Valor final de diseño	Observación
Cabina	Capacidad nominal	450 kg (6 personas)	Conforme EM.070
Cabina	Dimensiones interiores	1,00 × 1,25 m	Área útil = 1,25 m ²
Cabina	Placa de piso	Acero 4–6 mm	Resiste carga útil
Bastidor (sling)	Tipo de perfil	2 vigas C 80×40×4 mm	Cumple flexión y flecha
Bastidor (sling)	Masa estimada	100 kg	Supuesto conservador
Sistema de tracción	Configuración	Roping 2:1	Reduce tensión en cables
Cables de tracción	Cantidad y diámetro	4 × Ø8 mm	FS ≥ 12
Polea de tracción	Diámetro	Ø 340 mm	Cumple D/d ≥ 40
Contrapeso	Masa total	635 kg	Cabina + 50 % carga
Guías de cabina	Tipo de riel	T75-3/B	$\sigma \approx 44$ MPa
Guías de contrapeso	Tipo de riel	T70	$\sigma \approx 48$ MPa
Separación de ménsulas	Distancia vertical	2,5 m	$\delta < L/750$
Anclajes de guías	Tipo de perno	M8 – clase 8.8	Capacidad $\approx 8,7$ kN
Recorrido vertical	Altura total	10,95 m	5 paradas
Velocidad nominal	Desplazamiento	1,0 m/s	Uso residencial

Nota. Los valores presentados corresponden a los resultados finales del proceso de dimensionamiento estructural.

4.2.2.2. Diseño electromecánico

4.2.2.2.1. Motor

En la configuración de reeving adoptada (arrangement 2:1), la fuerza de tracción requerida para mover la masa desequilibrada se reparte equitativamente

entre las dos ramas principales que soportan la cabina/contrapeso. Con las masas calculadas (cabina + puerta = 410 kg; sling = 100 kg; carga = 450 kg), se obtuvo una fuerza de tracción de diseño:

$$F_{\text{tracción}} = 3\,350,75 \text{ N}$$

A una velocidad nominal de 1,0 m/s esto corresponde a una potencia mecánica de:

$$P_{\text{mecánica}} = F_{\text{tracción}} \cdot v = 3\,350,75 \text{ W}$$

Considerando una eficiencia global del sistema (polea, roping, cojinetes) $\eta = 0,85$, así como un factor de servicio de 1,3 para asegurar arranques suaves y margen frente a variaciones de carga, se propone una potencia instalada recomendada de aproximadamente 5,12 kW.

Por lo tanto, se selecciona un motor gearless síncrono de imanes permanentes de 5,5 kW, 380 V, trifásico (MRL). Esta elección ofrece márgenes adecuados tanto en potencia como en par disponible.

Cálculo de par en la polea de tracción (valor útil para seleccionar motor gearless)

- Velocidad lineal $v = 1,0 \text{ m/s} \rightarrow$ velocidad angular de la polea:

$$n = \frac{v}{\pi D} = \frac{1}{\pi \times 0,34} \approx 0,935 \text{ rev/s} \approx 56,1 \text{ rpm}$$

$$\omega = 2\pi n \approx 5,876 \text{ rad/s}$$

Donde ω es la velocidad angular de diseño ($\sim 5,876 \text{ rad/s}$).

- El par requerido en la polea de tracción ($\varnothing 340 \text{ mm}$) se calcula como:

$$\tau = \frac{P_{\text{mecánica}}}{\omega} \approx 570 \text{ N} \cdot \text{m}$$

- Par disponible aproximado de un motor gearless de 5,5 kW a la misma velocidad angular:

$$\tau_{(5,5 \text{ kW})} = \frac{5,500}{\omega} \approx \frac{5,500}{5,876} \approx 936 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Esto proporciona un **margen amplio** frente al par requerido ($\approx 1.6\times$), adecuado para arranques suaves, picos y pérdidas no previstas.

Se recomienda un variador VVVF (control vectorial en lazo cerrado) de 5,5 kW, 380 V, adecuado para motor gearless, con funciones de frenado regenerativo, arranques suaves y escalabilidad a las normativas de seguridad. Este sistema completa el diseño electromecánico del ascensor, garantizando eficiencia energética, confort para los usuarios y cumplimiento con la Norma Técnica EM.070 y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla de verificación numérica

Aquí se presenta una tabla con los cálculos principales:

Tabla 6

Cálculos principales para selección del motor

Concepto	Valor
Fuerza de tracción (arranque) $F_{tracción}$	3 350,75 N
Potencia mecánica P_{mec}	3,35 kW
Eficiencia del sistema η	0,85
Potencia útil estimada $P_{útil}$	3,94 kW
Factor de servicio	1,3
Potencia instalada recomendada	5,12 kW
Motor seleccionado	5,5 kW gearless, 380 V
Diámetro de polea	Ø 340 mm
Velocidad angular ω	$\approx 5,876 \text{ rad/s}$
Par requerido τ	$\approx 570 \text{ N} \cdot \text{m}$



Par disponible (motor 5,5 kW)

≈ 936 N·m

Margen en par

~1,6 veces

Nota. Elaborado por el tesista.

Selección de motor gearless y variador VVVF

Motor gearless recomendado

En base a lo que encontré, una opción confiable a considerar es el sistema MRL Gearless Traction Machine de *Mont Drive* (fabricado por J.D. Engineering Works, India):

- **Características destacadas:**
 - **Voltaje:** 380 V (ideal para Juliaca).
 - **Capacidad:** hasta 6 personas; potencia escalable.
 - **Marca reconocida** en tracción gearless para ascensores sin cuarto de máquinas.

Aunque no encontré un modelo específico de 5,5 kW, Mont Drive ofrece motores gearless trifásicos a 380 V con su rango técnico adecuado para tu aplicación. Puedes contactarlos para obtener ficha técnica exacta.

Variador VVVF recomendado

Un variador más accesible con buena compatibilidad es el **CH310E-T3-5R5B** de VEICHI:

- **Potencia aplicable:** 5,5 kW.
- **Voltaje de entrada:** 380–480 V AC.
- **Diseñado para ascensores**, tanto gearless como con reductor.
- Incluye funciones como control suave, seguridad de freno, detección de

carga, UPS 220 V integrada, y gestión de contactores.

Otra opción viable es el **D3300-5R5G-4** de Ideei (serie Lixiang), especialmente diseñado como inverter close-loop para motores gearless, 380 V, con control vectorial y compatibilidad con encoder/PG. **Certificado CE** e ISO9001, ideal para aplicaciones de ascensor.

4.2.2.2. Electricidad — Cálculo de potencia y esquema eléctrico

a) Inventario de cargas y potencia instalada

Para el diseño eléctrico se consideran el motor principal y los equipos auxiliares, con base en los valores referenciales de catálogos de ascensores.

Tabla 7

Consumo eléctrico de componentes

Ítem	Componente	Potencia (kW)	Nota
1	Motor gearless (absorción)	5,50	380 V trifásico
2	Variador de frecuencia (VVVF)	0,15	Pérdidas internas
3	Operador de puerta	0,25	220 V monofásico
4	Cortina infrarroja	0,04	220 V
5	Sensores de nivel	0,01	220 V
6	Botoneras de cabina	0,02	220 V
7	Tarjeta de control + fuente	0,025	220 V → 24 Vcc
8	Iluminación cabina + ventilación	0,06	220 V
Potencia total instalada		5,99 kW	≈ 6,0 kW

Nota. Elaborado por el tesista.

b) Potencia demandada y corriente de diseño (simultaneidad 100 %)

- **Potencia demandada** (motor + VVVF + auxiliares, todo al 100 %):

$$P_d = 5,99 \text{ kW}$$

- Alimentación: **380 V trifásico**, **PF ≈ 0,90** (lado de red del VVVF).

$$I_{línea} = \frac{P_d}{\sqrt{3} * V * PF} = \frac{5990}{1.732 * 380 * 0.90} \approx 10.1 \text{ A}$$

- **Selección de protección** del ramal de tracción: **MCB 3P 20 A**, que otorga margen térmico y de arranques breves.

c) Protecciones y calibres recomendados (sin cambios de filosofía, ajustados al 100 %)

Tabla 8

Protecciones y calibres recomendados

Circuito	Tensión	Protección	Cable recomendado	Observaciones
Alimentación general tablero	380/220 V, 3F+N+PE	MCCB 3P+N 25 A + SPD T2 3P+N	5×6 mm ² Cu	Barras N y PE separadas
VVVF + motor	380 V 3F	MCB 3P 20 A	4×4 mm ² Cu	Del VVVF al motor: cable apantallado 4×4 mm² + PE
Auxiliares 220 V (puerta, luz/vent, Tarjeta de control, sensores/cortina)	220 V 1F+N	RCD 2P 25 A, 30 mA (tipo A) + Q2 1P 6 A (puerta), Q3 1P 6 A (luz/vent), Q4 1P 4 A (Tarjeta de control), Q5 1P 4 A (sensores/cortina)	3×2,5 mm ² y 3×1,5 mm ² (resto)	

Nota. Elaborado por el tesista.

4.2.2.2.3. Disposición de sensores del sistema de ascensor

Con el objetivo de atender las observaciones formuladas durante la sustentación, en esta sección se presenta la disposición de los sensores considerados en el diseño del ascensor electromecánico. La definición de la ubicación y función de estos elementos permite clarificar los criterios de seguridad y operación adoptados, sin modificar el alcance ni los resultados

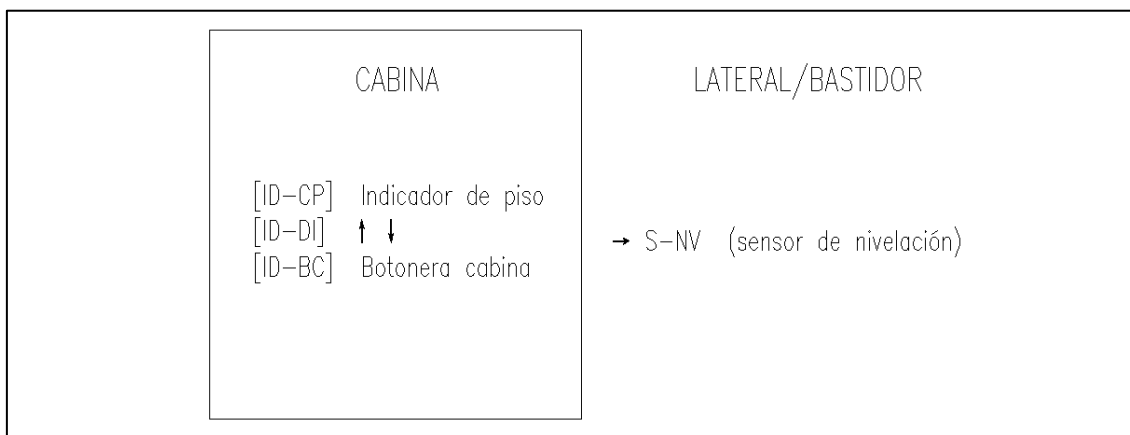
previamente obtenidos.

a) Disposición de sensores en la cabina

La figura que sigue, muestra el esquema de la disposición de los sensores en la cabina del ascensor. En esta se identifica el sensor de nivelación (S-NV), ubicado en el bastidor de la cabina, cuya función es asegurar una parada precisa a nivel del piso en cada nivel, contribuyendo a la seguridad y confort de los usuarios. Asimismo, se representan los elementos de interacción ubicados en el interior de la cabina, tales como los indicadores visuales y la botonera, los cuales permiten al usuario seleccionar el piso de destino y conocer el estado de operación del ascensor.

Figura 6

Disposición de sensores en la cabina



Nota. Elaborado por el tesista

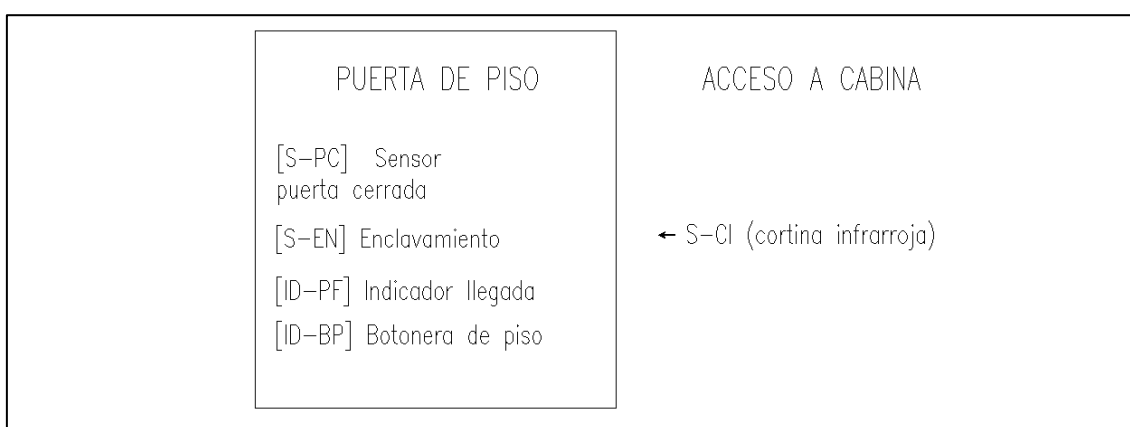
b) Disposición de sensores en las puertas de piso

La siguiente figura presenta el esquema correspondiente a la disposición de los sensores en las puertas de cada piso. En este esquema se muestran el sensor de puerta cerrada (S-PC) y el sensor de enclavamiento (S-EN), ubicados en el marco y mecanismo de cierre de la puerta, respectivamente. Estos

sensores impiden el desplazamiento de la cabina cuando las puertas no se encuentran completamente cerradas y bloqueadas. Adicionalmente, se incluye la cortina infrarroja (S-CI) instalada en el acceso a la cabina, cuya función es detectar la presencia de personas u objetos durante el cierre de las puertas, evitando situaciones de atrapamiento.

Figura 7

Disposición de sensores en las puertas de cada piso



Nota. Elaborado por el tesista

c) Resumen de sensores e identificadores del sistema

La siguiente tabla presenta el resumen de los sensores e identificadores considerados en el diseño del ascensor, indicando su nomenclatura, ubicación y función principal. Esta tabla complementa los esquemas presentados y permite una visión ordenada y clara de los elementos que conforman el sistema de control y señalización del ascensor propuesto.

Tabla 9

Sensores e identificadores del sistema de ascensor propuesto

Nomenclatura	Elemento	Ubicación	Función principal
S-NV	Sensor de nivelación	de Bastidor de la cabina	Asegura parada precisa a nivel del piso
S-PC	Sensor de puerta cerrada	Marco de puertas de piso y cabina	Inhíbe el movimiento si las puertas no están cerradas
S-EN	Sensor de enclavamiento	Puertas de piso	Garantiza el bloqueo mecánico durante el movimiento
S-CI	Cortina infrarroja	Acceso a la cabina	Evita atrapamientos durante el cierre
ID-CP	Indicador de piso	Interior de la cabina	Muestra el nivel actual
ID-DI	Indicador de dirección	Interior de la cabina	Señala subida o bajada
ID-BC	Botonera de cabina	Interior de la cabina	Selección del piso de destino
ID-BP	Botonera de piso	Acceso en cada nivel	Solicitud del servicio
ID-PF	Indicador de llegada	Puertas de piso	Informa la llegada de la cabina

Nota. La selección responde a un diseño funcional y económico para uso residencial.

4.2.3. Conforme al objetivo específico 3

En la presente sección se desarrollará el objetivo específico 3: Estimar el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, en función de los materiales, equipos y componentes seleccionados.

En esta sección se desarrolla la estimación del costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, considerando los materiales, equipos principales y componentes auxiliares definidos en el objetivo específico 2. La estimación se realizó en base a precios referenciales de mercado (proveedores nacionales e internacionales consultados en línea, catálogos técnicos y costos unitarios de materiales de construcción y equipos electromecánicos disponibles en Perú en 2025).

4.3.3.1. Componentes principales considerados

Para estimar el costo referencial, se consideran los siguientes elementos:

- **Sistema de tracción**
 - Motor gearless síncrono de imanes permanentes, 5,5 kW, 380 V trifásico.
 - Variador de frecuencia VVVF, 5,5 kW, 380 V.
 - Polea de tracción ($\varnothing$ 340 mm) y poleas de reenvío.
 - Cables de acero 4 $\times$ $\varnothing$ 8 mm.
 - Cable guiador de comunicación entre cabina y control central.
- **Cabina y bastidor (sling)**
 - Estructura metálica fabricada localmente (Juliaca), con placas de piso 4–6 mm.
 - Paneles interiores, botoneras y barandilla.
 - Puerta automática de cabina con operador.
- **Puerta exterior (semisótano y pisos)**
 - Puerta de piso (5 niveles): chapa metálica simple con pintura, logística local.
- **Contrapeso y guías**

- Contrapeso de 635 kg.
- Rieles guía T75-3/B para cabina y T70 para contrapeso, con ménsulas y zapatas.

- **Sistema eléctrico y de control**

- Tablero principal de potencia y control.
- Interruptor termomagnético, diferencial, contactores de seguridad.
- Sensores de nivel, cortina infrarroja, botoneras de cabina y hall.
- Iluminación LED de cabina y ventilación.

4.3.3.2. Estimación de costos referenciales

La siguiente tabla presenta el resumen de costos estimados para los principales componentes del ascensor electromecánico diseñado:

Tabla 10

Resumen del presupuesto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
1	Motor gearless 5,5 kW, 380 V	pza	1	1,500.00	1,500.00
2	Variador VVVF 5,5 kW, 380 V	pza	1	1,000.00	1,000.00
3	Polea de tracción + reenvío	set	1	800.00	800.00
4	Cables de acero Ø8 mm (4×50 m)	m	200	3.00	600.00
5	Cable guiador de comunicación	m	30	5.00	150.00
6	Cabina metálica + bastidor (local)	set	1	3,000.00	3,000.00
7	Puerta automática cabina + operador	set	1	1,500.00	1,500.00
8	Puertas de piso (5 unidades)	pza	5	200.00	1,000.00
9	Contrapeso (masa)	set	1	800.00	800.00
10	Guías T75-3/B + ménsulas (cabina)	m	25	40.00	1,000.00

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Subtotal (USD)
11	Guías T70 + ménsulas (contrapeso)	m	25	35.00	875.00
12	Tablero eléctrico	set	1	1,200.00	1,200.00
13	Sensores, botoneras, cortina	set	1	700.00	700.00
14	Iluminación LED + ventilación	set	1	300.00	300.00
—	Subtotal equipos principales				16,425.00
—	Instalación, montaje, pruebas (20 %)				3,285.00
—	Costo total referencial				19,710.00

Nota. Elaborado por el tesista.

4.3.3.3. Interpretación de resultados

El costo total referencial estimado se sitúa en **USD 19,710.00** aproximadamente, lo cual es significativamente menor a estimaciones previas.

Esta reducción se explica por:

- **Fabricación local** de la cabina y bastidor, aprovechando menor costo laboral y logística.
- **Compra nacional** de materiales estándares.
- **Importación solo de los componentes especializados** de mayor costo (motor, variador).

El ajuste también contempló el cable guiador de comunicación y la puerta exterior de 5 niveles, los cuales no fueron considerados anteriormente, mostrando un análisis más completo y realista.

4.3.3.4. Comparación con costos de proveedores de ascensores

De acuerdo con consultas realizadas a proveedores de ascensores en el mercado peruano, el costo de importación e instalación de un ascensor

electromecánico de características similares (6 pasajeros, 4–5 paradas, velocidad nominal 1,0 m/s) se encuentra en un rango de USD 29,000 a 55,000 como precio final. Estos ascensores se importan en su totalidad, incluyendo cabina, bastidor, contrapeso, guías, sistema de tracción y control, y son ensamblados por la empresa proveedora.

En contraste, la propuesta desarrollada en este trabajo contempla un modelo híbrido de adquisición y fabricación:

- La cabina y bastidor pueden ser fabricados en Juliaca, utilizando la industria metalmecánica local, lo que reduce costos de transporte e importación.
- Elementos estándar como cables de acero, perfiles estructurales, ménsulas y componentes eléctricos pueden adquirirse en el mercado nacional.
- Solo los componentes críticos y de mayor especialización —como el motor gearless, el variador VVVF, el gobernador y el sistema de paracaídas— requieren importación.

Gracias a este esquema, el costo total referencial estimado es de USD 19,710, lo que representa una reducción de aproximadamente 32 % respecto a los costos de mercado de proveedores convencionales. Este diferencial valida la pertinencia técnica y económica del diseño planteado, además de demostrar que la implementación de ascensores electromecánicos puede ser más accesible si se optimiza la fabricación local y la integración de componentes importados y nacionales.



4.2.4. Respetto al objetivo general

El desarrollo y cumplimiento progresivo de los objetivos específicos de la investigación han permitido consolidar de manera integral el logro del objetivo general del trabajo de investigación.

En primer lugar, se identificaron los requerimientos técnicos, normativos y funcionales aplicables, asegurando que la propuesta cumpla con las disposiciones del Reglamento Nacional de Edificaciones y las normas de accesibilidad y transporte mecánico. En segundo término, se elaboró el diseño estructural y electromecánico del ascensor, detallando la cabina, bastidor, guías, sistema de tracción, motor gearless, variador de frecuencia y demás componentes, con cálculos de dimensionamiento que garantizan seguridad, funcionalidad y eficiencia. Finalmente, se realizó la estimación del costo referencial de implementación, demostrando la factibilidad económica de la propuesta y su ventaja comparativa frente a los costos de proveedores convencionales.

De este modo, la suma de los logros obtenidos en cada objetivo específico confirma el cumplimiento del objetivo general, validando que la propuesta es técnicamente viable, económicamente competitiva y adecuada para su aplicación en edificaciones residenciales de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca.

4.3. Prueba de hipótesis

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en las secciones anteriores, se procede a la validación de las hipótesis de la investigación.

En primer lugar, las hipótesis específicas han sido confirmadas en su



totalidad:

- La identificación de los requerimientos técnicos, normativos y funcionales permitió establecer los parámetros mínimos de accesibilidad, seguridad y operación exigidos por la Norma Técnica EM.070 y el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- El diseño estructural y electromecánico desarrollado demostró que es posible dimensionar de manera adecuada la cabina, bastidor, guías, motor gearless, sistema de tracción y demás componentes, asegurando un funcionamiento seguro y eficiente del ascensor electromecánico propuesto.
- La estimación de costos realizada evidenció que la implementación del ascensor diseñado resulta económicamente viable y más competitiva en comparación con las ofertas de ascensores importados provistos por empresas especializadas.

En consecuencia, el cumplimiento integral de las hipótesis específicas respalda de manera directa la validez de la hipótesis general, la cual sostiene que es posible diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en los lineamientos de la Norma Técnica EM.070, que cumpla con los requisitos técnicos, normativos y de viabilidad económica.

Por lo tanto, se confirma la validez de la hipótesis general planteada para la presente investigación.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. *Respecto al objetivo específico 1*

En la presente investigación, la identificación de los requerimientos técnicos, normativos y funcionales permitió dimensionar la cabina, capacidad y parámetros de tráfico conforme a la Norma Técnica EM.070 y la Norma A.120. Se determinó una capacidad nominal de 6 pasajeros (450 kg), dimensiones interiores mínimas de $1,00 \times 1,25$ m y tiempos de espera dentro de lo establecido por la normativa.

Estos resultados guardan relación con lo reportado por Pinto (2021), quien en su tesis diseñó un ascensor eléctrico de 300 kg aplicando la Norma EN 81-1 y la Norma A.120. En ambos casos, la aplicación estricta de la normativa fue fundamental para definir dimensiones y garantizar accesibilidad y seguridad de los usuarios. No obstante, mientras el estudio de Pinto se centró en un ascensor de menor capacidad para personas con discapacidad, la presente investigación amplía el alcance al considerar un ascensor residencial de hasta 6 pasajeros, demostrando que el cumplimiento normativo puede ser escalado a distintas tipologías de proyectos.

De manera complementaria, los hallazgos coinciden con Altamirano y Guano (2023), quienes diseñaron un elevador semicabinado para una persona con movilidad reducida, aplicando la norma ecuatoriana NTE INEN 3139 y la ISO 8100-30. Al igual que en el presente trabajo, su investigación muestra que la identificación rigurosa de los requerimientos normativos constituye la base del diseño técnico de cualquier sistema de transporte vertical.

4.4.2. Respetto al objetivo específico 2

En cuanto al diseño estructural y electromecánico, los resultados obtenidos demuestran la factibilidad de un ascensor electromecánico de 5 paradas con cabina de 450 kg, sistema de tracción gearless sin cuarto de máquinas, rieles T75-3/B y T70, y cables de acero Ø8 mm en configuración 2:1. El dimensionamiento efectuado confirma que los componentes seleccionados cumplen con los esfuerzos admisibles y factores de seguridad requeridos.

Estos resultados son comparables con lo reportado por Saavedra (2023), quien diseñó un elevador modular residencial para adultos mayores y personas con discapacidad. En ambos casos, se desarrolló un análisis estructural detallado de los componentes mecánicos y se aplicaron normas de accesibilidad. Sin embargo, el presente trabajo se diferencia al considerar un diseño más complejo en cuanto a capacidad y número de niveles, incorporando además el cálculo del motor gearless y el variador de frecuencia, aspectos no abordados en la tesis de Saavedra.

Asimismo, se encuentra concordancia con Rosário et al. (2021), quienes propusieron un ascensor personal asistido accionado por motor eléctrico y sistema tuerca–husillo, demostrando la viabilidad técnica mediante análisis estructural. Aunque la solución tecnológica difiere de la presente (rosca–husillo vs. tracción electromecánica), ambos estudios destacan la importancia del cálculo estructural y la selección adecuada del sistema de tracción para garantizar seguridad y funcionalidad.

4.4.3. Respetto al objetivo específico 3

La estimación del costo referencial arrojó un valor aproximado de USD 19



710, considerando la fabricación local de la cabina y el bastidor, la adquisición nacional de materiales estándar, y la importación de equipos especializados como el motor gearless, variador y sistema de seguridad. Este esquema híbrido permitió demostrar una reducción de aproximadamente 32% respecto a los costos de ascensores importados instalados por proveedores convencionales, que oscilan entre USD 29 000 y 55 000.

Este resultado coincide con lo señalado por Altamirano y Guano (2023), quienes estimaron un costo reducido para un elevador semicabinado, evidenciando que el diseño y la integración local de componentes representan una alternativa más económica frente a los sistemas importados. En la misma línea, Zbinden (2025) también concluyó que su diseño de un sistema elevador automatizado para vehículos era económicamente viable, resaltando que la combinación de manufactura local con componentes especializados reduce costos y facilita la implementación.

En conjunto, la presente investigación confirma que el desarrollo de ascensores electromecánicos con fabricación parcial en el ámbito local no solo es técnicamente viable, sino que también constituye una estrategia económica competitiva frente a la dependencia exclusiva de proveedores externos.

CONCLUSIONES

Primera: Se diseñó un ascensor electromecánico para edificaciones residenciales de hasta cuatro niveles en Juliaca, con capacidad de 450 kg (6 personas), velocidad de 1,0 m/s, cinco paradas y configuración de tracción 2:1, cumpliendo los criterios técnicos y normativos establecidos (Tablas 1, 2 y 6). El sistema presenta un intervalo de espera de 64,73 s y una capacidad de transporte de 22,25 personas en 5 minutos, valores que cumplen la Norma EM.070 (Apéndice 3), contribuyendo a mejorar la accesibilidad y movilidad vertical en edificaciones residenciales.

Segunda: Se identificaron y aplicaron los requerimientos de la Norma EM.070 y del Reglamento Nacional de Edificaciones, verificando el cumplimiento de las dimensiones mínimas de cabina (1,00 × 1,25 m; área útil 1,25 m²) y la capacidad nominal de 450 kg, conforme a las Tablas 1 y 2 de la normativa EM.070. Asimismo, el cálculo de tráfico para una población de 26 personas evidenció el cumplimiento de los criterios normativos, aportando una guía técnica aplicable para el diseño de ascensores residenciales seguros y accesibles.

Tercera: El diseño estructural y electromecánico demostró su factibilidad técnica mediante la selección de un motor gearless de 5,5 kW, cables de tracción 4 × Ø8 mm, rieles T75-3/B y T70, y una placa de piso metálica de 4–6 mm, cumpliendo los criterios de resistencia y servicio (Tabla 5). Las verificaciones de esfuerzos y deformaciones mostraron valores admisibles, garantizando una solución técnica



segura y replicable para edificaciones de baja altura.

Cuarta: La estimación de costos determinó un costo total referencial de USD 19 710 para el ascensor electromecánico diseñado (Tabla 10), valor aproximadamente 32 % menor que los ascensores comerciales importados de características similares. Esta viabilidad económica favorece la implementación de soluciones de transporte vertical accesibles, contribuyendo al desarrollo urbano y a la mejora de la calidad de vida en la ciudad de Juliaca.



RECOMENDACIONES

- Primera:** Aplicación práctica: Se recomienda implementar el diseño propuesto en proyectos residenciales y multifamiliares de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, ya que cumple con la Norma Técnica EM.070 y representa una solución accesible y segura de transporte vertical.
- Segunda:** Optimización de costos: Fomentar la fabricación local de la cabina, bastidor y otros elementos estructurales, aprovechando la industria metalmecánica regional, con el fin de reducir costos y dinamizar la economía local, reservando la adquisición externa solo para componentes de mayor especialización.
- Tercera:** Estudios complementarios: Para futuras investigaciones, se sugiere realizar simulaciones dinámicas y pruebas experimentales en prototipos a escala o en modelos piloto, a fin de validar en la práctica los cálculos teóricos de cargas, tensiones y desempeño energético.
- Cuarta:** Innovación tecnológica: Se recomienda considerar en futuros diseños la incorporación de sistemas de eficiencia energética, como regeneración de energía en el frenado, y el uso de materiales más livianos para la cabina, con el propósito de mejorar el rendimiento y reducir el consumo eléctrico.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altamirano, R. F., y Guano, O. A. (2023). *Diseño y simulación de un elevador vertical semicabinado de dos pisos para una persona con movilidad reducida mediante software especializado* [bachelorThesis].
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25953>
- Beer, F. P., y Johnston, E. R. (2017). *Mecánica vectorial para ingenieros: Estática y dinámica* (McGraw-Hill).
- Boiko, A., Ivanov, V., Klymchuk, I., y Ihnatenko, D. (2024). Modeling issues of low-speed elevator motor of biinductor type. *Праці Одеського Політехнічного Університету*, 2(70), Article 2(70).
<https://doi.org/10.15276/opu.2.70.2024.09>
- Browne, A. F., Williams, W. B., Loftus, K., y Benfield, C. (2015). *Development of a Low-cost Electromechanical Elevator for Programmable Logic and Embedded Controls Training*. 26.521.1-26.521.10.
<https://peer.asee.org/development-of-a-low-cost-electromechanical-elevator-for-programmable-logic-and-embedded-controls-training>
- Budynas, R. G., y Nisbett, J. K. (2020). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (11th ed.). McGraw-Hill.
- Caisaguano, A. B., y Mendoza, Á. J. (2024). Estudio técnico para la viabilidad de la implementación de un ascensor para personas con capacidades físicas diferentes en el edificio de electricidad/electrónica. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1722>
- Cegarra, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*.



Díaz de Santos.

Chapman, S. J. (2015). *Electric Machinery Fundamentals* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Cóndor, J. J. (2021). Análisis de fallas en componentes mecánicos del ascensor de marca Asteca instalado en la academia pre universitaria Ingenieria S.A.C. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6851>

Farhan, B. A., Hassan, N. B., y Nawar, A. K. (2024). Design & Implementation of an Electronics Elevator Model. *International Journal of Research in Science & Engineering*, 4(4), Article 4.
<https://doi.org/10.55529/ijrise.44.16.29>

Garrido, D. A., y Luna, Y. L. (2024). Diseño de un prototipo de simulación que facilite la elección de ascensores en proyectos residenciales tomando en consideración el consumo energético. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/674504>

Hibbeler, R. C. (2017). *Mecánica de materiales* (9na Ed.). Pearson Educación.

Jiménez, J. R., y Ayala Álvarez, S. S. (2023). *Diseño de un elevador portátil con sistema de wincha y polea para una capacidad máxima de carga de 300 kg* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26154>

Kolotilo, V., Kulbashna, N., Voronov, R., y Donets, O. (2023). The research of the elevator electromechanical system in terms of reducing the arising dynamic loads. *2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*, 1-6.



<https://doi.org/10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312989>

- Martynov, Y., Petrenko, O., y Liubarskyi, B. (2021). Defining the Main Parameters and Performances of the Elevator Motor. *NTU «KhPI» Bulletin: Power and heat engineering processes and equipment*, 4, Article 4. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.04.08>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma A.010: Condiciones Generales de Diseño*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Norma Técnica EM.070 – Transporte Mecánico del Reglamento Nacional de Edificaciones*. El Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/268656-norma-tecnica-em-070-transporte-mecanico-del-numeral-iii-4-instalaciones-electricas-y-mecanicas-del-titulo-iii-edificaciones-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-aprobado-por-decreto-supremo-n-011-2006-vivienda>
- Mohammed, J. A., Hashim, W. M., y Beram, B. S. (2020). Performance Improvement of a Conventional Hydraulic Elevator by Using Electro-Hydraulic Servo Mechanism. *Engineering and Technology Journal*, 38(5A), 748-760. <https://doi.org/10.30684/etj.v38i5A.367>
- Nazarova, O. S., Osadchyy, V. V., y Shulzhenko, S. S. (2022). Computer modeling of electromechanical system of two-speed elevator. *Herald of Advanced Information Technology*, 5(2), Article 2.



<https://doi.org/10.15276/hait.05.2022.11>

Pinto, R. P. (2021). *Diseño de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME – UNAC* [Universidad Nacional del Callao].

<https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5858>

Rao, A., y Mircevski, S. (2021). Possibilities for Energy Saving Predictions in Elevators. *Power Electronics and Drives*, 6(1), 218-228.

<https://doi.org/10.2478/pead-2021-0013>

Roark, R. J., y Young, W. C. (2002). *Formulas for Stress and Strain* (7th ed.).

McGraw-Hill. [https://jackson.engr.tamu.edu/wp-](https://jackson.engr.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/229/2023/03/Roarks-formulas-for-stress-and-strain.pdf)

[content/uploads/sites/229/2023/03/Roarks-formulas-for-stress-and-strain.pdf](https://jackson.engr.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/229/2023/03/Roarks-formulas-for-stress-and-strain.pdf)

Rosário, G. C., Gamarra, V. O., Alvarado, C. A., y Azevedo, F. (2021). Diseño de un ascensor asistido para usuarios de silla de ruedas. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(2), Article 2.

<https://doi.org/10.26495/icti.v8i2.1919>

Saavedra, C. A. (2023). *Diseño de elevador residencial modular de 2 niveles para adultos mayores y personas con discapacidad de movilidad*. [Tesis pregrado, Universidad del Valle de Guatemala].

<https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/4871>

Shevchuk, S., y Zaichenko, S. (2019). SECURING RELIABILITY AND JUSTIFICATION OF SERVICE LIFE OF ELECTROMECHANICAL EQUIPMENT FOR ELEVATOR GROUP OF A MULTI FLOOR

BUILDING. *Науковий Журнал «Енергетика: Економіка, Технології*,



Екологія», 4, Article 4. <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2019.200471>

So, A. (2019, marzo). Motor Drive and Control: An introduction to major elevator drives, including history, fundamentals and the future. *Elevator World*.
<https://elevatorbooks.com/wp-content/uploads/2019/07/MARCH-CE.pdf>

Soriano, M. E. (2025). *Diseño de un elevador vertical para facilitar el acceso al segundo piso en viviendas familiares*.
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/31216>

Soyaslan, M., Eldogan, O., Fenercioglu, A., y Avsar, Y. (2023). External rotor gearless elevator machine: A new design with flanged shaft. *Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*, 7(2), 1281-1291. <https://doi.org/10.1007/s41939-023-00285-3>

Stawiński, Ł., Kosucki, A., Skowrońska, J., y Malenta, P. (2025). Energy Efficiency Improvement of Hydraulic Indirect Elevator. *Energies*, 18(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/en18092163>

Strakosch, G. R., y Caporale, R. S. (2010). *The Vertical Transportation Handbook* (4th ed.). Wiley. <https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-581446-b9a976c604.pdf>

Vlachou, V. I., Efstathiou, D. E., y Karakatsanis, T. S. (2024). Design, Analysis and Application of Control Techniques for Driving a Permanent Magnet Synchronous Motor in an Elevator System. *Machines*, 12(8), Article 8.
<https://doi.org/10.3390/machines12080560>

Zbinden, L. (2025). *Diseño de un sistema elevador automatizado para el traslado de personas con discapacidad motriz implementado a vehículos*



[Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].

<http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/8405>



APÉNDICES



Apéndice 1: Matriz de Consistencia

Título: DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE	METODOLOGÍA
¿Cómo diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en la Norma Técnica EM.070 – Transporte Mecánico?	Diseñar un ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca, basado en los lineamientos de la Norma Técnica EM.070, 2025.	El diseño de un ascensor electromecánico, basado en la Norma Técnica EM.070, permitirá establecer una solución técnica adecuada para su implementación en edificaciones de hasta cuatro niveles en la ciudad de Juliaca.	Variable independiente: Diseño del ascensor electromecánico para edificaciones de hasta cuatro niveles	Enfoque: Cuantitativo Nivel: Descriptivo Técnica: Análisis documental Instrumento: Ficha de revisión documental
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		
PE1.- ¿Cuáles son los requerimientos técnicos, normativos y funcionales que deben considerarse para el diseño de un ascensor electromecánico en edificaciones de hasta cuatro niveles?	OE1.- Identificar los requerimientos técnicos, normativos y funcionales necesarios para el diseño de un ascensor electromecánico destinado a edificaciones de hasta cuatro niveles.	HE1.- La identificación de los requerimientos técnicos, normativos y funcionales permitirá orientar adecuadamente el diseño de un ascensor electromecánico conforme a las exigencias de edificaciones de hasta cuatro niveles.	Variable dependiente: Cumplimiento de la norma técnica EM.070	Población y muestra: La población está conformada por un ascensor electromecánico diseñado para una edificación de hasta cuatro niveles que cumplen con los requisitos técnicos de la norma EM.070
PE2.- ¿Cómo se debe elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, incluyendo planos, cálculos y sistema de control, conforme a los requerimientos establecidos por la normativa EM.070?	OE2.- Elaborar el diseño estructural y electromecánico del ascensor, considerando la cabina, sistema de tracción, guías, sistema de control y demás componentes, conforme a la Norma EM.070.	HE2.- La elaboración del diseño estructural y electromecánico del ascensor, incluyendo planos, cálculos y sistema de control, permitirá cumplir con los lineamientos establecidos por la Norma Técnica EM.070.		
PE3.- ¿Cuál es el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, considerando los materiales, equipos y componentes seleccionados?	OE3.- Estimar el costo referencial de implementación del ascensor electromecánico diseñado, en función de los materiales, equipos y componentes seleccionados.	HE3.- La estimación del costo referencial del ascensor electromecánico permitirá evaluar preliminarmente su viabilidad técnica y económica para su implementación en edificaciones de hasta cuatro niveles.		



Apéndice 2: Cálculo de ascensores para edificios residenciales

multifamiliares/Hoja de cálculo de MVCS

En la imagen se aprecia la hoja de cálculo proporcionada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en el cual se realiza el cálculo de ascensores para edificios residenciales multifamiliares/cumplimiento normativo

PERÚ		Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	Viceministerio de Construcción y Saneamiento	Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento	Dirección de Construcción
NORMA EM.070 TRANSPORTE MECÁNICO (2018)					
CÁLCULO DE ASCENSORES PARA EDIFICIOS RESIDENCIALES MULTIFAMILIARES (ÚNICO USO)					
1	Población total del proyecto (numero total de personas). No considerar la población del primer nivel o nivel de ingreso principal ni	26.00			
2	Población a transportar en cinco minutos (Número mínimo de personas)	1.56	6%	% Capacidad de transporte en 5 minutos segun norma	
3	Intervalo de espera máximo (segundos)	90		Intervalo de espera maximo segun norma	
DISEÑO DE ASCENSORES PARA EL PROYECTO					TOTAL
4	Cantidad de Ascensores	1			1
5	Número de pasajeros por ascensor (capacidad nominal)	6			
6	Capacidad útil de pasajeros (80% de la capacidad nominal)	4.8			
7	Número de plantas del proyecto (incluir todos los niveles y sótanos).	5			
8	Distancia vertical total del proyecto (metros). Desde nivel de piso terminado más bajo (por ejemplo, último sótano) hasta el último nivel de piso terminado más alto (por ejemplo, azotea).	10.95			
9	Velocidad nominal del ascensor (m/s) según fabricante	1.00			
10	Tipo de Puerta	Lateral			
11	Dimensiones de Puerta (metros)	0.80			
RESULTADOS					
12	Intervalo de espera del proyecto (segundos)	64.73	Sí cumple con la norma		64.73
13	Población a transportar en 5 minutos del proyecto (N° de personas)	22.25	Sí cumple con la norma		22.25
Nota: Comparar los resultados del cálculo (celdas 12 y 13) con los dos requisitos a cumplir establecidos en la norma (celdas 2 y 3). En caso no cumplir los dos requisitos a la vez, se debe recalcular el diseño con nuevos datos, como cantidad de ascensores, capacidad nominal, entre otros.					



Apéndice 3: Cálculo de la población (número total de personas)

En la imagen se aprecia la hoja de cálculo de la población total.

Piso	Departamento izquierdo		Departamento derecho	
	Dormitorios	Personas	Dormitorios	Personas
Primer piso	#101: 3 dormitorios	5	-	-
Segundo piso	#201: 3 dormitorios	5	#202: 2 dormitorios	3
Tercer piso	#301: 3 dormitorios	5	-	-
Cuarto piso	#401: 3 dormitorios	5	#402: 2 dormitorios	3
TOTAL DE PERSONAS				
26				



Apéndice 4: Estimación de peso desmontada de la cabina (para mostrar que sí son relevantes)

(hipótesis razonables usadas en la tesis: acero S275, densidad 7850 kg/m^3 , altura interior de cabina 2.20 m)

Resumen de estimación:

- Placa de piso (6 mm): $\approx 59 \text{ kg}$
- Chapas laterales (2 long sides, 1.5 mm): $\approx 65 \text{ kg}$
- Panel frontal (excluyendo hueco puerta) (1.5 mm): $\approx 6 \text{ kg}$
- Panel trasero (1.5 mm): $\approx 26 \text{ kg}$
- Placa superior / techo (1.5 mm): $\approx 15 \text{ kg}$
→ Subtotal chapas y placas $\approx 170 \text{ kg}$

A esto se suman (estimaciones razonables de diseño):

- Armazón / sling (perfiles estructurales): $\approx 100 \text{ kg}$ (se determinará con precisión tras seleccionar perfiles)
- Freno guía / piezas de guiado / herrajes: $\approx 15 \text{ kg}$
- Baranda, iluminación, accesorios y remates: $\approx 18 \text{ kg}$

Total estimado cabina (estructural + acabados): $\approx 303 \text{ kg}$ en este cálculo preliminar. Añadiendo acabados (revestimientos, suelo anti-deslizante, remates, tolerancia de diseño) dejamos un **margen y redondeo hasta $\approx 350 \text{ kg}$.**

Estimación del peso de la puerta de cabina

Estimaciones razonables (rangos típicos, para puerta telescópica 2 hojas, luz 0.80 m):

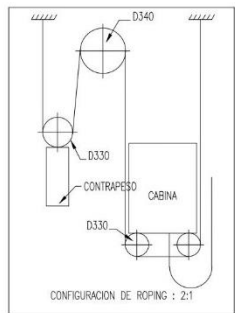
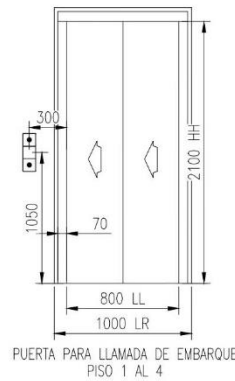
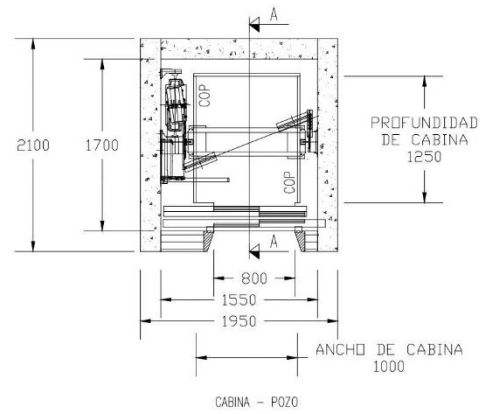
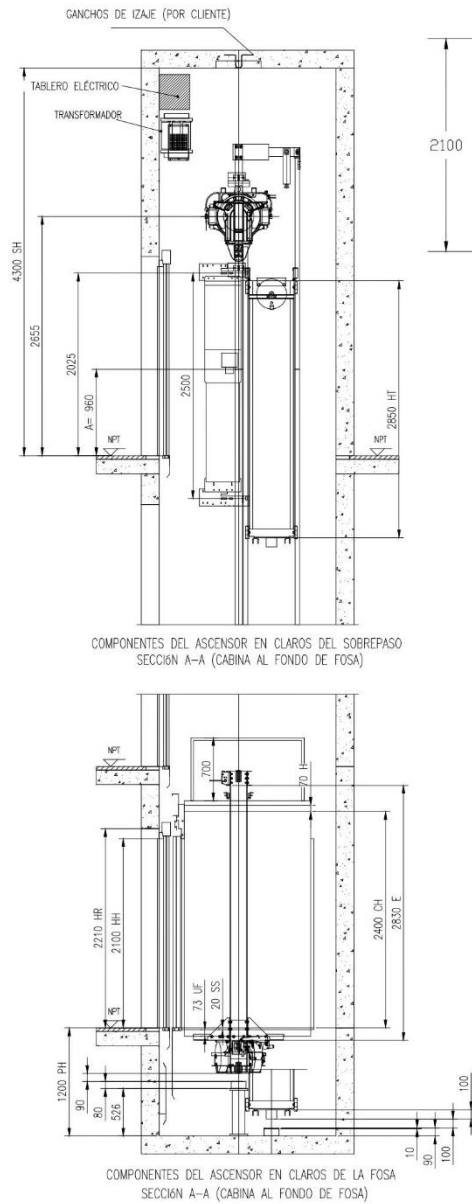
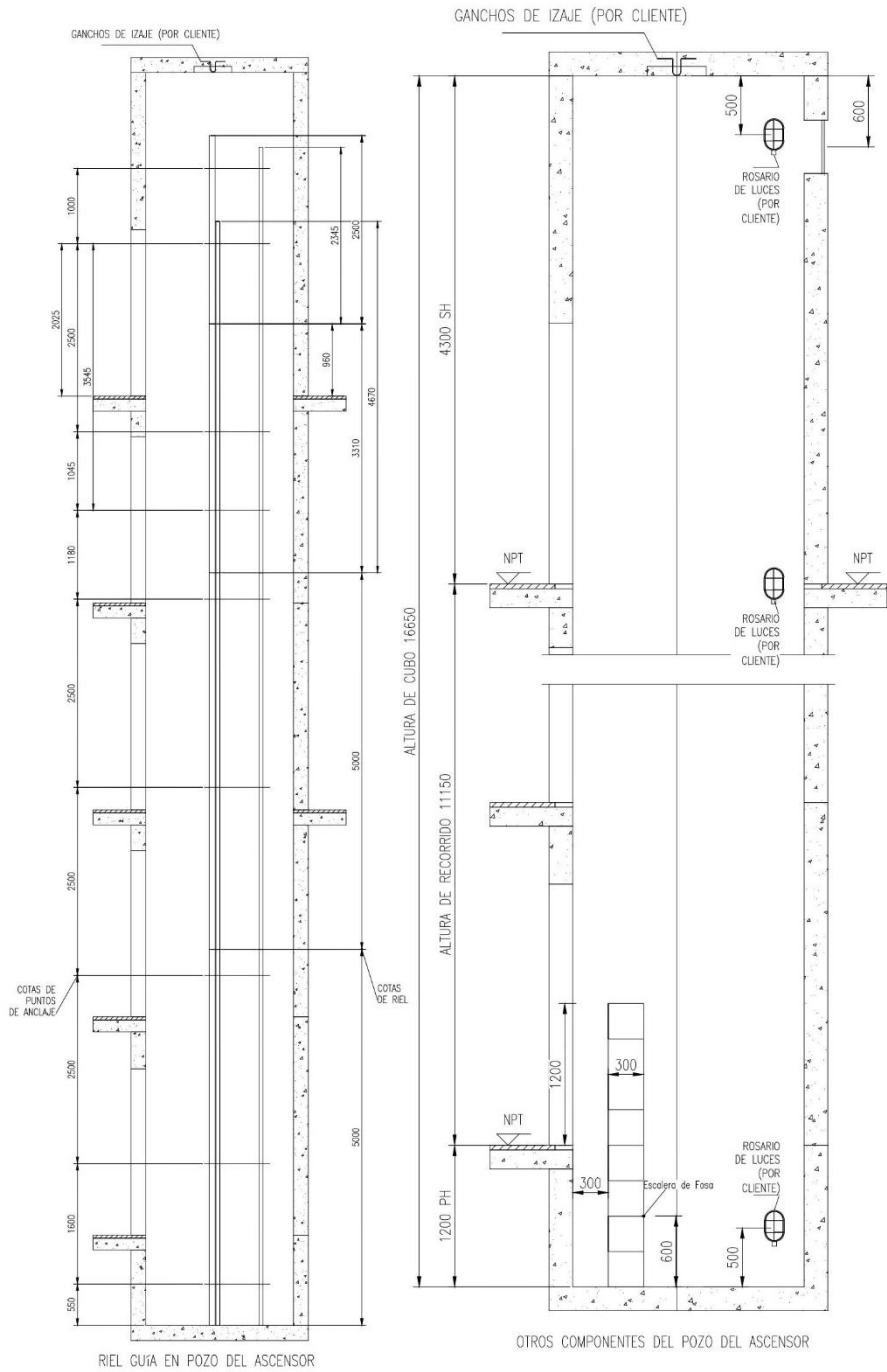
- **Hojas (2 hojas telescópicas, ensambladas con marco mínimo):** $\sim 20\text{--}40 \text{ kg}$ en total.
 - (Puertas de 0,8 m con marco ligero y chapa de 1.5–2 mm suelen pesar en ese rango).
- **Marco/guías y herrajes asociados:** $\sim 5\text{--}15 \text{ kg}$.
- **Operador / mecanismo de puerta (unidad motriz + reenvíos + carcasa):** $\sim 15\text{--}40 \text{ kg}$ (dependiendo si es compacto para puerta telescópica o más robusto).
- **TOTAL puerta + operador:** rango aproximado **40–95 kg**. Un valor razonable central: $\approx 60 \text{ kg}$.

Aplicación inmediata a la estimación previa:

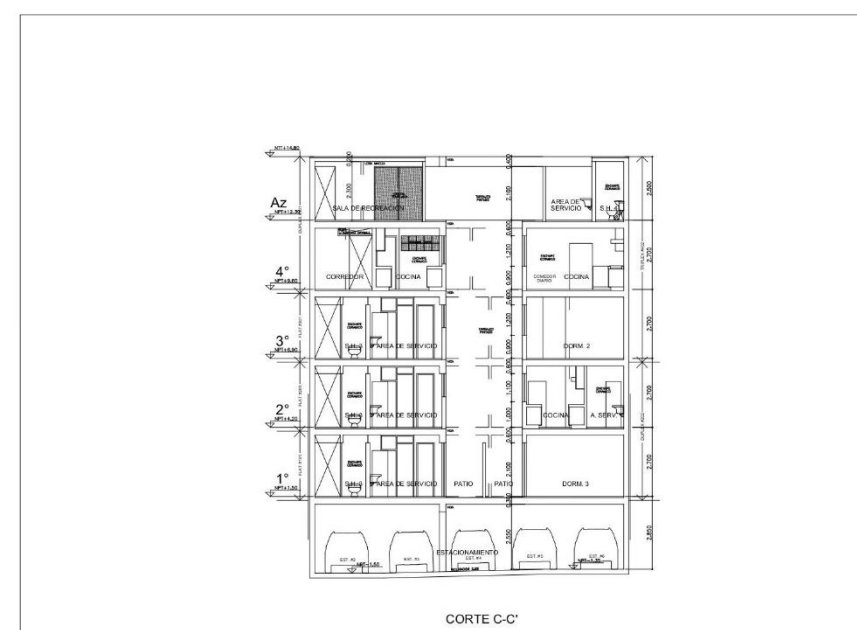
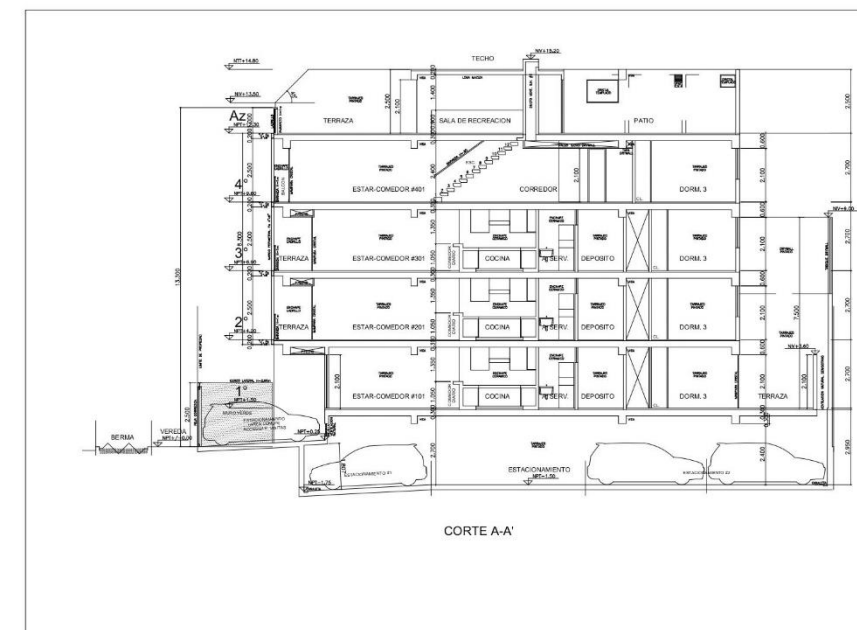
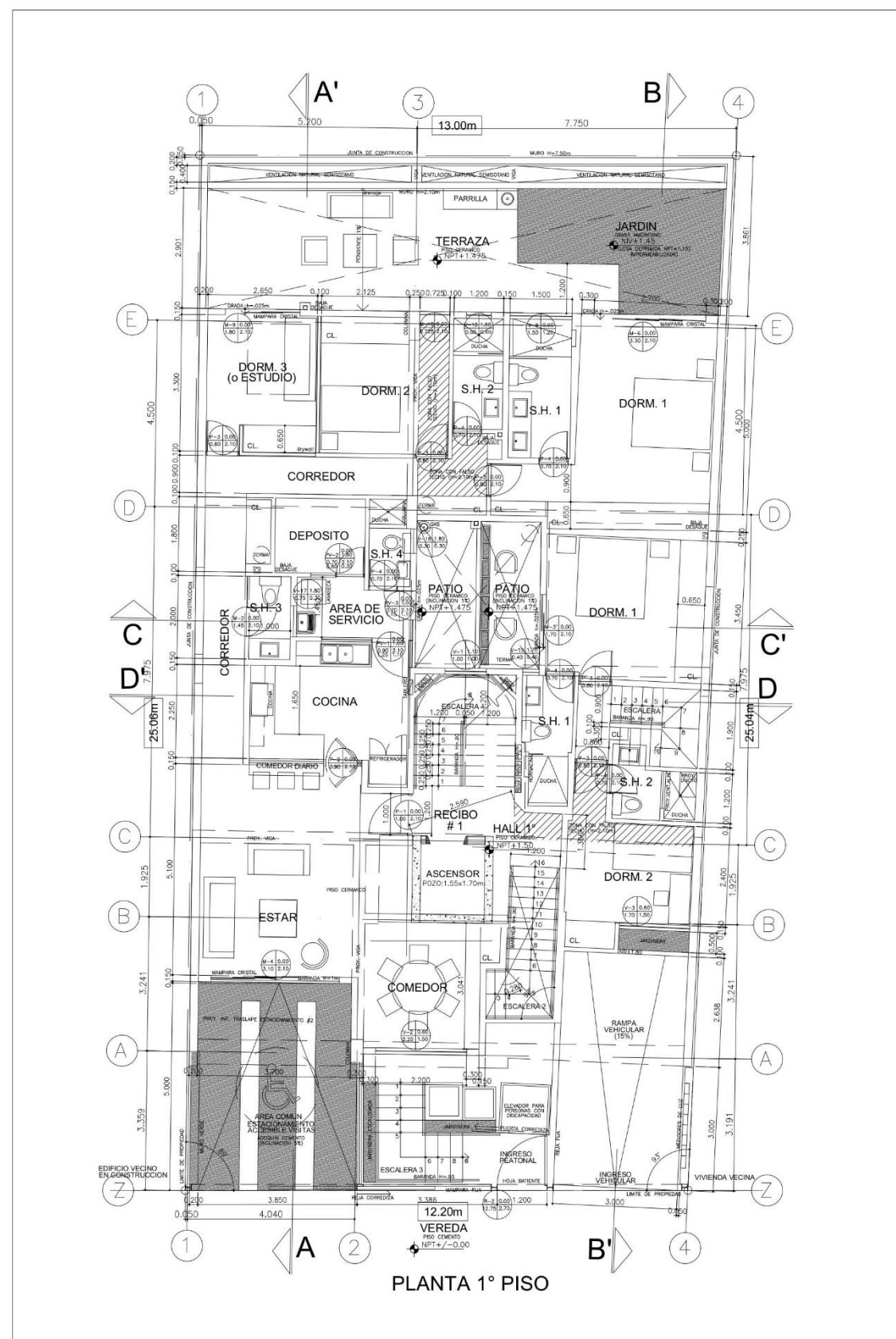
- En el cálculo anterior se usa una masa en vacío de cabina $\approx 350 \text{ kg}$ (supuesto global).
- Añadiendo una puerta telescópica + operador con $\approx 60 \text{ kg}$, la **masa en vacío real de la cabina** sería aproximadamente:
 $350 \text{ kg} + 60 \text{ kg} = 410 \text{ kg}$.



Apéndice 5: Planos



 UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS	TESIS : DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EN 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025*	CARRERA: INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
	LOCALIZACIÓN: DEPARTAMENTO : PUNO PROVINCIA : PUNO DISTRITO : JULIACA	PLANO: ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO
	TESISTA: Bach. WILFREDO ROQUE CRUZ	ESCALA: S/E
	ASESOR: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA	FECHA: OCTUBRE 2025
LAMINA: 01		



UNIVERSIDAD ANDINA
NESTOR CACERES
VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y
CIENCIAS PURAS

TESIS :
DISEÑO DE UN ASCENSOR
ELECTROMECÁNICO PARA EDIFICACIONES
DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA
NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE
JULIACA, 2025*

LOCALIZACIÓN:
DEPARTAMENTO : PUNO
PROVINCIA : PUNO
DISTRITO : JULIACA

TESISTA:
Bach. WILFREDO ROQUE CRUZ

ASESOR:
M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

CARRERA:
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

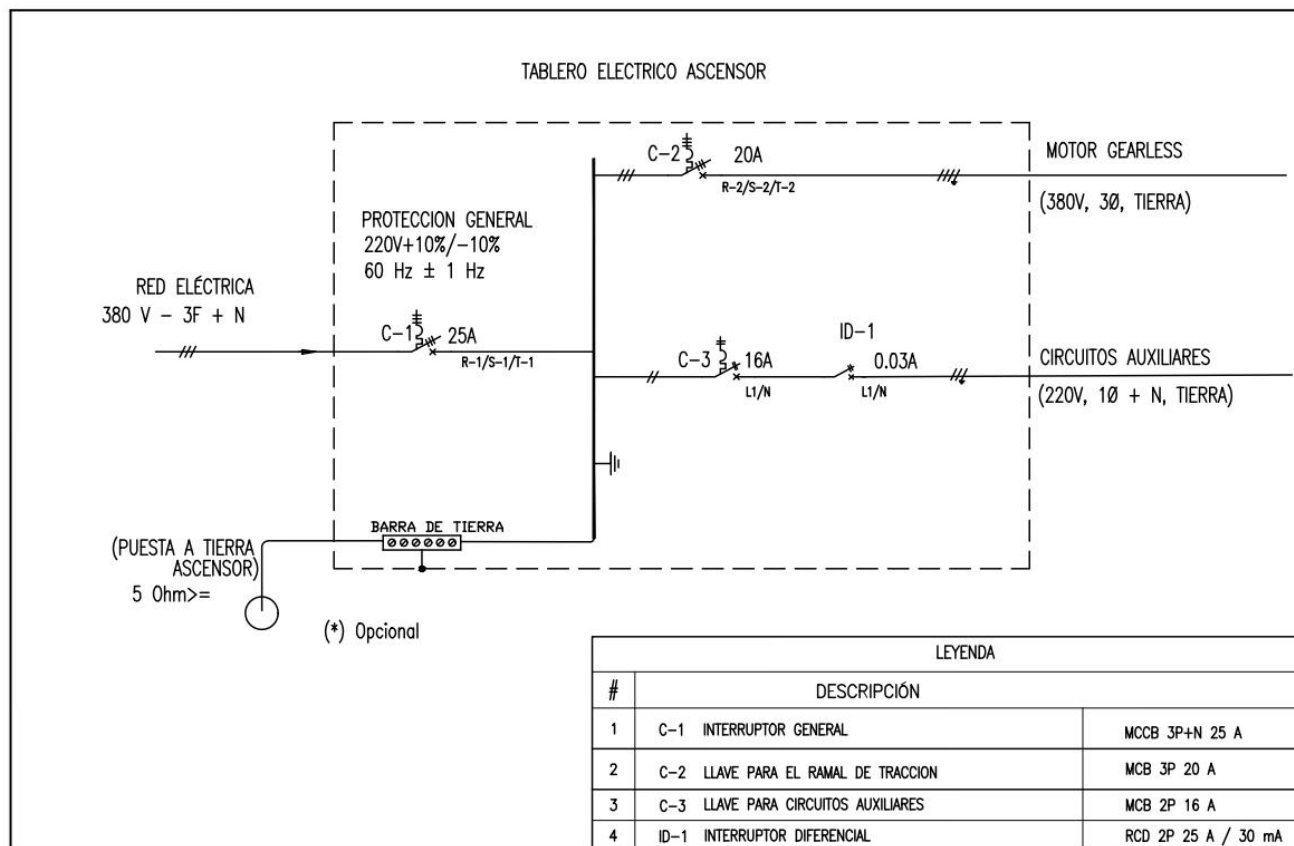
PLANO:
VIVIENDA MULTIFAMILIAR EN PROYECTO
4 PISOS

ESCALA:
S/E

FECHA:
OCTUBRE 2025

LAMINA:

02



	TESIS	DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025		CARRERA	INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA	
	LOCALIZACIÓN	DEPARTAMENTO:	PUNO	PLANO	DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO	
		PROVINCIA:	PUNO	ESCALA	S/E	
		DISTRITO:	JULIACA	LÁMINA	03	
UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS		TESISTA	Bach. WILFREDO ROQUECRUZ		FECHA	OCTUBRE 2025
		ASESOR	M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA			



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 06/01/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: WILFREDO ROQUE CRUZ
Dirección: Jr. volta con Av: Ucayali
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 45851821
Teléfono: 946676383 email: roquewcr@gmail.com
Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA
Asesor: M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐
Título: DISEÑO DE UN ASCENSOR ELECTROMECAÁNICO PARA EDIFICACIONES DE HASTA CUATRO NIVELES BASADO EN LA NORMA TÉCNICA EM 070 EN LA CIUDAD DE JULIACA, 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Ascensor electromecánico, diseño, accesibilidad, edificación.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☒ Sí autorizo
- ☐ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☒

Internacional

☐

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA – P18

Firma de Autor



huella digital

06 de ENERO del 2026

Fecha