



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Título del trabajo:

DISEÑO DE MANIOBRA DE ASCENSOR

ELEVATOR MANEUVER DESIGN

Autor

Alberto Novella Sanz

Director

Javier Esteban Escaño

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia
2017



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

MEMORIA

Título del trabajo:
DISEÑO DE MANIOBRA DE ASCENSOR

ELEVATOR MANEUVER DESIGN

Nº TFG: 424.17.74

Autor: Alberto Novella Sanz

Director: Javier Esteban Escaño

Fecha: 07-02-2018

INDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
1.1. PALABRAS CLAVE	2
2. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	5
4. DESARROLLO	6
4.1. EVOLUCION HISTORICA	7
4.1.1. LA ANTIGÜEDAD	7
4.1.2. EL PERIODO GRECO-ROMANO	8
4.1.3. LA EDAD MEDIA	9
4.1.4. EL VAPOR COMO SISTEMA DE TRACCION	11
4.1.5. ELISHA GRAVES OTIS: LA SEGURIDAD	12
4.1.6. LA TRACCION ELECTRICA	13
4.1.7. LOS COMIENZOS DEL SIGLO XX: LA ELECTROMECAÁNICA	13
4.1.8. DÉCADA DE LOS 70: LOS CIRCUITOS INTEGRADOS	14
4.1.9. AÑOS 80: EL MICROPROCESADOR	14
4.1.10. EN LA ACTUALIDAD	15
4.2. DEFINICION DE ASCENSOR	16
4.3. NORMATIVA APLICABLE	17
4.3.1. Normativa Europea	17
4.3.2. Normativa nacional	18
4.4. CLASIFICACIÓN DE ASCENSORES	21
4.4.1. ELÉCTRICOS	21
4.4.1.1. De 1 velocidad	21
4.4.1.2. De 2 velocidades	21
4.4.1.3. Con Variación de Frecuencia	22
4.4.1.4. Influencia de la velocidad en la nivelación	22
4.5. DISPOSICIONES DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO	23
4.5.1. ASCENSOR CON CUARTO DE MAQUINAS	23
4.5.2. ASCENSOR SIN CUARTO DE MAQUINAS	25
4.6. PARTES DE UN ASCENSOR ELECTRICO	26
4.6.1. Puertas de piso o de rellano	26
4.6.2. Guías y fijación de guías	26

4.6.2.1.	Guías de cabina	26
4.6.2.2.	Guías de contrapeso	27
4.6.3.	<i>Sistemas de deslizamiento</i>	27
4.6.3.1.	Deslizaderas (apoyo deslizante)	27
4.6.3.2.	Rodaderas (apoyo mediante rodillos).	27
4.6.4.	<i>Máquina</i>	28
4.6.5.	<i>Cables</i>	28
4.6.5.1.	Cable de compensación	29
4.6.5.2.	Cable del Limitador	30
4.6.5.3.	Cables de tracción	30
4.6.6.	<i>Sistemas de suspensión del cable</i>	31
4.6.7.	<i>Contrapeso</i>	32
4.6.8.	<i>Cabina</i>	33
4.6.8.1.	Dimensiones y carga de la cabina	33
4.6.9.	<i>Hueco</i>	34
4.6.10.	<i>Bancada de la máquina</i>	35
4.6.11.	<i>Otros elementos:</i>	35
4.6.12.	<i>ELEMENTOS DE SEGURIDAD</i>	36
4.7.	ACCIONAMIENTOS	37
4.7.1.	MOTORES	37
4.7.1.1.	Disposición con Reductor y Motores de 1 velocidad	39
4.7.1.2.	Disposición con reductor y Motores de 2 velocidades	39
4.7.1.3.	Disposición con reductor y Motores con convertidor de frecuencia	39
4.7.1.4.	Disposición sin reductor y Motores con convertidor de frecuencia/Inversor	40
4.7.1.4.1.	MAQUINA ASINCRONA	40
4.7.1.4.2.	MAQUINA SINCRONA	40
4.7.2.	VARIADORES DE FRECUENCIA. PRINCIPIO BÁSICO DEL FUNCIONAMIENTO	44
4.7.3.	TIPOS DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD DE LA MÁQUINA	45
4.7.3.1.	CONTROL ESCALAR	46
4.7.3.1.1.	VARIACION DE VELOCIDAD A FLUJO CTE	47
4.7.3.1.2.	Control en lazo abierto.	48
4.7.3.1.3.	Control en lazo cerrado	48
4.7.3.1.4.	VARIACION DE VELOCIDAD POR REDUCCION DE FLUJO	49
4.7.3.1.5.	CONTROL DIRECTO DE PAR	50
4.7.3.2.	CONTROL VECTORIAL	51
4.7.3.2.1.	METODO DIRECTO	55
4.7.3.2.2.	METODO INDIRECTO	55
4.7.4.	Freno	57
4.7.4.1.	Freno electromecánico	57
4.7.4.2.	Eficacia del frenado.	58

4.7.4.3.	Freno eléctrico	58
4.7.5.	Reductor	59
4.7.6.	Poleas de tracción	60
4.7.7.	Volante de inercia	61
4.7.8.	Polea de desvío	61
4.8.	COMPONENTES DE SEGURIDAD	62
4.8.1.	LIMITADOR DE VELOCIDAD	62
4.8.2.	PARACAÍDAS	64
4.8.2.1.	Paracaídas de acción instantánea.	65
4.8.2.2.	Paracaídas de acción progresiva.	65
4.8.2.3.	Paracaídas de Contrapeso	67
4.8.3.	PESACARGAS	67
4.8.4.	AMORTIGUADORES O PUFFERS	67
4.8.5.	PROTECCIÓN DE LAS MÁQUINAS	68
4.8.6.	OPERADOR, PUERTAS DE CABINA Y PUERTAS DE PISO	69
4.8.6.1.	Operador	69
4.8.6.2.	Puertas de cabina	71
4.8.6.3.	Puertas de piso o rellano	71
4.9.	MANIOBRAS. TIPOS DE MANIOBRAS Y SU UTILIZACIÓN MÁS CONVENIENTE.	72
4.9.1.	Maniobra automática simple o Universal	73
4.9.2.	Maniobra selectiva colectiva en descenso	73
4.9.3.	Maniobra selectiva colectiva en ascenso y descenso	74
4.10.	SENSORES EN LOS ASCENSORES	78
4.10.1.	CONTROL DE LA MAQUINA (VELOCIDAD, SENTIDO MARCHA)	79
4.10.2.	CONTROL APERTURA-CIERRE DE PUERTAS DE CABINA Y RELLANO	80
4.10.3.	CONTROL POSICION EN PLANTA O SISTEMA DE POSICIONAMIENTO	82
4.10.3.1.	Colocación de Magnéticos	83
4.10.3.2.	Colocación de imanes	84
4.10.4.	MONITORIZACION DEL PESO O CARGA EN CABINA (PESACARGAS)	86
4.10.5.	SENSORES DE LIMITADOR DE VELOCIDAD Y PARACAIDAS	88
4.10.5.1.	LIMITADOR DE VELOCIDAD	88
4.10.5.2.	PARACAÍDAS	88
4.11.	CADENA DE SEGURIDAD	89
4.11.1.	Cadena de seguridad de la Instalación de hueco	89
4.11.2.	Cadena de Seguridad de la Instalación de cabina	91
4.11.3.	Cadena de seguridad de la Instalación completa	91
5.	ELECCION DE ELEMENTOS PARA INSTALACION DE LA PROPUESTA DE TFG	93
5.1.	ELECCION DE LA MAQUINA	93

INDICES

5.2.	ELECCION ENCODER MAQUINA _____	96
5.3.	ELECCION DEL VARIADOR DE FRECUENCIA _____	97
6.	PROGRAMACION UML MANIOBRA ASCENSOR _____	99
6.1.	ADECUACION DE UML AL SISTEMA PROPUESTO _____	99
6.2.	INTRODUCCION A UML _____	100
6.2.1.	<i>MODELANDO ESTATICAMENTE EL SISTEMA _____</i>	<i>102</i>
6.2.1.1.	DIAGRAMA DE CASOS DE USO _____	102
6.2.1.2.	DIAGRAMA DE CLASES _____	104
6.2.1.2.1.	DIAGRAMA DE CLASES. PUNTO DE VISTA DE CLASES _____	105
6.2.1.2.2.	DIAGRAMA DE CLASES. PUNTO DE VISTA DEL SOFTWARE _____	107
6.2.1.2.3.	DIAGRAMA DE CLASES. PUNTO DE VISTA DE ARQUITECTURA DEL SISTEMA _____	109
6.2.2.	<i>MODELAR EL ASPECTO DINAMICO DEL SISTEMA _____</i>	<i>112</i>
6.2.2.1.	Diagramas de secuencia _____	112
6.2.2.1.1.	Caso de uso 1 - Llamadas de rellano en proceso _____	113
6.2.2.1.2.	Caso de uso 2: procesar llamadas desde la Cabina _____	113
6.2.2.1.3.	Caso de uso 3: mover / detener la cabina _____	114
6.2.2.1.4.	Caso de Uso 4 – Mostrar la Posición de la Cabina _____	115
6.2.2.1.5.	Caso de uso 5: Mostrar la dirección de movimiento _____	115
6.2.2.1.6.	Caso de Uso 6 - Abrir / Cerrar las puertas _____	116
6.2.2.1.7.	Caso de Uso 7 - Accionamiento del freno de emergencia _____	117
6.2.2.2.	DIAGRAMAS DE CASOS DE USO _____	119
6.2.2.2.1.	DIAGRAMA DE CASO DE USO LLAMADA DESDE BOTONERA PISO _____	119
6.2.2.2.2.	DIAGRAMA DE CASO DE USO LLAMADA DESDE BOTONERA CABINA _____	120
6.2.2.2.3.	MOVER / DETENER CABINA _____	121
6.2.2.2.4.	MOSTRAR POSICION CABINA _____	121
6.2.2.2.5.	MOSTRAR DIRECCION DE MOVIMIENTO _____	122
6.2.2.2.6.	ABRIR/CERRAR PUERTAS _____	122
6.2.2.2.7.	ACCIONAMIENTO PARACAIDAS _____	123
7.	ELECCION DEL HARDWARE _____	125
7.1.	CONTROLADORES _____	125
7.1.1.	<i>CONTROLADOR BOTONERAS DE PISO _____</i>	<i>125</i>
7.1.2.	<i>CONTROLADOR BOTONERA CABINA _____</i>	<i>126</i>
7.1.3.	<i>CONTROLADOR DE CABINA _____</i>	<i>126</i>
7.1.4.	<i>CONTROLADOR PARACAIDAS _____</i>	<i>126</i>
7.1.5.	<i>CONTROLADOR GENERAL _____</i>	<i>127</i>
8.	CONCLUSIONES _____	134
9.	BIBLIOGRAFÍA _____	135

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.Utilizacion del contrapeso para reducir el esfuerzo en elevaciones .	8
Ilustración 2. Esquemas de Polipastos. Relación recorrido-esfuerzo de elevación	8
Ilustración 3. Sistemas de Elevación usados por los mineros en Baja Sajonia ...	10
Ilustración 4. Maquina de elevación en las minas de Almadénl.....	11
Ilustración 5. Máquina Ascensor"Teagle" (Inglaterra 1845)	11
Ilustración 6.Demostración del primer ascensor para personas por E.G.Otis	12
Ilustración 7. Resumen disposiciones Norma EN 81-20/50	20
Ilustración 8.Diagrama velocidad-recorrido para ascensores de 1 y 2 velocidades	21
Ilustración 9. Diagrama velocidad-tiempo en disposición con variador de frecuencia.....	22
Ilustración 10. Esquema elementos de ascensor eléctrico con cuarto de máquinas	24
Ilustración 11. Comparación ascensor con y sin cuarto de máquinas	25
Ilustración 12. Estructura básica de un cable de acero.....	29
Ilustración 13. Disposición cables en un ascensor	29
Ilustración 14. a)Cordones de alambres de igual y distinto diametro b) Seale c) Warrington d) Filler-Wire	31
Ilustración 15.Esquemas de arrastre por adherencia de los cables de tracción. a) Maquina arriba con Polea desviadora y suspensión 1:1, b) Máquina abajo con suspensión 1:1, c) Máquina arriba con suspensión 2:1	31
Ilustración 16. Esquema de fuerzas en cabina y contrapeso	32
Ilustración 17. Instalación con máquina sin reductor y con reductor (en cuarto de maquinas)	38
Ilustración 18. Maquinas con Reductor para instalación de ascensor.....	40

Ilustración 19. Cuadro comparativo motor inducción, instalación hidráulica y motor síncrono	41
Ilustración 20. Motores síncronos de Imanes Permanentes	43
Ilustración 21. Esquema funcionamiento Variador de Frecuencia	45
Ilustración 22. Esquema de control escalar en lazo abierto.....	48
Ilustración 23. Esquema de control escalar en lazo cerrado.....	49
Ilustración 24. Características Par-velocidad en un control a potencia cte.	50
Ilustración 25. Diagrama de bloques del control directo del par (DTC).....	51
Ilustración 26. Comparación entre las maquinas de c.c. y las máquinas asíncronas	54
Ilustración 27. Calculo de las componentes de corrientes para la regulación de campo orientado	54
Ilustración 28. Esquema de control vectorial	56
Ilustración 29. Frenos electromecánicos	57
Ilustración 30. Tipos de garganta de Poleas a) Perfil trapezoidal, b) semiesférico con entalla, c) Semiesférico sin entalla.....	60
Ilustración 31. Grupo Tractor General, b) Maquina vertical, c) Con Polea de desvío	61
Ilustración 32. Esquema de un limitador de velocidad y su fijación en un chasis de cabina	63
Ilustración 33. Esquema circuito de seguridad de un ascensor.....	63
Ilustración 34. Limitador de velocidad oscilante (izqda.) y centrífugo (dcha.) ...	64
Ilustración 35. Limitador de control electrónico	64
Ilustración 36. Paracaídas y su instalación con limitador en chasis de cabina....	66
Ilustración 37. Tipos de paracaídas	66
Ilustración 38. Operador con puertas de Cabina	69
Ilustración 39. Patín Retráctil en un mecanismo u Operador.....	70
Ilustración 40. Puertas de Piso o Rellano	72
Ilustración 41. Esquema distribución sensores en una instalación	79
Ilustración 42. Distintos sensores infrarrojos usados en puertas.	81

Ilustración 43. Colocación switch en operador de cabina y suspensión de puertas de piso	82
Ilustración 44. Sensores magnéticos	83
Ilustración 45. Fococélulas para detección posición cabina.....	83
Ilustración 46. Esquema colocación magnéticos en soporte Cabina	84
Ilustración 47. Configuraciones posibles de interruptores magnéticos	85
Ilustración 48. Colocación imanes en la guía	85
Ilustración 49. Instalación Pesacargas en cables de tracción cabina.....	87
Ilustración 50. Limitador centrífugo y su mecanismo interior	88
Ilustración 51. Cadena de Seguridad de instalación de hueco	90
Ilustración 52. Cadena de Seguridad de la instalación de cabina	91
Ilustración 53. Cadena de Seguridad de la instalación completa.....	92
Ilustración 54. Disposición tipo de suspensión	95
Ilustración 55. Diagrama de Casos de Uso	103
Ilustración 56. Diagrama de clases	106
Ilustración 57. Diagrama de Clases. Punto de vista del software	108
Ilustración 58. Diagrama de Clases. Punto de vista de la Arquitectura	111
Ilustración 59. Caso de uso 1 y 2.....	113
Ilustración 60. Caso de Uso 3.3 y 3.4	114
Ilustración 61. Caso de Uso 3.1 y 3.2	114
Ilustración 62. Caso de Uso 4.....	115
Ilustración 63. Caso de Uso 5.....	116
Ilustración 64. Casos de Uso 6.1 y 6.2	116
Ilustración 65. Caso de Uso 6.3	117
Ilustración 66. Caso de Uso 7.1	117

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION	6
Tabla 2. Número de pasajeros y carga máxima autorizada segun superficie de la cabina (EN 81-1)	34
Tabla 3. Tipos de Maniobras.....	77
Tabla 4. tabla elección Maquina síncrona	94
Tabla 5. Características Maquina síncrona T0.3.....	95
Tabla 6. Modelos de limitador de velocidad disponibles compatibles	96

1. RESUMEN

Actualmente el uso de los ascensores es un elemento fundamental para el movimiento eficiente de personas y mercancías dentro de las instalaciones de un edificio. En el mundo en el que vivimos no concebiríamos un edificio sin ascensor y tenemos totalmente asumido el ascensor como un medio más de transporte que usamos día a día. Si nos fijamos en la evolución histórica nos daremos cuenta que los avances en la electrónica de potencia, en las máquinas eléctricas, así como en la electrónica en general ha permitido un gran avance en el diseño de la regulación y control del funcionamiento del ascensor. Dichos avances han permitido que la disposición del ascensor dentro del hueco y el alcance de la regulación hayan cambiado totalmente los ascensores que se instalan ahora respecto a los ascensores de hace 20-25 años permitiendo diseños más eficientes, sencillos, fiables y con prestaciones que antes no se podían conseguir o necesitaban de instalaciones más complejas y aparatosas.

El presente documento es la memoria de desarrollo de un TFG consistente en el diseño de la maniobra de ascensor partiendo de los datos de una instalación, así como de la elección de la parte tractora adecuada para un funcionamiento adecuado y conforme a la Normativa aplicable.

En función de los datos de una instalación, (su disposición de suspensión, velocidad, carga, número de paradas) se ha realizado un estudio del arte de la tecnología de máquinas eléctricas y la elección justificada de un tipo de máquina dimensionada para tal disposición. Lo mismo se ha realizado para la regulación de dicha máquina, campo en el que mayor avance y cambio se ha experimentado en los últimos años gracias a los avances en la regulación de máquinas eléctricas. En dicha justificación se ha tenido en cuenta las problemáticas que pueden surgir por la elección de un tipo de regulación inadecuado, justificando la elección de un variador con un sistema de regulación concreto que soluciona o mitiga posibles inconvenientes aparecidos en instalaciones similares.

En cuanto a la maniobra o "cerebro" del ascensor se ha estudiado el tipo de disposición más adecuada y su programación para un sistema embebido en tiempo real usando el lenguaje UML ("Unified Modeling Language"). La justificación del lenguaje UML es que mediante UML podemos modelar el sistema de estudio y nos aprovechamos de 2 ventajas importantes: permite un plano/visión global que permite detectar más fácilmente las dependencias y relaciones implícitas de los elementos del sistema, y la segunda razón radica en que los cambios en una etapa inicial (Análisis)

Resumen

resultan más fáciles de realizar que en una etapa final de un sistema como lo sería la fase intensiva de codificación. Una vez hecha la programación en UML se ha realizado la elección del hardware adecuado para garantizar el funcionamiento correcto.

Como último punto se ha expuesto la problemática que existe de vibraciones transmitidas a la cabina de un ascensor con una disposición de maquina similar a la escogida en el TFG expuesto y las posibles estrategias para solucionarlo. Sin embargo el alcance de este punto supera el alcance un TFG y se deja indicado la estrategia o esquema a seguir pero no se desarrollan.

1.1. PALABRAS CLAVE

El resumen en cinco palabras clave podría ser:

Maquina Síncrona

Control vectorial en variador de frecuencia que regula la maquina

Maniobra, Sistema embebido en tiempo real programado en UML

Controladores Arduino

Estrategia para mitigar el cogging torque (vibraciones transmitidas a la cabina)

2. ABSTRACT

Currently the use of elevators is a fundamental element for the efficient movement of people and goods within the facilities of a building. In the world in which we live we would not conceive a building without an elevator and we have totally assumed the elevator as another kind of transportation that we use every day. If we look at the historical evolution we will realize that the advances in power electronics, in electric machines, as well as in electronics in general has allowed a breakthrough in the design of control of elevator operation. These advances have allowed that the layout of the elevator within the hoist way and the scope of the control have totally changed the elevators that are installed nowadays with respect to the elevators of 20-25 years ago, allowing more efficient, simple, reliable and performance-oriented designs than before than they could not be obtained or needed more complex and bulky facilities.

This document is the development report of a TFG consisting on a design of the lift maneuver based on the data of a particular installation, as well as the choice of the appropriate machine for proper operation and in accordance with the applicable regulations.

Based on the data of the installation, (its suspension type, regular speed, load, number of stops) a study of the art of the technology of electric machines and the justified choice of a type of machine dimensioned for such an arrangement has been made. The same has been done for the control of said machine, field in which greater progress and change has been experienced in recent years thanks to advances in the control of electric machines. In this justification has been taken into account the problems that may arise from the choice of an inappropriate type of inverter technology, justifying the choice of an inverter with a specific control technology that solves or mitigates potential problems that appeared in similar facilities. Regarding the maneuver or "brain" of the elevator, the most suitable type of arrangement and its programming for an embedded system in real time using the UML language ("Unified Modeling Language") has been studied. The justification of the UML language is that through UML we can model the study system and take advantage of two important advantages: it allows a global plane / vision that allows to more easily detect the dependencies and implicit relationships of the elements of the system, and the second reason lies in which the changes in an initial stage (Analysis) are easier to perform than in a final stage of a system such as the intensive coding phase. Once the



programming in UML has been made, the choice of the appropriate hardware has been made to guarantee the correct operation.

As a last point, the problematic that exists of vibrations transmitted to the cabin of an elevator with a machine layout similar to that chosen in the TFG and the possible strategies to solve it has been exposed. However, the scope of this point exceeds the scope of a TFG and the strategy or scheme to be followed is indicated, but they are not developed.

3. INTRODUCCIÓN

Las motivaciones para la elección del diseño de la maniobra de un ascensor han sido diversas pero se podrían resumir en la facilidad que he tenido debido a mi situación laboral para el acceso a información y tecnologías usadas en el mundo del ascensor, así como el conocimiento de problemáticas concretas de instalaciones similares a la contemplada en el presente TFG. Sin embargo las motivaciones no han sido únicamente estas sino que un ascensor presenta unas características muy apropiadas para el desarrollo de soluciones mecatrónicas. Por tanto el desarrollo de una maniobra de ascensor ha supuesto una magnífica oportunidad para poder aplicar los conocimientos teóricos adquiridos y poder además ampliarlos en algunas aéreas o puntos concretos d que se expondrán en este TFG.

Lo que he pretendido más concretamente con este TFG ha sido el diseño esquemático de una maniobra que mejore las características ofrecidas por las maniobras que he podido conocer en el ámbito de mi trabajo, solucionando algunos inconvenientes que presentaban la disposición o tecnologías que se usan en dichas maniobras. Para ello he tenido que fundamentar teóricamente el empleo de soluciones distintas a las empleadas. Para ello el presente TFG se compone de las siguientes partes:

- Breve introducción histórica del ascensor
- Definición de ascensor, normativa aplicable y los distintos tipos
- Disposición del ascensor Eléctrico y sus partes
- Estudio del arte de los accionamientos y sensores del ascensor.
- Elección de la maquina adecuada y el inversor adecuado a dicha maquina, así como otras partes del ascensor.
- Programación UML de la maniobra, con los correspondientes diagramas que justifican la disposición de los elementos.
- Elección del hardware adecuado para la maniobra.
- Un último punto en el que se presenta los posibles problemas de vibraciones que aparecen con el uso de maquinas similares a la escogida. Se indica esquemáticamente sin desarrollar las posibles soluciones para solucionarlo.

4. DESARROLLO

Como se ha comentado en el punto anterior, la metodología a seguir para el desarrollo de esta memoria ha sido la de exponer primeramente una breve introducción histórica seguida de la definición de ascensor, normativa aplicable y una breve descripción de los distintos tipos de ascensor. Seguidamente se ha realizado un estudio del arte de los accionamientos y sensores empleados en ascensores similares al de partida. Las características del ascensor o estructura y características de este son las siguientes:

Tabla 1. CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

DIMENSIONES GENERALES Y DATOS DE INSTALACION	
TIPO CHASIS DE CABINA	<i>MRM (tipo mochila)</i>
TIRO CABINA	<i>2:1</i>
DISPOSICION CABINA	<i>B1 / IZQUIERDA / 0°</i>
SENTIDO APERTURA PUERTAS	<i>APERTURA IZQUIERDA</i>
POSICION CONTRAPESO	<i>IZQUIERDA</i>
MEDIDAS CABINA / ANCHURA	<i>1989 mm</i>
MEDIDAS CABINA / PROFUNDIDAD	<i>1640 mm</i>
ALTURA RECORRIDO	<i>13.560 mm</i>
ALTURA FOSO	<i>830 mm</i>
ALTURA HUIDA	<i>3600 mm</i>
NUMERO DE PARADAS	<i>5</i>
DISTANCIA ENTRE SOPORTE GUIAS	<i>1500 mm</i>
CARGA CABINA (Q)	<i>630 Kg</i>
PESO CABINA (P)	<i>786 Kg</i>
NUMERO PASAJEROS	<i>8</i>
Nº SERVICIOS	<i>5 (1 EMBARQUE POR PARADA)</i>
VOLTAJE INSTALACION/MOTOR	<i>380 V</i>
TIPO VOLTAJE	<i>TRIFASICO</i>
FRECUENCIA DE TRABAJO	<i>50 Hz</i>

Después de la exposición del estudio del arte se presenta la justificación para la elección de un tipo de máquina y de un variador adecuado a ella, así como los sensores necesarios para su funcionamiento correcto.

El siguiente punto se expondrá la justificación de la disposición de los controladores y los elementos en red según los diagramas UML obtenidos y se justificara el hardware elegido.

Por último se expondrá que problemática de vibraciones transmitidas a la cabina pueden presentar el uso de maquinas síncronas de imanes permanentes en una disposición similar a la escogida en este TFG y la posible estrategia para solucionarlo o mitigarlas.

4.1. EVOLUCION HISTORICA

Hasta que Elisha Graves Otis inventó el ascensor con seguridad para personas en 1853, la Humanidad había recurrido a medios con grúas, poleas y aparejos para transportar cargas pesadas a lugares elevados.

4.1.1. LA ANTIGÜEDAD

Los primeros mecanismos de elevación y transporte fueron palancas, poleas, rodillos y planos inclinados. La realización de grandes trabajos de construcción de este tipo exigía un gran número de personas implicadas, así en la construcción de la pirámide de Keops (s. XXII a.C.), de 147 m de altura, estuvieron ocupadas permanentemente cerca de cien mil personas.

Hacia el 2820 a.C. se obtienen en China fibras resistentes a partir de la planta del cáñamo, de forma que los artesanos son capaces de fabricar las primeras cuerdas. También aparecen sobre esta época los elevadores de palanca, prototipos primitivos de nuestros aparatos elevadores actuales, con una pluma en voladizo para elevar agua.

En Egipto y Mesopotamia (1550 a.C.) se generaliza el empleo del shadoof (Figura 4.1.1.1), un mecanismo de palanca utilizado para elevar el agua procedente de los ríos con el fin de regar los campos. Se trata de una forma más compleja de una construcción basada en la palanca.

Sobre una columna fija se monta una palanca de dos brazos alrededor de un eje que puede girar horizontalmente. Los brazos son de longitudes diferentes, disponiendo el más corto de ellos de una piedra, como contrapeso, suficiente para elevar el cubo lleno que está sujeto al brazo más largo. Solo hacía falta una persona que se situaba bajo el brazo más largo para bajarlo e introducir el cubo en el río.

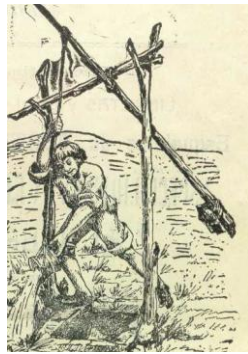


Ilustración 1. Utilización del contrapeso para reducir el esfuerzo en elevaciones

4.1.2. EL PERIODO GRECO-ROMANO

Desde que el hombre ha ocupado más de un piso en un edificio, ha tomado en consideración de alguna manera el transporte vertical. Las formas más primitivas fueron, por supuesto, escaleras de mano, grúas movidas por tracción animal o tornos accionados manualmente. Ruinas de la Antigua Roma muestran signos de guías por las que se desplazaban plataformas de elevación.

Hacia el 700 a.C. los mecánicos griegos desarrollan la técnica de la descomposición de las fuerzas con ayuda de los llamados polipastos. El polipasto se compone de una polea fija y una segunda sujeta al objeto a desplazar. Una cuerda discurre, partiendo de un punto fijo, primero alrededor de la polea móvil y después de la fija. Estirando del extremo libre la carga se desplaza únicamente la mitad de la distancia que lo hace este extremo, pero se consigue un esfuerzo menor para ello.

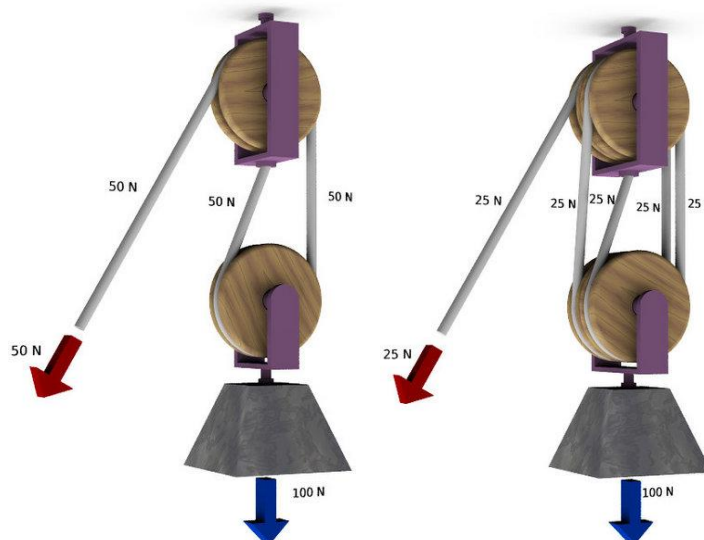


Ilustración 2. Esquemas de Polipastos. Relación recorrido-esfuerzo de elevación

Tres inventores griegos deben ser mencionados en la historia de la elevación: Ctesibio, Arquímedes y Herón de Alejandría.

Ctesibio vivió en Alejandría hacia el 270 a.C. y fabricó el primer cilindro provisto de un émbolo, al que cabe considerar como la primera bomba de pistón.

Arquímedes (287 – 212 a.C.) desarrolló una extensa teoría acerca de los polipastos con las transmisiones de fuerza 2:1, 3:1 (tripastos) y 5:1 (pentapastos).

Sin duda, Herón de Alejandría (s. I a.C.) dio un impulso importante a varias técnicas relacionadas con la elevación. En su obra *Mechanica*, además de la cuña, el tornillo y la rueda con un eje, describe la polea compuesta. Todos se basan en el mismo principio de la palanca: una pequeña fuerza que actúa desde una gran distancia se transforma en una gran fuerza que actúa desde una pequeña distancia.

Sin embargo, fueron los romanos los que sacaron un mayor partido a todas estas teorías griegas, logrando una realización técnica de gran rendimiento. Disponían de cuerdas suficientemente resistentes, incluso cordeles de alambre, que hacían que todos los procedimientos de elevación creados por sus precursores fueran llevados a la práctica con una mayor eficiencia.

De esta forma, se sabe que en la Antigua Roma el ascensor era ya conocido, como lo demuestra la documentación hallada respecto a uno instalado en el Palacio de Nerón, o más tarde (80 d.C.), cuando el emperador Tito mandó instalar en el Coliseo doce grandes montacargas para elevar a los gladiadores. Tras la caída del Imperio Romano los ascensores desaparecieron durante un largo período de tiempo.

4.1.3. LA EDAD MEDIA

Esta época fue realmente parca prácticamente en cualquier disciplina humana, y por analogía, también en cuanto a técnicas y mecanismos de elevación se refiere. De esta forma las instalaciones de elevación conocidas apenas difieren de las antiguas.

Hasta la llegada de Leonardo Da Vinci no se producen grandes saltos cualitativos en el tema que nos interesa. Este polifacético personaje de la historia acumula entre sus grandes y sorprendentes invenciones una grúa móvil para facilitar las labores de construcción en las que hay que elevar cargas pesadas. Dicha grúa está montada sobre un vehículo y se gobierna con una manivela dotada de transmisión por ruedas dentadas. El gancho que sujeta la carga dispone de un dispositivo automático accionado a distancia para soltarla.

Lo genial de Leonardo no es que sólo propone y construye estos dispositivos, sino que con ello va creando e inventando una serie de elementos que solucionan

cualquier mínimo detalle que encontrara, por ejemplo: tornillos sinfín, engranajes helicoidales, una cadena articulada, diversos cojinetes de rodillos y bolas, así como rodamientos axiales.

Georg Bauer (1490 – 1565) trabajó como médico en los centros mineros de Sajonia y su obra *De re metallica* constituye una guía exacta de los sistemas empleados durante la Edad Media. Menciona el uso de ruedas dentadas y de cadenas movidas por caballos.

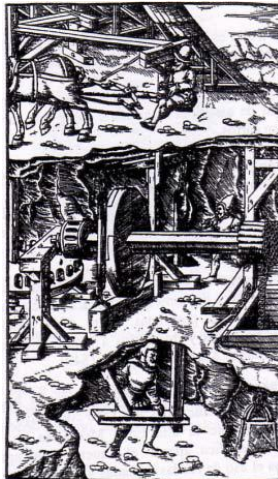


Ilustración 3. Sistemas de Elevación usados por los mineros en Baja Sajonia

En 1687, el matemático Erhardt Weigel inventa una "silla de ascenso" que se mueve lentamente y sin esfuerzo entre dos pisos. Este aparato, semejante a una silla sobre la que se sienta la persona, va montado en un nicho construido en la pared sobre guías de 1 m de longitud y es accionado con un contrapeso. El propio usuario es el que acciona manualmente el mecanismo tirando de una palanca.

Ingeniosas técnicas de elevación son creadas durante toda la época en Europa y Estados Unidos, principalmente. En lo que se refiere a nuestro país, cabe mencionar el Catálogo del Real Gabinete de Máquinas publicado en 1794 por Juan López de Peñalver, en el que aparecen diferentes planos de máquinas de elevación existentes en la época. Es de interés remarcar las mejoras mecánicas implantadas en las minas de Almadén en el sistema de bajada y extracción de mineral. También expone este autor que los diámetros de las poleas no guardaban ninguna relación con el diámetro del cable. Comentario inoportuno ya que en la normativa vigente es de obligado cumplimiento una relación de 1:40 sobre los mismos.

El sistema de elevación se componía de un tambor y un freno mecánico que permitía la detención de la operación de una forma simple y cómoda así como el diseño de una cabina que se desplazaba sobre guías y que podía ser utilizada para subir el mineral por los pozos inclinados en sustitución de los cubos. El autor de estas contribuciones fue Agustín de Betancourt.

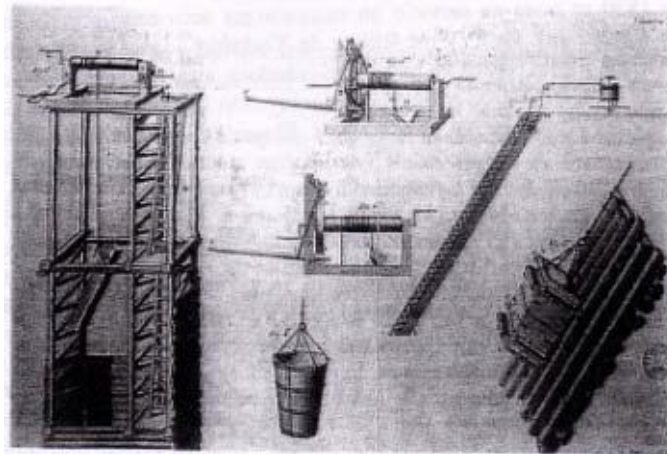


Ilustración 4. Máquina de elevación en las minas de Almadén

4.1.4. EL VAPOR COMO SISTEMA DE TRACCION

Cuando James Watt inventó la máquina de vapor comenzó a considerarse la posibilidad de utilizar esta forma de energía en los dispositivos de elevación, haciéndose uso de ella por primera vez para subir el mineral desde el fondo de una mina de carbón hacia el año 1800.

Merece la pena mencionar el ascensor "Teagle" desarrollado en Inglaterra en 1845. Este elevador contemplaba ya el concepto de la polea de tracción con contrapeso, aspecto que se aplica hoy en día a la gran mayoría de los ascensores. El

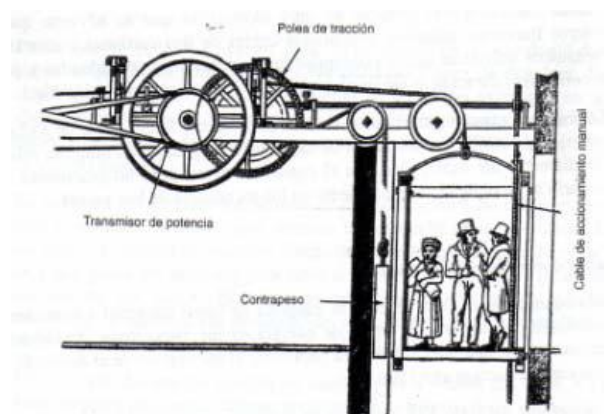


Ilustración 5. Máquina Ascensor "Teagle" (Inglaterra 1845)

accionamiento era llevado a cabo por los propios usuarios que desplazaban el cable manualmente desde la cabina.

En 1850, se utilizaba por primera vez en Estados Unidos montacargas movidos por vapor, instalándose en ese mismo año el primer sistema de corona y tornillo sinfín para mover un gran tambor de arrollamiento. Sin embargo, los industriales y el público en general seguían esperando el ascensor de aplicación universal, válido para el transporte de personas y sin problemas de seguridad.

4.1.5. ELISHA GRAVES OTIS: LA SEGURIDAD

Elisha Graves Otis nació en 1811 en Vermont (Estados Unidos). Trabajando como mecánico en una empresa de camas fue enviado a Nueva York para montar una nueva factoría e instalar su maquinaria. Allí diseñó e instaló lo que él llamó el "ascensor seguro", el primer elevador con un dispositivo automático de seguridad que evitaba su caída cuando el cable se rompía.

En 1854 hizo una demostración pública en el Palacio de Cristal de Nueva York. Su ascensor disponía de un sistema de seguridad consistente en una cabina con trinquetes que unos resortes obligaban a engranar con muescas dispuestas a los lados del hueco del ascensor en el momento que se rompía el cable. Más tarde se construye



Ilustración 6. Demostración del primer ascensor para personas por E.G. Otis

la primera fábrica de ascensores en Nueva York y los arquitectos e ingenieros empiezan a plantearse la idea de poder construir edificios más altos (por ejemplo, el edificio Monadnock con 16 plantas en Chicago).

Simultáneamente, Europa empieza su andadura en la industria de la elevación fundándose en 1874 la empresa Schindler, la cual construye su primer ascensor para la Oficina de Correos de Londres.

4.1.6. LA TRACCION ELECTRICA

El primer ascensor eléctrico hizo su aparición en el Demarest Building en Nueva York. Fue una modificación directa del primitivo ascensor con tambor accionado por vapor pero sustituyendo esta fuente de energía por la eléctrica mediante un motor de corriente continua. El ascensor eléctrico tuvo en sus comienzos un gran éxito por su menor coste de instalación y funcionamiento pero tenía el inconveniente de la poca precisión de sus paradas. Este defecto fue corregido con los grupos de regulación de velocidad Ward Leonard.

Los ascensores cambiaron drásticamente a principios del siglo XX conforme la electricidad se iba extendiendo por todo el mundo. Así, el ascensor eléctrico con polea de tracción se hace fuerte frente a la limitación del tamaño del ascensor de tambor y la longitud del cilindro del hidráulico.

En el año 1900 las maniobras accionadas por cable son sustituidas por maniobras accionadas por pulsadores, y el sistema Ward Leonard introducido con posterioridad hace que se alcancen velocidades de 2 m/s, dando paso a los ascensores modernos. de 2 m/s, dando paso a los ascensores modernos.

4.1.7. LOS COMIENZOS DEL SIGLO XX: LA ELECTROMECAÁNICA

En los ascensores primitivos, el dispositivo de operación era un cable que recorría todo el hueco del ascensor y que hacía actuar una válvula dispuesta en el fondo del hueco. Para subir se tiraba del cable hacia abajo para introducir vapor o agua en el circuito y hacer elevar la plataforma. Para bajar se tiraba del cable hacia arriba para expulsar vapor o agua y hacer bajar la plataforma.

Con la introducción del ascensor eléctrico, el paso natural era colocar un interruptor en la cabina que hiciera accionar al ascensor en ambos sentidos y pararlo cuando se estuviera en el piso deseado. Progresivamente se fueron introduciendo los dispositivos de seguridad en el cierre de puertas y la emisión de una señal acústica o visual para anunciar la llegada del ascensor.

Se empezaron a desarrollar sistemas automáticos con una serie de botones en cabina y en cada piso, de forma que el ascensor es gobernado con prioridad desde cabina, y al finalizar la maniobra en ésta, desde cualquiera de los pisos a los que el ascensor tiene acceso. Este sistema de maniobra es usado hoy en día en ascensores donde los usuarios prefieren esperar y tener uso

exclusivo cuando se encuentran en la cabina. Los sistemas operativos colectivos permiten guardar en memoria llamadas de forma colectiva tanto en la dirección del ascensor como en sentido contrario.

A finales de la década de los 40 se concibe por primera vez un sistema basado en dispositivos electrónicos que mide la cantidad de llamadas, suma el tiempo en que se hacen y automáticamente combina estos datos con los actuales de las cabinas para programar y hacer funcionar grupos de ascensores conjuntamente.

4.1.8. DÉCADA DE LOS 70: LOS CIRCUITOS INTEGRADOS

En esta década se desarrolla el primer sistema de control con microprocesador integrado para grupos de ascensores, iniciando con ello la gestación de un nuevo sistema que, basado en la electrónica alcanza un grado de eficiencia, rendimiento y disponibilidad jamás alcanzado.

La pesada y cara electromecánica iba a ser sustituida por el circuito integrado. Su reducido tamaño y coste energético jugaban a su favor, y la importante barrera psicológica que lo limitaba se superaría con el paso del tiempo.

4.1.9. AÑOS 80: EL MICROPROCESADOR

Los circuitos de maniobra fueron progresivamente evolucionando hasta integrarse en pequeñas placas que ejecutaban un programa donde se establecen todas las órdenes y acciones que el ascensor debe realizar. A la disminución del tamaño y consumo se unía la notable ventaja de flexibilidad y capacidad funcional que un programa de ordenador puede ejercer.

En 1986 se introduce el sistema de frecuencia variable para el control de ascensores de alta velocidad. Dos años más tarde se implanta el motor lineal para ascensores que, al estar acoplado al contrapeso, elimina la necesidad del cuarto de máquinas con el consiguiente ahorro económico y de espacio.

4.1.10. EN LA ACTUALIDAD

La tecnología del ascensor ha evolucionado, avanzando paralelamente con las nuevas tecnologías que han ido surgiendo en los últimos años. Esto quiere decir que el campo de la elevación se alimenta de las nuevas tecnologías que van apareciendo, a la vez que colabora creando nuevos avances que puedan igualmente ser aplicados a otros campos.

Con el nacimiento del siglo XXI son varios las novedades que se han producido en el tema del ascensor, por ejemplo: ascensores de frecuencia variable, eliminación del cuarto de máquinas (en una versión reducida y mejorada) y simplificación de la instalación eléctrica de la maniobra del ascensor.

Los ascensores eléctricos con frecuencia variable son utilizados para conseguir distintas velocidades a lo largo del recorrido del ascensor, con esto se logran arrancadas y frenadas más suaves para los pasajeros. La tecnología de variación de frecuencia también se ha llegado a incluir en la apertura de puertas que regula la velocidad con la que se abren/cierran las puertas.

La supresión del cuarto de máquinas ha sido posible gracias a la considerable disminución del tamaño de los diferentes elementos que lo componen, pudiéndose desplazar al mismo hueco del ascensor con la notoria ganancia de espacio que esto conlleva (aspecto muy demandado en estos días). Algunos fabricantes han conseguido tecnologías que permiten fabricar cintas plásticas que resistan el peso de la cabina, salvando así la limitación existente entre la relación del radio del cable y de la polea motriz (40 veces mayor), y consiguiendo hacer elementos motores de menor tamaño.

Aunque, como se ha visto, existen grandes logros en la tecnología del ascensor, siempre es posible mejorar para conseguir prestaciones tales como:

- mayores velocidad de marcha (8 – 10 m/s)
- mejor confort en los viajes
- nivelaciones más exactas e independientes de la carga
- disminución de los tiempos de espera en planta con el desarrollo de maniobras de tráfico más flexibles
- Asistencia remota y detección de averías a distancia mediante maniobras conectadas vía Internet.

4.2. DEFINICION DE ASCENSOR

Se puede definir un ascensor o elevador como un tipo de transporte que se encarga del desplazamiento entre distintos niveles de personas o cargas. Su estructura se compone de elementos que son tanto mecánicos como eléctricos y que, de forma conjunta, dan lugar a un tipo de mecanismo de desplazamiento totalmente seguro.

También podemos especificar más y decir que según la normativa vigente se considera **ascensor** a todo aparato de elevación instalado de forma permanente en edificios o construcciones que sirva niveles definidos, con un habitáculo que se desplace a lo largo de guías rígidas y cuya inclinación sea superior a 15 grados, cuyo función sea el transporte de personas, de personas y objetos o solamente de objetos únicamente si la cabina es accesible, es decir, si una persona puede entrar en ella sin dificultad y está equipada de elementos de mando situados dentro de la cabina o al alcance de una persona que se encuentre en el interior de la misma.

Los aparatos de elevación que se desplacen siguiendo un recorrido fijo, aunque no esté determinado por guías rígidas, también serán considerados como ascensores.

Sin embargo, existen una serie de aparatos elevadores que se excluyen del ámbito de aplicación de esta normativa, entre los que se encuentran entre otros, las escaleras mecánicas, los ascensores de obras de construcción, los elevadores instalados en medios de transporte, los funiculares, los trenes cremallera.

También se excluyen de esta normativa:

- Los aparatos elevadores que discurran a lo largo de una escalera o rampa, los conocidos como salvaescaleras o subeescaleras y que engloban tanto a sillas como a plataformas.
- O los que sirvan una distancia vertical menor que la existente entre dos plantas de un edificio. Los denominados como elevadores verticales de corto recorrido o mini elevadores

Dentro de esta clasificación cabría diferenciar entre un ascensor, elevador y un montacargas, así, podemos hablar de las llamadas soluciones verticales, referidas a los **montacargas** y **ascensores**, que, aunque puedan resultar similares, cuentan con claras diferencias entre ellos.

Montacargas: en primer lugar, se puede definir un montacargas como un ascensor, pero de grandes dimensiones, y, como su mismo nombre indica, se utiliza para el traslado de volúmenes y cargas de gran tamaño. Su estructura se compone de

un chasis que se desplaza a través de dos rígidas guías, que son paralelas entre sí y se sustentan sobre una estructura de metal, que se encuentra anclada al propio edificio.

Ascensores y elevadores: La distinción entre ambos venía marcada por la velocidad (elevador velocidad inferior a 0.15 m/s y ascensor con velocidad superior a 0.15 m/s) y su diseño, siendo el de los elevadores menos recargados y por tanto más básicos. Sin embargo, hoy en día su terminología se ha unificado refiriéndose únicamente a "ascensor". De hecho se realiza el mismo tipo de inspección, y deben poseer obligatoriamente un botón de llamada o un teléfono de rescate.

En cuanto a los "ascensores" de corto recorrido inferior a tres metros, estos pasarán a denominarse mini-ascensores, independientemente del lugar de ubicación, tanto si es una casa como un centro público, y comúnmente contarán con una cabina abierta y con una longitud de caja no muy alta para poder ser utilizada en espacios reducidos.

La diferencia entre ambos depende de la normativa que cumplan, condicionando algunos de sus elementos a la hora de su montaje y mantenimiento.

4.3. NORMATIVA APLICABLE

4.3.1. Normativa Europea

La normativa de ascensores europea trata de garantizar unas medidas de calidad y seguridad básicas para asegurar un estándar en todas las maquinarias europeas. Así, las normativas comunitarias de ascensores más relevantes son:

- Directiva ascensores **2014/33/CE** que sustituye desde Abril de 2016 a la antigua **95/16/CE**: define los requerimientos fundamentales que deben cumplir los ascensores y los componentes de seguridad tanto durante el procedimiento de fabricación como previamente a la comercialización. Además establece que estos deben llevar marcadas las siglas "CE".

La directiva nueva introduce respecto a la anterior nuevos requisitos para garantizar la seguridad y el control de los ascensores y sus componentes de seguridad.

- Las nuevas Normas **EN81-20 y EN81-50**, armonizadas de la Directiva 2014/33/UE, vienen a sustituir a la actual Directiva 95/16/CE y normas EN81-1 y EN81-2, y su transposición en España mediante el RD 1314/1997.

- Directiva de máquinas **2006/42/CE**: tiene como objetivo que los productos fabricados según las normas armonizadas en la legislación, siempre que estas cubran las condiciones elementales de seguridad y salud, el fabricante aplique los procedimientos de examen enmarcados en la ley para asegurar la calidad de la fabricación y la maquinaria.

4.3.2. Normativa nacional

La normativa sobre ascensores establecida en la legislación española se ocupa de materias más concretas. Las más importantes son:

- El **Real Decreto 1314/1997**: dicta los preceptos de la Directiva de ascensores europea 95/16/CE en España. Esta se aplica a los ascensores ya instalados y a sus componentes de seguridad para garantizar el funcionamiento de los mismos. Actualmente está derogada en cumplimiento de nuevas normas armonizadas **EN 81/20 y 81/50** en cumplimiento de la directiva **2014/33/CE**
- El **Real Decreto 1644-2008** Máquinas: su objetivo es establecer los preceptos relativos a la Directiva de máquinas 2006/42/CE en el territorio español. Así se ocupa de la puesta en marcha y la venta de los ascensores con la finalidad de garantizar la seguridad y la libre circulación de estos en el Estado Económico Europeo.

Por un lado, la Norma **EN 81-20** agrupa todos los requisitos técnicos para el diseño tanto de ascensores eléctricos como hidráulicos y cualquier otro tipo de accionamiento futuro. En cambio, la Norma **EN 81-50** agrupa reglas de diseño, exámenes, cálculos y ensayos de componentes que son utilizados de forma común en los ascensores. El registro, mantenimiento, inspecciones y reformas de los mismos actualmente se rige por el **RD 88/2013** y su Instrucción Técnica Complementaria **ITC AEM 1**.

Entre las novedades de seguridad destacan respecto a la normativa anterior aplicable hasta Marzo de 2016:

- Incremento de la iluminación y ventilación en cabina. Los pasajeros podrán encontrar un aumento en la luz de la cabina, lo que consigue reducir la sensación de enclaustramiento. Este pequeño cambio implicará un aumento en la satisfacción durante el servicio ofrecido a los usuarios.
- Incremento del área de actuación de la barrera fotoeléctrica para evitar el atrapamiento de objetos. Cortina óptica obligatoria. Al ser obligatoria la cortina óptica de las puertas, se evita el posible atrapamiento de objetos, que a su vez podía propiciar ciertos golpes con las puertas. Esta mejora se consigue aumentando el área que actúa sobre la barrera fotoeléctrica. Son muchos los casos conocidos, sobre todo en los aparatos más antiguos, de golpes recibidos en el momento de entrar en ellos
- Mayor resistencia mecánica de paneles y techo de cabina, así como de puertas de cabina y piso.
- El mecanismo que actúa frente al movimiento incontrolado de cabina es otro de los dispositivos incorporados para salvaguardar a los pasajeros.
- Cristal de seguridad en los espejos.
- Un incremento en el espacio de la cabina, así como nuevos requisitos para aumentar la resistencia a la inflamabilidad, hará más seguros los traslados entre las plantas del edificio. Este punto es muy importante, ya que, en caso de un incendio en el edificio, los elevadores podrían actuar como salvaguarda de aquellas personas que los estén usando. Aunque es bien sabido que no hay que utilizar los ascensores en caso de incendio.
- La contracción del hormigón es tomada en cuenta en el diseño del ascensor para edificios de más de 40 m de altura para asegurar el confort del viaje.
- Las poleas y un sistema antisalida de cables son fundamentales en la protección durante el mantenimiento. Se añade una medida especial para evitar descargas eléctricas.

Seguridad para el personal de mantenimiento:

- Incremento de los espacios de seguridad en techo de cabina y foso para labores de mantenimiento. En el foso existe un refugio de seguridad, provisto de escalera y mando de inspección. Por su parte, en el techo de la cabina se dispone de un botón de alarma, que se puede accionar desde el espacio destinado para el refugio del personal.
- Incremento de la iluminación y ventilación en el hueco.

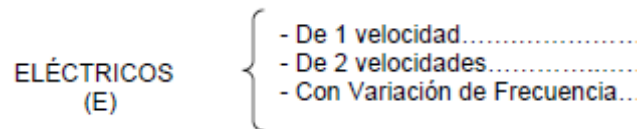
- Inclusión de botoneras de inspección en el foso del ascensor.
- Mayor resistencia y altura de la balaustrada del techo de cabina.
- Mayor rigidez de la pantalla del contrapeso.



Ilustración 7. Resumen disposiciones Norma EN 81-20/50

4.4. CLASIFICACIÓN DE ASCENSORES

La clasificación más sencilla divide los Ascensores (A) en 2 tipos según su sistema de tracción: A electromecánicos o ELÉCTRICOS y A oleodinámicos o HIDRÁULICOS. Dentro de los eléctricos podemos distinguir varios tipos:



4.4.1. ELÉCTRICOS

4.4.1.1. De 1 velocidad

La velocidad nominal es la de desplazamiento de la cabina para la que ha sido construido el ascensor, y que es la que garantiza el constructor del aparato en funcionamiento normal. La velocidad del ascensor, medida en descenso, a media carga nominal en la zona media del recorrido y excluidos los periodos de aceleración y deceleración, no debe diferir en $\pm 5\%$ de la velocidad nominal, con el motor suministrando energía eléctrica a su valor nominal también.

Los ascensores de una velocidad arrancan y paran a la misma velocidad, de forma que la parada es más brusca y la nivelación menos precisa. Este hecho determina que la velocidad típica sea de unos 0.63 m/s.

4.4.1.2. De 2 velocidades

En este caso el ascensor antes de parar reduce su velocidad mejorando considerablemente las desventajas del caso anterior. Las dos velocidades típicas de estos ascensores suelen ser 1 y 0.25 m/s, aunque también se pueden encontrar ascensores a 0.63 y 0.15 m/s.

En la siguiente gráfica se representa la velocidad en función de la distancia entre 2 paradas consecutivas. El ascensor de 2 velocidades llevará a cabo el recorrido con menores deceleraciones y, por tanto, con mayor confort para los pasajeros.

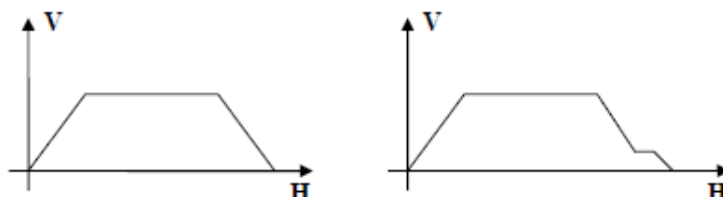


Ilustración 8. Diagrama velocidad-recorrido para ascensores de 1 y 2 velocidades

4.4.1.3. Con Variación de Frecuencia

La tendencia actual es la integración de un variador de frecuencia que permita regular la velocidad del ascensor para optimizar la marcha del mismo y conseguir que el usuario recorra la distancia requerida en el menor tiempo posible y con el máximo confort.

Estos ascensores tienen la trayectoria de su velocidad curva permitiendo una arrancada y parada más suave y confortable, y una nivelación aún más exacta respecto al de 2 velocidades. Otras ventajas son que esa curva se puede regular, los consumos son más bajos al hacer arrancadas más suaves y, por tanto, el desgaste de los frenos y el sufrimiento de los componentes mecánicos es menor.

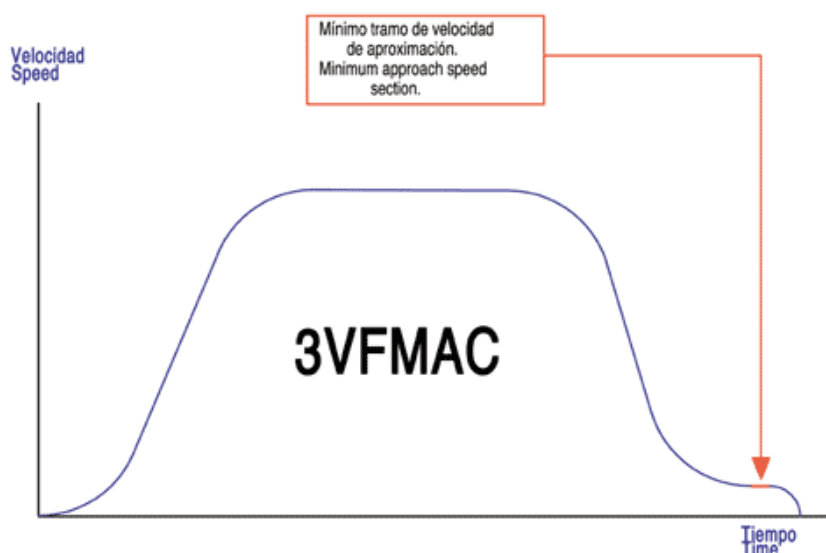


Ilustración 9. Diagrama velocidad-tiempo en disposición con variador de frecuencia

4.4.1.4. Influencia de la velocidad en la nivelación

El frenado final en los ascensores se efectúa aprisionando entre dos zapatas el tambor montado en el eje motriz. Según sea el apriete de las zapatas así será la eficacia del freno. El problema se complica con las variaciones de carga de la cabina que se traducen en variaciones en la nivelación de su parada.

Se observará que en ascensores de 1 velocidad hasta 0.63 m/s el error de nivel es aceptable para los aparatos elevadores corrientes, ya que es inferior a 5 cm. Sin embargo, estos errores no son admisibles para los montacamás/montacargas, para los que se exige una nivelación de ± 2 cm, para lo cual la cabina tendría que ir a una velocidad de 0.25 m/s. Para velocidades mayores a 0.63 m/s los errores son totalmente inadmisibles pues ya alcanzarían los 10 cm de desnivel. Para estos casos la

solución es utilizar ascensores de 2 velocidades o con variador de frecuencia (de hecho en las nuevas instalaciones no se aconseja los de 1 velocidad).

4.5. DISPOSICIONES DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO

A continuación se van a diferenciar y comentar las distintas partes que componen un ascensor. En primer lugar se mostrará un esquema general de una instalación con cuarto de máquinas. Posteriormente se va a indicar la disposición sin cuarto de máquinas que es la disposición que más se emplea actualmente por el ahorro de espacio dentro del edificio. Posteriormente se pasará a describir cada uno de los elementos con mayor profundidad ya que la descripción será válida para ambas disposiciones.

4.5.1. ASCENSOR CON CUARTO DE MAQUINAS

La disposición con cuarto de máquinas que se ve en las figuras 10 se ha venido usando hasta hace unos años cuando el tamaño y tipo de la maquina hacía necesario el uso de reductores y por tanto necesario la disposición en un cuarto suplementario donde se colocaba la bancada de la máquina y el cuadro eléctrico necesario para su maniobra.

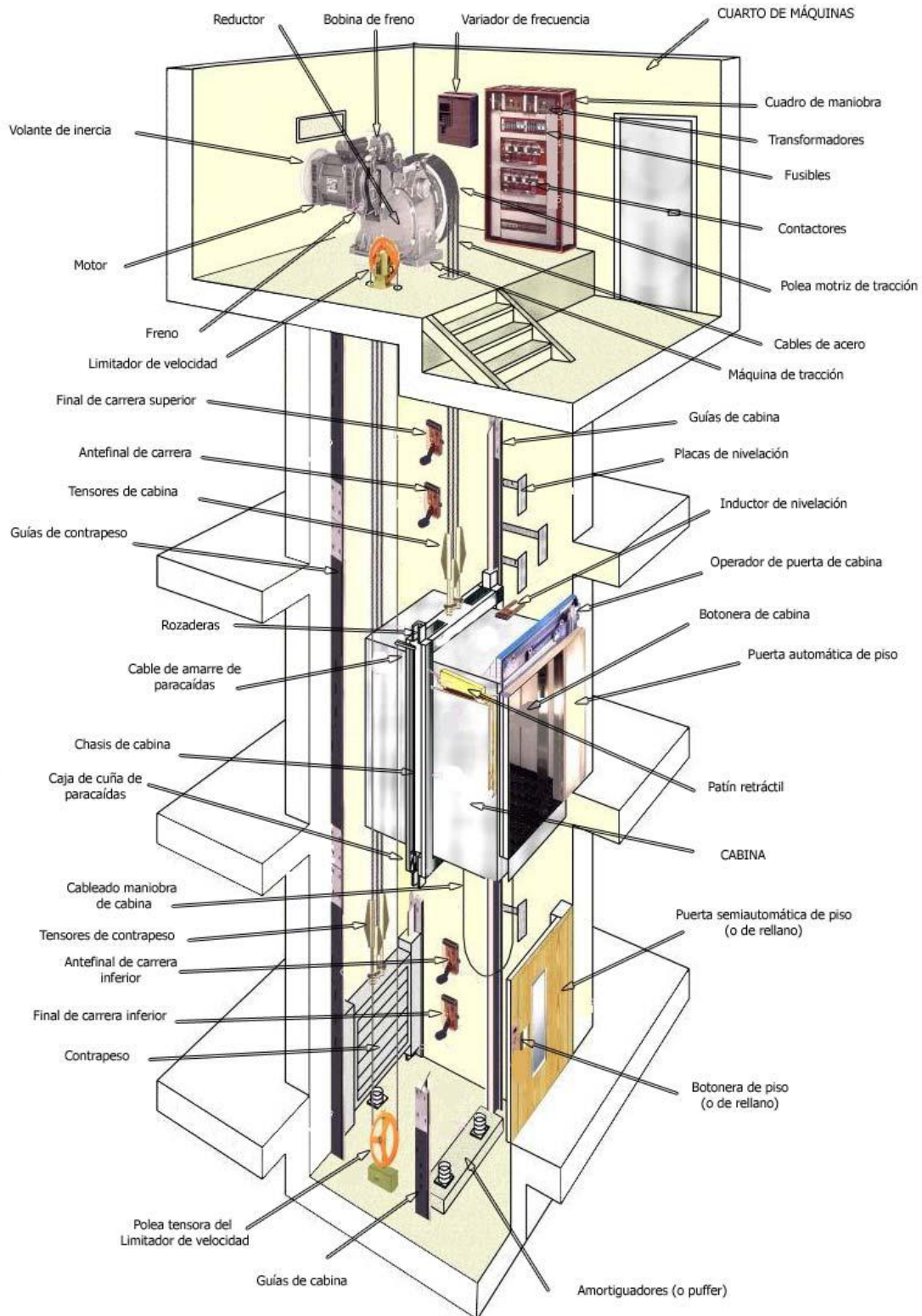


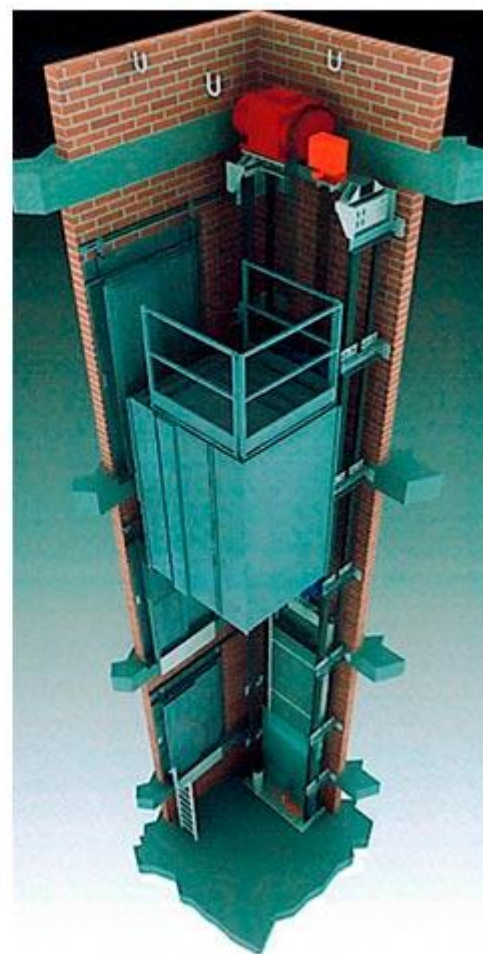
Ilustración 10. Esquema elementos de ascensor eléctrico con cuarto de máquinas

4.5.2. ASCENSOR SIN CUARTO DE MAQUINAS

También conocidos por su acrónimo en inglés MRL (Machine Room Less), normalmente accionados por motores gearless de imanes permanentes, su principal característica es que no requieren de la construcción de un cuarto de máquinas al estar integrado en la propia estructura del hueco del ascensor. En los últimos años este tipo de ascensor ha experimentado un gran aumento de instalaciones, debido principalmente a las ventajas de no tener cuarto de máquinas.



Ascensores con Cuarto de Máquina



Ascensores sin Cuarto de Máquina

Ilustración 11. Comparación ascensor con y sin cuarto de máquinas

4.6. PARTES DE UN ASCENSOR ELECTRICO

A continuación se va a describir brevemente las partes de las que se compone el ascensor y que se pueden ver en las figuras anteriores:

4.6.1. Puertas de piso o de rellano

Son las puertas situadas en cada planta del edificio. Pueden ser de dos tipos:

- Automáticas (A): se abren junto con la puerta de cabina cuando ésta llega a la planta donde se solicitó el ascensor.
- Semiautomáticas (S): las tiene que abrir el usuario del ascensor, pero se cierran solas.

Este punto se estudiara más a fondo en el punto ESTUDIO DEL ARTE DE ACCIONAMIENTOS

4.6.2. Guías y fijación de guías

Las guías constituyen los raíles por donde se desliza el chasis de la cabina en su trayectoria exacta y le sirven de apoyo en caso de rotura de los cables, por lo que deben tener una resistencia de acuerdo con el peso total de la cabina cargada, y estar perfectamente alineadas. Pueden ser de 2 tipos:

- Guías suspendidas
- Guías apoyadas

También el contrapeso tiene guías, que en general no tienen más misión que conducirlo, aunque en algunos casos, también deben soportarlo en caso de rotura de los cables y accionamiento del paracaídas de contrapeso.

4.6.2.1. Guías de cabina

El desplazamiento de la cabina se asegura por medio de guías rígidas, preferiblemente en forma de T, y perfectamente calibradas y enderezadas en tramos empalmados con placas adecuadas.

Se recomienda la instalación de las guías suspendidas ya que así su propio peso favorece el mantenimiento de la alineación inicial.

Las guías de los ascensores deben tener la suficiente resistencia mecánica para soportar sin romperse ni sufrir deformaciones permanentes, 2 clases de esfuerzo:

- El empuje horizontal debido a posibles excentricidades de la carga.

- El esfuerzo de frenado que puede transmitir la cabina a las guías al ser detenida por el paracaídas, brusca o progresivamente, según sea éste de tipo instantáneo o progresivo respectivamente.

4.6.2.2. *Guías de contrapeso*

Son los raíles por donde se desliza el chasis del contrapeso. Las guías de contrapeso se construyen también en perfiles T, similares a los utilizados en las de cabina.

En el caso de que se instale paracaídas en el contrapeso, por encontrarse el recinto en la vertical de lugares accesibles a personas, deberán calcularse las guías del contrapeso para que resistan con un coeficiente de seguridad alto. Lo normal, en estos casos, es instalar guías iguales a las de la cabina.

4.6.3. *Sistemas de deslizamiento*

Tanto la cabina como el contrapeso deben ir equipados en su parte inferior y superior de unos apoyos que tienen como misión servir de enlace entre el elemento móvil, cabina o contrapeso, y la guía. Estos apoyos constituyen el sistema de deslizamiento.

4.6.3.1. *Deslizaderas (apoyo deslizante)*

Se usan en elevadores de velocidad inferior a 2 m/s. Son de acero, y disponen en la superficie de contacto con el carril de un material de bajo coeficiente de rozamiento para disminuir la oposición al movimiento de cabina y contrapeso. En estos casos se utiliza neopreno y nylon.

Los carriles deben ser lubricados para disminuir las fuerzas de rozamiento entre guía y apoyo. Normalmente se utilizan lubricadores automáticos de grasa o aceite pesado. El flujo se regula mediante un tornillo de ajuste.

4.6.3.2. *Rodaderas (apoyo mediante rodillos).*

Se usan en ascensores de alta velocidad y también de baja velocidad, debido a su silenciosa marcha y mayor eficiencia de la rodadera frente a las deslizaderas en términos de rozamiento.

Se componen de tres rodillos que están en contacto permanente con las guías ya que otros resortes o bases de caucho los mantiene presionados. Dado que estos rodillos son de caucho o poliuretano, el ruido y las vibraciones son mínimas siendo su rodadura óptima en términos de potencia.

Operan en seco y las guías no necesitan lubricación, evitándose acumulaciones de aceite o grasa y eliminando problemas de fuego.

4.6.4. Máquina

Es el grupo tractor de elementos que mueven los cables del ascensor. El sistema de tracción de los ascensores eléctricos puede ser por adherencia o arrollamiento (se suele usar menos). Dentro de la máquina podemos distinguir los siguientes elementos:

- Motor eléctrico: el que provoca el movimiento (marcha o parada) siguiendo las órdenes del cuadro de maniobra. El tipo de motor se tratará en un punto aparte debido a su importancia.
- Electroimán de freno: para el motor siguiendo las órdenes del cuadro.
- Reductor (en caso de llevar reductor): reduce la velocidad del motor a las necesidades de movimiento del ascensor.
- Polea motriz: donde van los cables de tracción. Con la nueva normativa todas las poleas deben llevar una protección para recibirlas.
- Polea de desvío: polea auxiliar que se coloca cuando la polea motriz no se adecua a la entrecáida (distancia entre la caída de cables de la cabina y la caída de cables del contrapeso).
- Bancada: estructura de metal donde se coloca la máquina.

4.6.5. Cables

Las cabinas y contrapesos están suspendidos en la práctica por cables de acero. La Directiva 95/16/CE señala que el número de cables independientes será por los menos 2, con sus respectivos sistemas de enganche.

Un cable metálico es un elemento constituido por alambres agrupados formando cordones, que a su vez se enrollan sobre un alma formando un conjunto apto para resistir esfuerzos de tensión. Los elementos componentes del cable son:

- ALAMBRES: generalmente de acero trefilado al horno.
- ALMAS: son los núcleos en torno a los cuales se enrollan los alambres y los cordones.
- CORDONES: son las estructuras más simples que podemos construir con alambres y almas. Se forman trenzando los alambres.

- CABOS: agrupaciones de varios cordones entorno a un alma secundaria utilizados para formar otras estructuras.

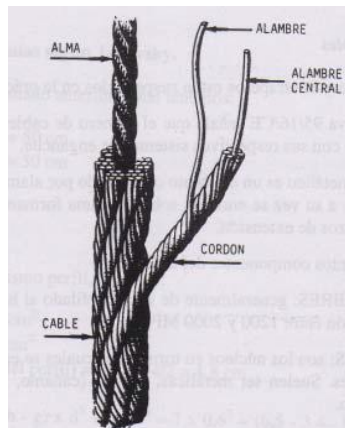


Ilustración 12. Estructura básica de un cable de acero

En un ascensor se utilizan los cables para 3 aplicaciones distintas:

- Cables de tracción (o suspensión)
- Cables de compensación
- Cables del limitador de velocidad

Para ver más claramente la disposición de los cables se puede ver la siguiente figura:

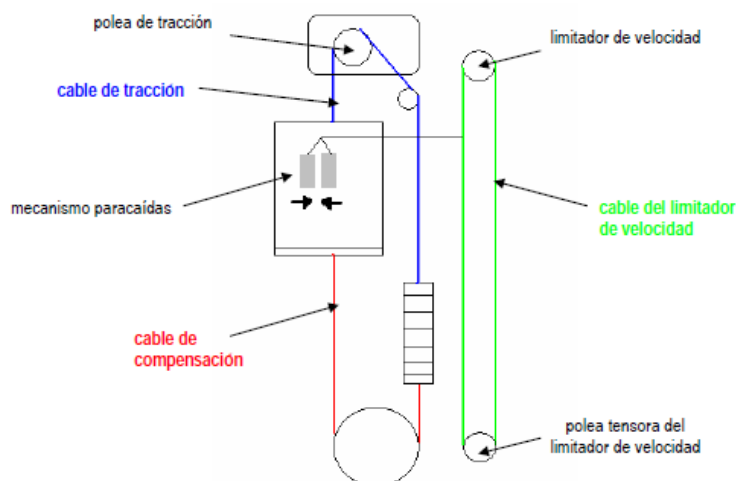


Ilustración 13. Disposición cables en un ascensor

4.6.5.1. Cable de compensación

Es obligatorio en aquellos edificios de gran altura (10 plantas) en los que, por tanto, hay que tener ya en cuenta el peso de los cables. De esta forma, se hace necesario implantar un cable que compense el peso de los cables no incluido en el estudio del contrapeso. A veces, en edificios a partir de 10 plantas y velocidades hasta 1 m/s, no se trata de un cable tal cual se aprecia en la Figura 12, sino de una cadena que simplemente equilibre el peso no contemplado de los cables. La configuración mixta Warrington-Seale es la más utilizada en estos cables

4.6.5.2. Cable del Limitador

El cable que accione el limitador de velocidad debe ser muy flexible protegido contra la oxidación y con un diámetro mínimo de 6 mm. En la Norma EN 81 se afirma que el cable debe estar tensado mediante una polea tensora.

También en la citada Norma se añade que la relación entre el diámetro de la polea de tracción del limitador (y la tensora), y el del cable debe ser como mínimo 40.

4.6.5.3. Cables de tracción

Van desde el chasis de la cabina, al que se unen por medio de los terminales, al del contrapeso pasando por la polea motriz o las poleas de reenvío dependiendo de la disposición de las poleas y disposición de tiro del ascensor. Son de acero y su espesor y número depende de la carga del ascensor. Bajo los terminales de la cabina además están colocados unos contactos de seguridad que detectan el aflojamiento de cables, transmitiendo esta información al cuadro para que paralice la maniobra. La cantidad de cables, espesor y tipo viene se calcula según la norma EN 81-50 en función de los datos de la instalación.

Para los cables de tracción la configuración Seale es la más utilizada ya que los alambres más exteriores son muy gruesos con gran resistencia a la rotura por abrasión y además es muy fácil de utilizar ya que sólo se necesitan tres tipos de alambres. En aquellos casos en los que se considere más importante la fatiga que la abrasión se usará la configuración Warrington que posee más alambres y de menor grosor.

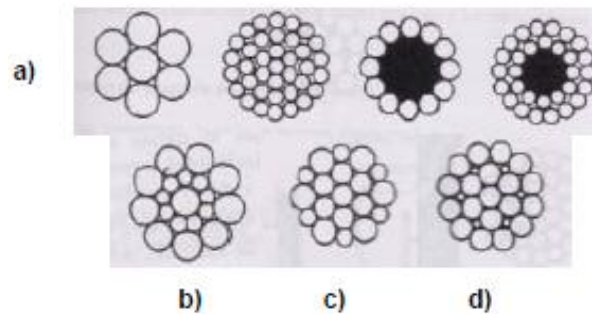


Ilustración 14. a) Cordones de alambres de igual y distinto diámetro b) Seale c) Warrington d) Filler-Wire

4.6.6. *Sistemas de suspensión del cable*

La maquinaria puede estar en la parte superior (Figura 15.a) o en la parte inferior (Figura 15.b) del edificio. Por otra parte, para cargas hasta 1600 kg normalmente se usa la suspensión directa o 1:1 (Figura 15.a y b) y de ellas la más usada es la primera en la que la cabina cuelga en un extremo de los cables y el contrapeso de otro, suspendido el conjunto en la polea del grupo tractor cuando el arrastre es por adherencia, tal como hemos visto en todos los esquemas que se han mostrado. Para cargas superiores a 1600 kg se utiliza la suspensión indirecta o 2:1 (Figura 15.c) en la que los cables están sometidos a una tensión que es la mitad respecto a la suspensión directa, aunque también la velocidad de la cabina se ve reducida a la mitad.

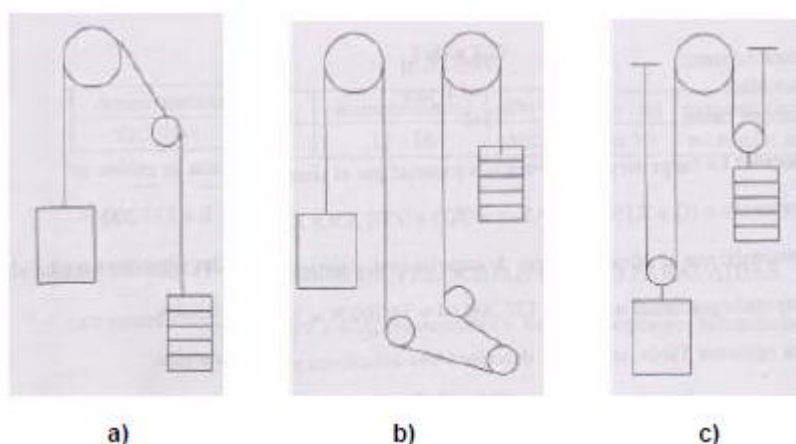


Ilustración 15. Esquemas de arrastre por adherencia de los cables de tracción. a) Máquina arriba con Polea desviadora y suspensión 1:1, b) Máquina abajo con suspensión 1:1, c) Máquina arriba con suspensión 2:1

La tracción de los cables puede realizarse por 2 procedimientos:

- Por adherencia de los cables en la garganta de la polea de arrastre del grupo tractor. Es la que se usa en realidad, ya que se consigue mayor seguridad para el caso de que fallen los finales de carrera, permite la instalación de ascensores a cualquier altura, y ésta es más sencilla y económica.
- Por fricción de los cables dándole dos vueltas en la polea motriz. Sólo en este caso se usaría el perfil de garganta semiesférico sin entalla.

4.6.7. Contrapeso

Elemento que se encuentra al otro extremo de los cables de tracción y tiene como objeto equilibrar el peso de la cabina y una parte de la carga nominal que suele estar entorno al 50 %. De esta forma se reduce considerablemente el peso que debe arrastrar el grupo tractor, disminuyendo así la potencia para elevar la cabina. Consta de:

- Pesas: su número depende de la carga, y suelen ser de hormigón o metálicas.
- Chasis: estructura donde van colocadas las pesas.
- Pantallas de protección: chapa colocada al final del hueco que aísla el contrapeso de la cabina.

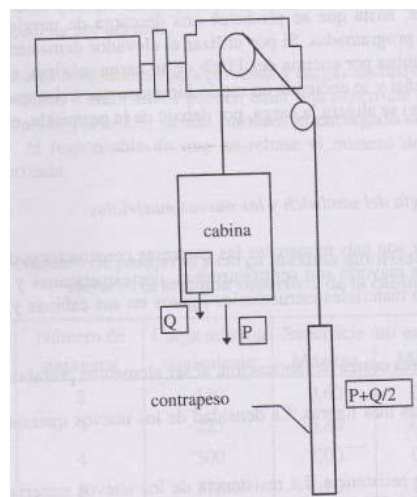


Ilustración 16. Esquema de fuerzas en cabina y contrapeso

Cuando el edificio es de gran altura, el peso del cable no es despreciable y hay que incluir el cable de compensación (ver apartado anterior sobre cables).

4.6.8. *Cabina*

La cabina es el elemento portante del ascensor y está formado por la cabina propiamente dicha y su chasis (o bastidor).

La Directiva europea 95/16/CE indica que las cabinas deben estar dotadas de un equipo de comunicación bidireccional que permita una comunicación permanente con un servicio de intervención rápida. También deberán diseñarse de manera que garanticen una ventilación suficiente para sus ocupantes, incluso en caso de parada cuando se use o cuando hay una puerta abierta, y que contará con iluminación de socorro.

Las partes principales de la cabina son:

- El chasis de acero es el elemento resistente al que se fijan los cables de tracción, el mecanismo de paracaídas, las deslizaderas o rodaderas y otros elementos como los sensores de detección de piso. Hay de 2 tipos: pórtico y de mochila y debe ser robusto para resistir las cargas normales y las que puedan producirse al entrar en funcionamiento el paracaídas y quedar acuñaada bruscamente la cabina. Las uniones se efectuarán por remachado o pernos múltiples con arandelas de seguridad o pasadores. También pueden usarse soldaduras cuyas garantías habrá que comprobar.
- La caja o cabina propiamente dicha, está fijada sobre el chasis. La cabina debe estar totalmente cerrada por paredes, suelo y techo de superficie continua o llena, salvo la abertura. Las paredes, suelo y techo deben estar constituidos por materiales preferiblemente metálicos o por otros de resistencia equivalente que sean incombustibles, y conservar su resistencia mecánica en caso de incendio sin producir humos ni gases.

4.6.8.1. *Dimensiones y carga de la cabina*

La altura de la cabina deberá ser como mínimo 2 m, y la de la sus puertas 1,90 m. La carga mínima que se debe prever por persona es de 75 kg por persona, pero no hay inconveniente en que los constructores prevean una carga mayor por persona.

Los limitadores de carga se instalan siempre en los ascensores con maniobra colectiva. Cuando la carga llega al 80 % de la máxima permitida, el limitador impide la parada de la cabina en todos los pisos que hayan solicitado su atención hasta que no se produzca una descarga de pasajeros en algunas de las paradas ya programadas. Si por subirse al ascensor demasiados usuarios, se llega a cargar la cabina por encima del 100 % de su carga máxima, el ascensor no arranca, suena una señal y se

enciende un luminoso que avisa que la carga es excesiva. Hasta que no se libere carga por debajo de la permitida el ascensor no arrancará.

Nº pasajeros	Carga mínima equivalente	Superficie útil en m ²	
		máxima	mínima
2	150	0.6	0.5
3	225	0.8	0.61
4	300	1	0.81
5	375	1.2	1.01
6	450	1.4	1.21
7	525	1.55	1.41
8	600	1.7	1.56
9	675	1.85	1.71
10	750	2	1.86

Tabla 2. Número de pasajeros y carga máxima autorizada según superficie de la cabina (EN 81-1)

4.6.9. Hueco

Siguiendo la denominación de la Norma EN 81-20/50, el hueco es el espacio destinado al emplazamiento del ascensor y del contrapeso (ya hemos visto que en MRL el hueco hace las veces de cuarto de máquinas, en cuanto aloja algunos de los elementos que se encontraban normalmente en él), sin que pueda ser utilizado para ninguna instalación ajena a la del propio ascensor, es decir, conductos eléctricos, tuberías de agua, etc. La Directiva 95/16/CE señala que el ascensor deberá estar diseñado y fabricado de forma que sea imposible el acceso al hueco, excepto por los trabajos de mantenimiento y casos de emergencia.

En los edificios actuales no está permitida la instalación de ascensores en los huecos de las escaleras ni patios interiores, mientras que su instalación en estructuras especiales, como torres metálicas, depósitos elevados y demás, requerirá una autorización especial.

Las paredes del hueco deberán ser de materiales que no originen polvo y tener la suficiente resistencia para soportar las reacciones de las guías ancladas a ellas, así como el descentrado de las cargas de la cabina y, sobre todo, por la actuación del paracaídas. Además deben ser incombustibles y sin revestimientos que puedan originar grandes volúmenes de gases y humos.

Un hueco puede ser un recinto común para varios ascensores, en cuyo caso, debe existir un elemento de separación en toda la altura del mismo. Pero el contrapeso debe siempre estar en el mismo hueco que la cabina correspondiente.

Los recintos de los ascensores llevan únicamente 5 clases de aberturas:

- 1) Las puertas de piso. Si la distancia entre los umbrales de 2 puertas de acceso de piso consecutivas es superior a 10 m, debe disponerse entre las dos una puerta de socorro para evacuar pasajeros si fuera necesario
- 2) Las puertas de socorro y puertas (mínimo 1.4×0.6) y trampillas de visita (mínimo 0.5×0.35), para hacer posible la inspección o reparación de elementos del ascensor (en los SCM estos elementos están más accesibles).
- 3) Las aperturas de emergencia para la evacuación de gases y humos en caso de incendio.
- 4) Las aperturas de ventilación.
- 5) Las aperturas para el paso de cables entre el techo del hueco y el suelo del cuarto de máquinas.

4.6.10. Bancada de la máquina

La maquinaria de tracción. La maquinaria (motor, freno, reductor, polea, ejes, rodamientos y carcasas) suele ir montada sobre unas vigas de apoyo, denomina bancada. El conjunto, maquinaria y bancada, va acoplado a la estructura de hormigón mediante una serie de silentblocks.

4.6.11. Otros elementos:

- Cuadro de maniobra: situado en el Cuarto de Máquinas (CM) o en el cuadro instalado en el marco de la puerta del último piso. Es el "cerebro" del ascensor.
- Instalación de hueco: mazo de hilos que van por la pared conectando tanto las botoneras, puertas de rellano y el resto de elementos fijos del hueco como el alumbrado.
- Canaletas: elementos de plástico por dónde van los hilos anteriores.
- Instalación de cabina o cordón de maniobra: cable plano negro que conecta los elementos de la cabina con el cuadro de maniobra.
- Caja de revisión: caja situada encima de la cabina en la que se hacen todas las interconexiones de la cabina con el cordón de maniobra.
- Botoneras: dispositivos mediante los cuales los usuarios del ascensor transmiten las órdenes y reciben información. Las hay de cabina y de piso.

- Fotorruptores: contadores de piso y de nivelación de cabina. Van encima del techo de la cabina situados de tal forma que la guía queda dentro y así va leyendo las señales de nivelación y de pulso que van en la guía.
- Señales de nivelación: imanes a nivel de planta colocados sobre las guías de la cabina
- Señales de pulso: otros imanes para saber dónde está el ascensor. Su detección provoca el cambio de velocidad en la planta destino. Se colocan igualmente sobre las guías de la cabina
- Finales de carrera: elementos de seguridad, inferior y superior, que no debe pasar el ascensor. Marca los límites del recorrido del mismo.
- Antefinales de carrera: elementos de seguridad que asegura el cambio de velocidad (también hay uno inferior y otro superior).
- Estos sensores colocados en las guías se trataran más detalladamente en el punto de sensores usados en los ascensores.
- Sistema de rescate de personas: además del sistema manual de la máquina, algunos ascensores pueden tener auxiliariamente un cuadro similar al de maniobra por el que pasan todas las corrientes y series de seguridad en su paso a éste, y que, ante falta de corriente, actúa con una serie de baterías que hacen mover la máquina y el operador de la puerta para rescatar a personas que hayan quedado atrapadas en el interior de la cabina.

4.6.12. ELEMENTOS DE SEGURIDAD

Se van a exponer brevemente puesto que se van a tratar en mayor profundidad en la sección de accionamientos usados en los ascensores:

Limitador de velocidad: elemento de seguridad que detecta los excesos de velocidad de la cabina y el contrapeso. Cuando el limitador detecta un exceso de velocidad (20% superior al valor nominal), este acciona el paracaídas para frenar la cabina.

Paracaídas: sistema de seguridad asociado al limitador de velocidad. Cuando El limitador salta por un exceso de velocidad independientemente de la causa, el paracaídas acuña o aprisiona las cuñas contra las guías por las que discurre la cabina,

frenando el movimiento de la cabina y fijándola o sujetándola a las quías, que deben soportar el peso de esta y se pueda realizar de manera segura la maniobra de rescate.

Pesacargas: detecta cuando el ascensor está al límite o ha sobrepasado su carga nominal, informando de ello al cuadro de maniobra.

Amortiguadores (puffer)

Los ascensores deben estar provistos de amortiguadores para detener la cabina o el contrapeso en caso de que la cabina o contrapeso se pase de su recorrido por cualquier motivo, amortiguando el final de carrera. Cada ascensor lleva como mínimo dos (cabina y contrapeso). Se sitúan generalmente en el foso al final del recorrido de la cabina o del contrapeso, aunque también pueden montarse en la parte inferior del bastidor de éstos.

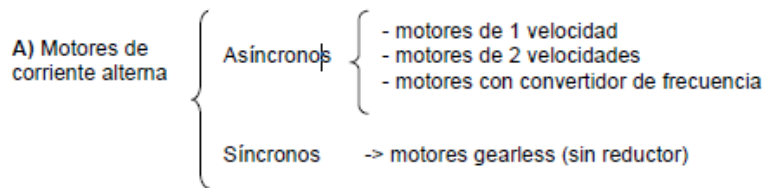
4.7. ACCIONAMIENTOS

Ahora vamos a entrar más en profundidad en las diferentes las partes del ascensor eléctrico que comprenden accionamientos, o sea, se va a realizar un estudio del arte de los accionamientos. Dicha sección se va a dividir en:

- Maquinas eléctricas usadas y su regulación (variadores de frecuencia)
- Accionamiento de cierre y apertura de puertas de cabina y piso
- Accionamientos de los elementos de seguridad
 - Limitador de velocidad y paracaídas
 - Pesacargas
- Maniobras. Se trataran los principales tipos de maniobras y sus principios de funcionamiento

4.7.1. MOTORES

La construcción y características de los grupos tractores y, sobre todo, de los motores con que van equipados, varía según sea la velocidad nominal del ascensor y el servicio que deben prestar. Se puede establecer la siguiente clasificación:



B) Motores de corriente continua con convertidor continua-alterna (no se usan)

Los motores de corriente continua han desaparecido ya en las nuevas instalaciones y fueron suplantados por los de corriente alterna, de forma que sólo nos centraremos a comentar estos últimos.

La clasificación también se podría hacer en función de si la instalación es con reductor o sin reductor, ya que en las instalaciones con reductor (independientemente del tipo de máquina usada) es necesario la instalación de la máquina en un cuarto de máquinas.

GEARLESS: La polea de tracción está conectada directamente al eje del motor

CON REDUCTOR: se coloca un reductor entre el eje del motor y la polea de tracción

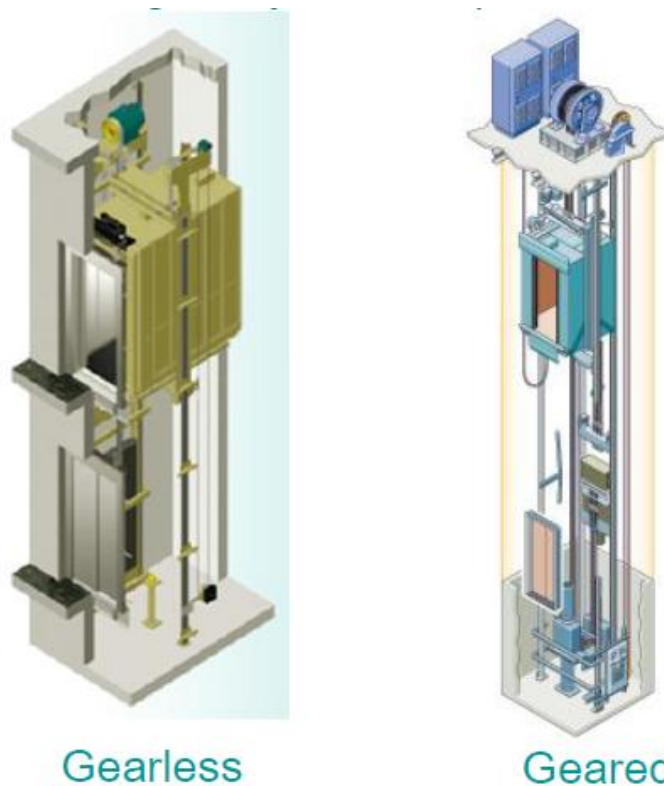


Ilustración 17. Instalación con máquina sin reductor y con reductor (en cuarto de máquinas)

Siguiendo esta última clasificación podemos clasificar el tipo de motores eléctricos usados en cada disposición, que sería:

4.7.1.1. Disposición con Reductor y Motores de 1 velocidad

Se usan motores asíncronos de 1 velocidad para ascensores de velocidades hasta 0.63 m/s. La curva par/velocidad de un motor de estas características apenas deja margen de variación para la velocidad.

El nivel de confort es bajo, por lo que suelen usarse en ascensores de viviendas de 4 personas, de tipo económico en las que el constructor ha buscado la solución más sencilla y de menor coste de fabricación.

4.7.1.2. Disposición con reductor y Motores de 2 velocidades

Se usan motores asíncronos con doble bobinado (normalmente de 4/16 polos). El sistema es sencillo por lo que se usa más en la actualidad que el de 1 velocidad, ya que por medio de la velocidad de nivelación se consigue un frenado con el mínimo error. El confort aumenta también respecto al de 1 velocidad.

Este sistema se aplica en ascensores hasta 1 m/s y se suele implementar en ascensores de bajas cargas y montacargas de cargas elevadas.

En este caso, se equipan los grupos tractores con motores trifásicos de polos conmutables que funcionen a una velocidad rápida y a otra lenta según la conexión de los polos, obtenida automáticamente con un dispositivo que se introduce en el circuito de maniobra (realmente son 2 motores independientes incorporados en un mismo dispositivo). Por lo demás, los motores son de ejecución similar a los de 1 velocidad y se construyen, normalmente, para una velocidad alta de 1500 rpm y una velocidad baja de 375 rpm (16 polos).

4.7.1.3. Disposición con reductor y Motores con convertidor de frecuencia

Se usan motores asíncronos y la regulación se consigue mediante un variador de frecuencia que varía el voltaje y la frecuencia de alimentación de la máquina para regular su velocidad.

Se utilizan con reductor para velocidades hasta 2.5 m/s y cargas máximas de 2500 kg. La parada se realiza en este caso a nivel de piso, sin micronivelación, con lo que se reduce el tiempo de marcha y aumenta la capacidad en lo que se refiere al tráfico.

Presenta la ventaja de ser una solución de bajo coste para poder conseguir varios ratios de velocidad, pero presenta un rendimiento bajo (>65%), un alto consumo y el reductor necesita un engrase que afecta al mantenimiento de la instalación, además de producir mayor ruido.

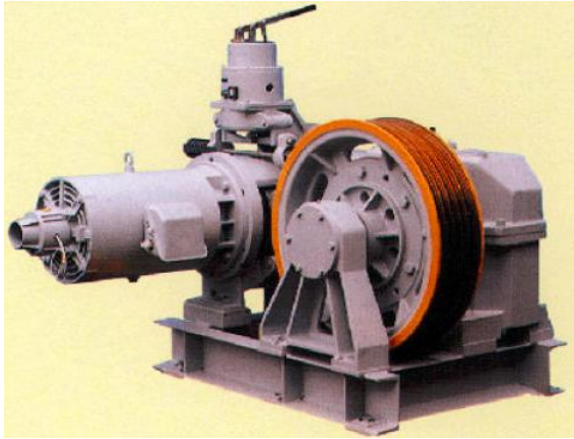


Ilustración 18. Maquinas con Reductor para instalación de ascensor

4.7.1.4. Disposición sin reductor y Motores con convertidor de frecuencia/Inversor

Para esta disposición existen 2 posibilidades en cuanto al motor usado, motor asíncrono y motor síncrono

4.7.1.4.1. MAQUINA ASINCRONA

Mediante el uso de máquinas asíncronas (o también llamadas de inducción) y la supresión del reductor se consiguen velocidades hasta 5 m/s y cargas de 2000 Kg. En este caso la regulación se consigue mediante un variador de Frecuencia con el que se consigue regular la aceleración, deceleración y la parada, y la parada es directa a nivel de piso.

4.7.1.4.2. MAQUINA SINCRONA

El motor síncrono utiliza el mismo concepto de un campo magnético giratorio producido por el estator, pero el rotor consta de electroimanes o de imanes permanentes.

Estos motores son llamados así debido a que la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales, funcionan a la velocidad de sincronismo, sin deslizamiento.

Los motores de imanes permanentes usan imanes de ferrita adheridos al rotor y normalmente ofrecen unas prestaciones 25% mayores que los motores de inducción

convencionales, tanto en rendimiento energético como en densidad de potencia (relación potencia-volumen). Cuando se usan imanes de neodimio de alta capacidad, las prestaciones son 50%-100% superiores a las de los motores de inducción.

Por consiguiente, la velocidad de rotación está asociada con la frecuencia de la fuente. Como la frecuencia es fija, la velocidad del motor permanece constante, independientemente de la carga o voltaje de la línea trifásica. Este sincronismo contribuye a mejorar las prestaciones dinámicas y la regulación de la velocidad.

Los motores de inducción tienen propiedades excelentes para velocidades superiores a 600 r/min. Pero a bajas velocidades se tornan pesados y costosos, además de que su eficiencia y factores de potencia son relativamente bajos. Por ello los motores síncronos son particularmente atractivos como máquinas de baja velocidad porque el factor de potencia siempre se puede ajustar a 1.0 y la eficiencia es alta. Aunque su construcción es más compleja, con frecuencia su peso y costo son menores que los de los motores de inducción de igual potencia y velocidad ya que la instalación requiere menor potencia al absorber el motor menor corriente. Esto es particularmente cierto para velocidades inferiores a 300 r/min.

Además Un motor síncrono es de un tamaño menor que un motor de inducción equivalente que lo hace ideal para instalar dentro del hueco del ascensor en instalaciones MRL. y se puede hacer que su par o momento de torsión de arranque sea considerablemente más grande que el de un motor de inducción.

Por todo ello el motor síncrono es ideal para una instalación sin cuarto de máquinas por su tamaño, su regulación y características para instalaciones de velocidad variable.

En el siguiente cuadro comparativo se puede ver las diferencias de consumo entre motor asíncrono, síncrono comparando ambos con un ascensor hidráulico de similares características (480 Kg de carga para 6 personas):

Features:	Traditional electric	Oleodynamic	MRL
speed (m/s)	1,0	0,63	1,0
Motor power (kW)	4	8	2,8
current (A):			
rated	15	20	9
starting	45	30	12,5
Main fuses (A)	25	35	10
Energy consumption (kWh pa)			
100.000 starts/year	3000	3500	1500
200.000 starts/year	4500	5700	2200
Oil quantity (l)	3	180	0
mass (kg)	350	550	180
Noise level (dB(A))	65-70	65-70	50-55

Ilustración 19. Cuadro comparativo motor inducción, instalación hidráulica y motor síncrono

Otra ventaja del motor síncrono de imanes permanentes es que normalmente tiene una gama de velocidades más amplia que la del motor de inducción. En general, los motores síncronos de imanes permanentes tienen una gama de velocidades con una relación de 20:1 sin realimentación, y una relación de 2 000:1 en bucle cerrado. No obstante, la selección del sistema de accionamiento influye también en la gama de velocidades, por lo que ha de considerarse cada caso individualmente.

Hay distintos tipos de motores síncronos:

- De Excitación Separada (SM)
- De imanes permanentes (PM)
- De reluctancia variable (VR)

El motor de **excitación separada** tiene situado el bobinado de excitación en el rotor, de modo que puede alimentarse a partir de un excitador brushless. Tiene un rendimiento alto, pero su coste es alto y su tamaño es similar a un motor de inducción.

El motor de **imanes permanentes** dispone en el rotor de imanes permanentes en el rotor, que es el encargado de generar el campo magnético en el rotor que interactúa con el campo generado en el estator. Tiene una alta relación Par/peso y en los últimos años ha tenido un auge en su uso debido al abaratamiento de los imanes. Fueron desarrollados en principio para sustituir a los motores síncronos de reluctancia, siendo su potencia y su rango de sincronización mayor. Normalmente el rotor incorpora un devanado de jaula de ardilla que sirve para arrancar el motor.

Sus principales características son:

- su velocidad está determinada únicamente por la frecuencia aplicada, sin depender de la tensión, de la carga, de la temperatura o de las variaciones constructivas.
- en un principio tenían el inconveniente de la inexistencia de materiales adecuados para los imanes permanentes con suficiente fuerza coercitiva para soportar la desmagnetización impuesta por la reacción del inducido alternante durante el periodo de arranque. Con la aparición de materiales magnéticos de alta energía, ferritas, tierras raras poliméricas y aleaciones de samario y cobalto, se resolvió el problema anterior.
- motor de alto rendimiento, produce un ahorro energético en funcionamiento capaz de compensar el mayor coste inicial de producción con respecto a un motor de inducción de la misma potencia.

- posee factores de potencia mayores que permiten reducir el calentamiento del rotor y del estator a la vez que aumenta la fiabilidad y seguridad de sus elementos al someter a menores tensiones a los sistemas de aislamiento.
- capacidad de autoarranque y de resincronización frente a sobrecargas eventuales.
- generación de un par proporcional a la tensión.
- simplicidad constructivas del rotor.
- poseen prestaciones comparables e incluso superiores a los correspondientes síncronos convencionales y en particular los de inducción de análoga potencia

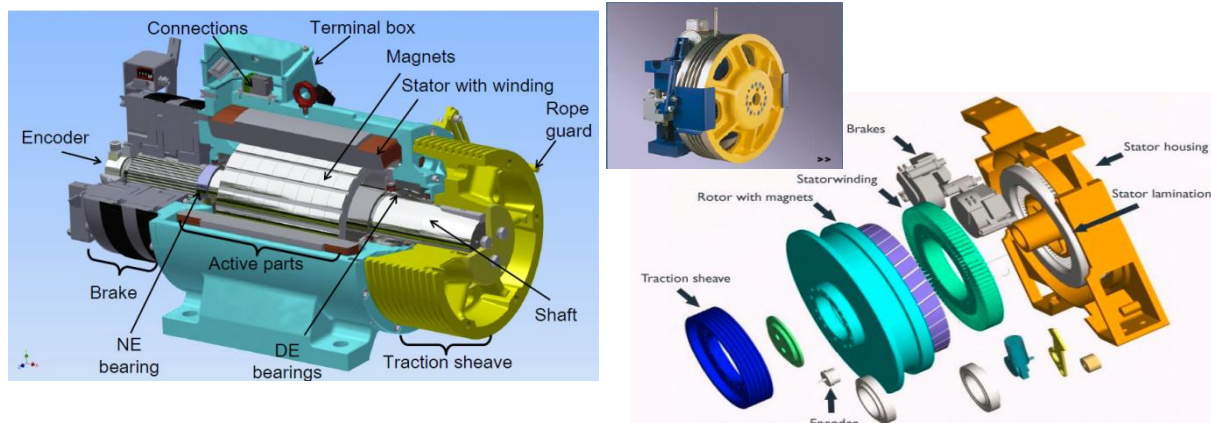


Ilustración 20. Motores síncronos de Imanes Permanentes

El motor de **Reluctancia Variable** es similar al motor PM excepto que no tiene un bobinado en el rotor. El rotor concentra el flujo magnético en las regiones de los polos con el fin de que se pueda transferir el par. Como el motor asíncrono, este motor es excitado por una corriente estática.

Tiene las ventajas de tener un rendimiento mejor que un motor asíncrono, pero sin embargo es un motor de elevado tamaño. Desde el punto de vista constructivo difiere con el motor de imanes permanentes en que se ha eliminado el imán lo cual lo hace menos crítico en su funcionamiento a altas temperaturas o a altas velocidades.

Este motor, denominado también autoasíncrono, tiene la particularidad de que su rotor de jaula de ardilla presenta un corte de chapa con amplias muescas, en un número igual al de polos del devanado monofásico del estator, muescas en las que por lo general siguen presentes las barras de la jaula de ardilla. Analizando el arranque de este motor, se observa que es igual al de un motor asíncrono de jaula de ardilla, con

la diferencia de que debido a las amplias ranuras, la reluctancia media del entrehierro es mayor, lo que incrementa el valor de la corriente absorbida.

Como motor asíncrono, su par es sensiblemente proporcional al deslizamiento, pero independientemente de este par, el rotor, por la presencia de los polos salientes a que dan lugar las amplias ranuras, es sometido a un par de reluctancia.

La comercialización de este motor está todavía limitada, se puede clasificar como un motor intermedio entre uno asíncrono y uno síncrono de imanes permanentes, lo que le hace ser apropiado para la tracción de vehículos de mediano o gran tamaño.

Por lo tanto, las ventajas del motor síncrono de imanes permanentes frente al motor de inducción pueden resumirse así: mejor rendimiento, regulación de velocidad más precisa, mayor densidad de potencia y temperatura de trabajo reducida (con la consiguiente mayor vida útil para los rodamientos y el aislamiento).

Por lo tanto, después de haber visto todas las características de los distintos motores síncronos, para una instalación MRL el más adecuado es el tipo de motor síncrono con imanes permanentes, que es el que más se usa en la actualidad.

4.7.2. VARIADORES DE FRECUENCIA. PRINCIPIO BÁSICO DEL FUNCIONAMIENTO

La mayoría de los convertidores de frecuencia trabajan según el principio que se detalla en el esquema de la Figura 21, es decir, la tensión alterna de la red (50 Hz) alimenta, a través de un rectificador, a un circuito intermedio de corriente continua. Un convertidor situado en el circuito de salida invierte esta tensión continua intermedia y la convierte, mediante la conmutación adecuada de los transistores V1 a V6, en un sistema de tensiones alternas trifásicas de frecuencia y tensión variables, o sea, opera como un rectificador invertido al que se suele denominar inversor.

El bloque de control, realiza la regulación de tensión con respecto a la frecuencia y asume las tareas de control, monitorización y protección, de forma que el sistema no pueda ser sobrecargado.

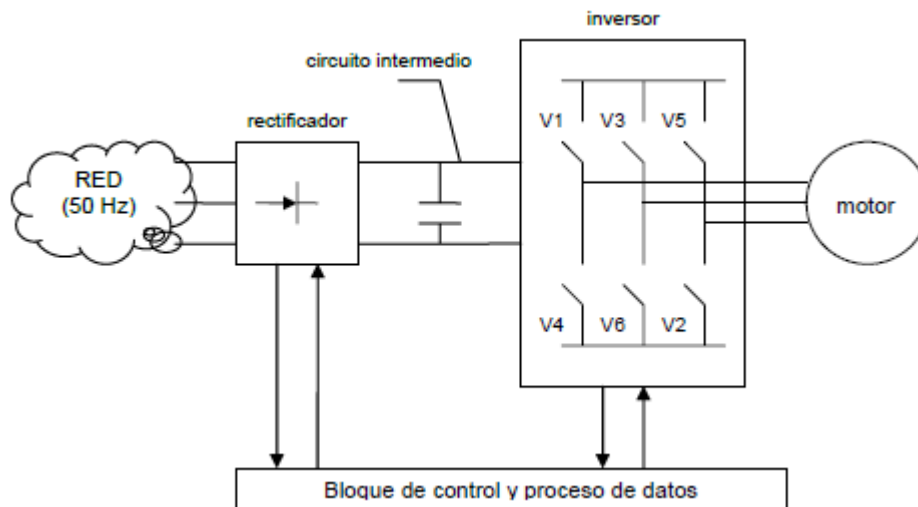


Ilustración 21. Esquema funcionamiento Variador de Frecuencia

4.7.3. TIPOS DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD DE LA MÁQUINA

La regulación de la velocidad de los motores de corriente alterna se realiza principalmente de 2 maneras, control escalar y control vectorial. Para poder describir brevemente cada uno de ellos y poder elegir uno u otro vamos a introducir brevemente el origen de estas estrategias de regulación de máquinas de corriente alterna.

En una regulación de velocidad de motores el control de la transferencia de energía se realiza a través de 2 variables mecánicas: par y velocidad. En la práctica solo se regula una de ellas mientras que la otra viene determinada por la carga. De esta manera si se efectúa un control del par, la velocidad queda determinada por la carga, y viceversa, si se efectúa un control de la velocidad, es el par el que viene determinado por la carga.

El motor de corriente continua es el que mejores características tiene para poder cumplir las exigencias de un control de velocidad y par. Fácil regulación de velocidad variando la tensión aplicada en los bornes del motor y/o variando el flujo. Par proporcional a la corriente del inducido y al flujo, por lo que se puede controlar actuando sobre la corriente del inducido y/o la corriente de excitación. Sin embargo el uso de motores de corriente continua tiene sus inconvenientes, que son:

- Fabricación costosa

- Necesidad de colector (conmutador) para conmutar de una espiral del inducido a otra, siendo este un elemento delicado que necesita de mantenimiento
- Teniendo en cuenta las ventajas que tiene el motor de inducción y motor síncrono respecto al motor de CC, es fácil ver que se ha intentado aplicar la regulación de velocidad de estos motores para sustituir a los motores de CC. Sin embargo los motores de AC presentan también inconvenientes para su regulación, que son:
 - tienen un débil par de arranque,
 - falta de flexibilidad al trabajar de manera óptima únicamente cerca de la velocidad de sincronismo (motores de inducción)

Con todo ello, y teniendo en cuenta que el comportamiento dinámico del motor asíncrono y/o síncrono queda definido por un sistema de ecuaciones no lineales de orden elevado, se puede concluir que el control de motores asíncronos y síncronos resulta mucho más complejo que el de los motores de CC.

Una estrategia para poder regular los motores de AC ha sido usando nuevos dispositivos y técnicas de control que ha tratado de conseguir que los motores AC tuvieran el mismo comportamiento dinámico que el de los motores de CC. Así han surgido los métodos de control vectorial que tienen en cuenta la fase y utilizan un modelo complejo del motor que tiene en cuenta la orientación del campo magnético, lo cual permite actuar mejor sobre el par y obtener así unas mejores prestaciones dinámicas.

Entre los sistemas de regulación tenemos los siguientes:

4.7.3.1. CONTROL ESCALAR

El control Escalar, denominado también control Tensión/frecuencia V/f o control del vector Tension (VVC Voltage Vector Control), se utiliza como algoritmo de control de los convertidores de frecuencia, en fuente de Tensión y se basa en lo siguiente:

Una de las maneras para reducir la velocidad de los motores de CA es reducir la frecuencia de alimentación. Sin embargo, al reducir la frecuencia por un lado disminuye las reactancias ($X_L = j\pi L$) por lo que si se mantiene constante la tensión podría resultar demasiado elevada la corriente y se podría llegar a quemar el motor. Una forma de evitar este problema es reducir la tensión en la misma proporción en que lo hace la frecuencia. En definitiva se trata de controlar la amplitud y frecuencia del vector tensión usando la compensación de carga y deslizamiento. El ángulo correspondiente al vector tensión se determina en función de la frecuencia

programada para el motor (referencia) y la frecuencia de conmutación de los semiconductores

Las características del control escalar son las siguientes:

- Rango de regulación de velocidad 1:25 sin realimentación
- Precisión $\pm 1\%$ de la velocidad nominal sin realimentación
- Robusto frente a los cambios de carga

En las primeras aplicaciones con esta técnica solo se lograba un margen de variación de velocidad muy reducido y ello era debido a que al mantener constante la relación V/f no se tenía en cuenta que los devanados tenían también resistencia óhmica, la cual era independiente de la frecuencia. Una posible solución a frecuencias bajas es aumentar un poco la tensión o hacerlo en proporción al consumo y la resistencia de los devanados.

Si en estator del motor se desprecia la caída de tensión frente a la fem inducida, se tiene que

$$V_1 \sim E_1 = K \cdot f_1 \cdot \phi$$

O puesto de otra manera

$$\frac{V_1}{f_1} = K \cdot \phi$$

Como puede verse, el flujo en el entrehierro depende de la relación V/f , lo cual indica que se puede variar la velocidad de 2 formas:

- Variación a Flujo constante
- Variación por reducción de flujo

4.7.3.1.1. VARIACION DE VELOCIDAD A FLUJO CTE

La variación de velocidad a constante o también llamada a par constante, se basa en que de acuerdo a la expresión

$$V_1/f_1 = K \cdot \phi$$

Si se varía la tensión y la frecuencia, de forma que su cociente se mantenga constante, la onda giratoria de flujo continua constante. La tensión solamente puede variar desde cero a su valor nominal, mientras que la frecuencia podrá hacerlo desde cero a valores superiores al valor nominal. Esto limita las posibilidades de mantener el flujo constante. El control escalar puede realizarse de 2 formas:

- En lazo abierto

- En lazo cerrado

4.7.3.1.2. Control en lazo abierto.

Este método controla la velocidad del motor variando la frecuencia de alimentación de las tensiones del estator.

Para velocidades superiores aproximadamente al 10% de la velocidad nominal, es correcta la aproximación de que el flujo en la máquina depende únicamente del cociente V/f . Por lo que si se desea mantener el flujo nominal de máquina (lo que supone trabajar a Par nominal) en todo el rango de frecuencias, se debe mantener constante y en su valor nominal el cociente V/f . Sin embargo, a bajas velocidades esta aproximación pierde validez al cobrar importancia la caída de tensión en la resistencia del estator, por lo que, de mantenerse la misma ley de control se originaría una progresiva disminución del flujo en la máquina, y por lo tanto de la capacidad de producción de par. Para evitar esto, generalmente se le suma un valor constante a la tensión calculada a partir de la velocidad

El control en lazo abierto, si bien resulta un método de control sencillo y económico, sus prestaciones son reducidas. Este método solo es adecuado para aquellas aplicaciones que toleran pequeñas variaciones de velocidad (por variación de carga o de tensión) y que no precisan una respuesta rápida.

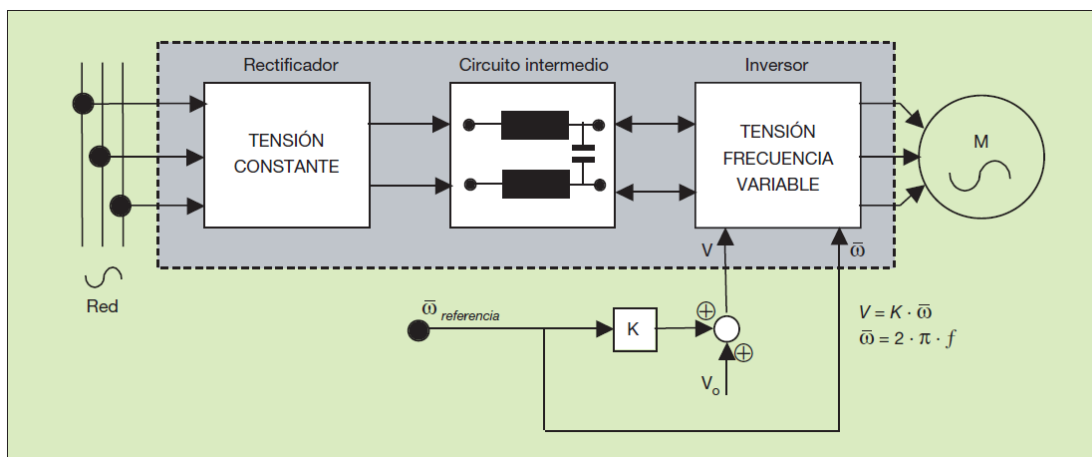


Ilustración 22. Esquema de control escalar en lazo abierto

4.7.3.1.3. Control en lazo cerrado

Para evitar variaciones no deseadas de velocidad y flujo, se puede realizar un control escalar en lazo cerrado de estos parámetros. Se dispondrá al menos de 2 lazos de control: uno de velocidad que impondrá la frecuencia de alimentación, y otro de flujo que impondrá la tensión. Además, con la finalidad de obtener un sistema más estable, generalmente se introduce un tercer lazo de control para controlar el par.

Tanto el par como el flujo pueden ser estimados a partir de las ecuaciones de régimen permanente o bien se pueden medir.

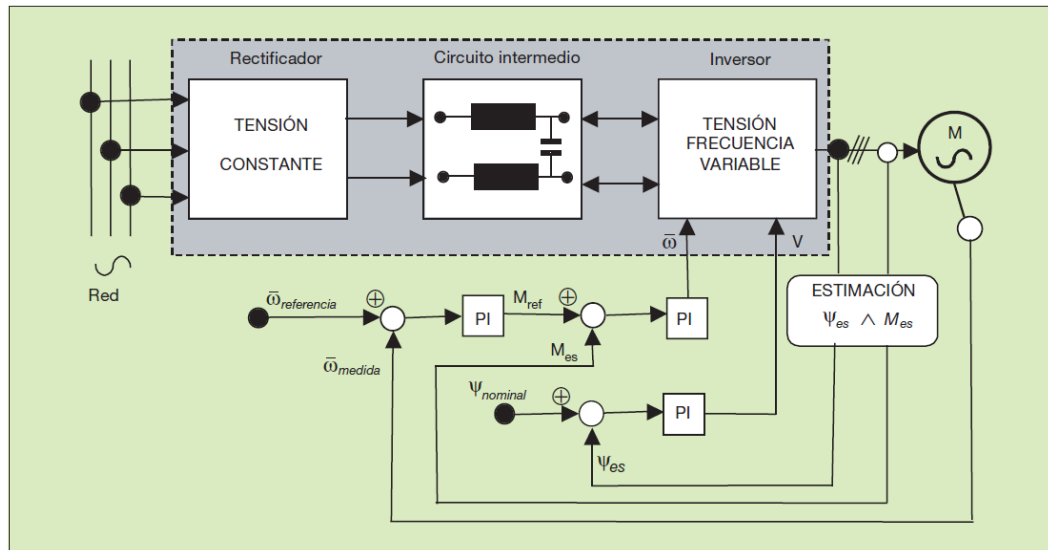


Ilustración 23. Esquema de control escalar en lazo cerrado

4.7.3.1.4. VARIACION DE VELOCIDAD POR REDUCCION DE FLUJO

Este método de variación de velocidad se llama también por debilitamiento de campo o a potencia constante.

Cuando se hace variar la frecuencia por encima del valor en que se alcanza la tensión nominal de la red, y teniendo en cuenta que a partir de ese punto la tensión ya no puede seguir creciendo, lo que ocurrirá es que en esa zona el flujo en el entrehierro decrecerá paulatinamente con el incremento de frecuencia. En esta situación, el par máximo de la curva par-velocidad, decrecerá en función de la frecuencia, pudiendo funcionar en esta zona en un régimen de potencia constante (señalado por la línea discontinua de la figura). Para un funcionamiento seguro del motor, en la zona de debilitamiento de campo, el par máximo nunca ha de ser inferior a 1,3 veces el par resistivo aplicado.

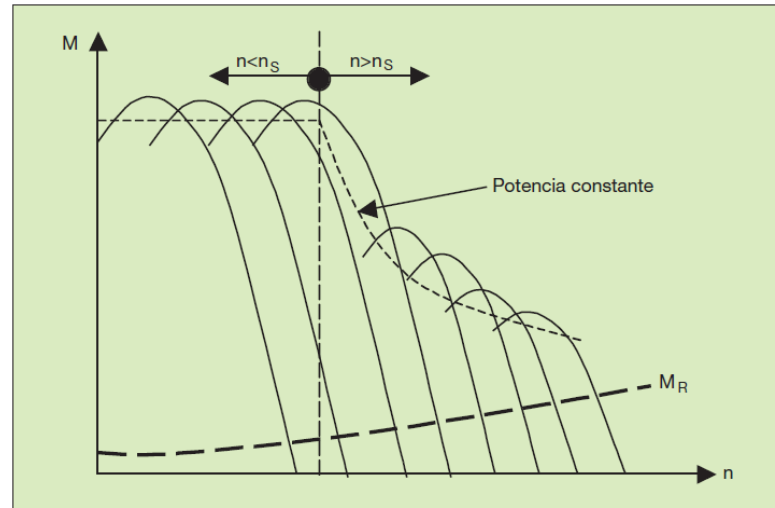


Ilustración 24. Características Par-velocidad en un control a potencia cte.

4.7.3.1.5. CONTROL DIRECTO DE PAR

Un desarrollo reciente del control escalar es el denominado control directo de par (Direct Torque Control, DTC), bajo el cual se controla directamente la amplitud y el ángulo del vector tensión, así como la frecuencia, y cuyas características superan a las del control escalar normal (VVC).

La principal diferencia del control DTC frente a otros métodos de control es que en el DTC no existe un modulador PWM separado, sino que el ángulo de disparo de los semiconductores del convertidor se determina directamente por el estado electromagnético del motor. Para ellos es preciso disponer de un modelo matemático del motor así como una elevada capacidad de cálculo. El nivel de sofisticación matemática del modelo permite calcular el valor exacto de las variables del mismo, sin necesidad de una realimentación de la velocidad del eje. En la puesta en marcha del sistema, una rutina de identificación proporciona al modelo los valores de la resistencia del estator, la inductancia mutua, los coeficientes de saturación y la inercia del motor. Una parte del modelo modeliza el comportamiento térmico del motor de forma que corrige las variaciones que ocasione la temperatura en la resistencia del estator.

En funcionamiento normal el modelo recibe información de las medidas de las corrientes de fase y de la tensión del circuito intermedio de continua, junto con la posición de los semiconductores de potencia. A partir de estos datos se calculan los valores actuales de las variables de control, que son el flujo magnético y el par motor. Asimismo se calcula la velocidad la velocidad del eje y la frecuencia eléctrica, con lo que no se precisa disponer de transductores para realimentar en velocidad.

El bloque de control por histéresis del par y del flujo, compara los valores reales de estas variables con sus valores actuales y determina la posición óptima de los semiconductores de convertidor de frecuencia para seleccionar el vector de tensión más indicado. El objetivo es obligar al vector de flujo del estator a evolucionar, de forma que se consigan los valores de referencia de par y de flujo del estator.

Para determinar la secuencia de conmutación del inversor, el DTC utiliza un procesador digital de señal junto con un circuito ASIC. Esta configuración permite ejecutar el algoritmo de control rápidamente de forma que si la carga demanda del motor más par, en la próxima secuencia de conmutación se puede satisfacer esta demanda inmediatamente.

El DTC incorpora algunas funciones especiales tales como arrancar el motor en cualquier estado electromagnético, incluso si el motor está girando. El modelo del motor puede calcular automáticamente el nivel óptimo de flujo magnetizante en función del nivel de carga, de esta manera las pérdidas se pueden reducir en más de un 16% cuando el motor esta en vacío. Cuando existe un microcorte en el suministro de energía, el DTC mantiene el nivel de tensión en el circuito intermedio de c.c., de esta forma cuando se recupera el suministro el motor puede seguir funcionando inmediatamente,

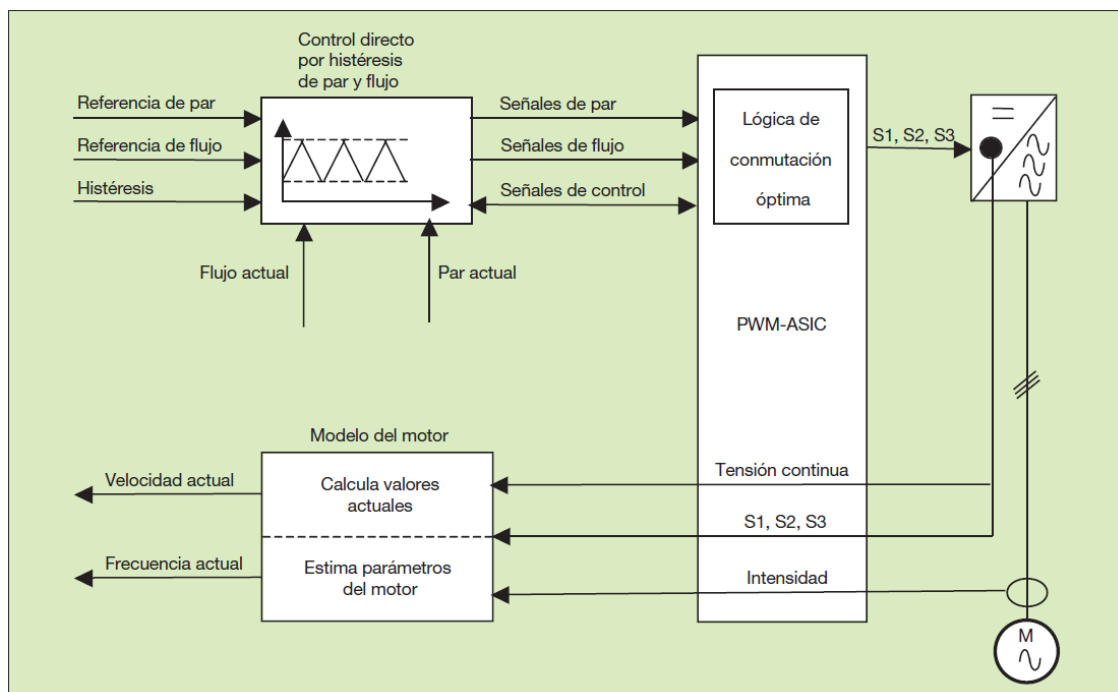


Ilustración 25. Diagrama de bloques del control directo del par (DTC)

4.7.3.2. CONTROL VECTORIAL

La estrategia del control, vectorial se basa en extrapolar la técnica de control de los motores de corriente continua de excitación independiente al ámbito de los motores asíncronos y síncronos. Para ello y debido a que una máquina de corriente alterna carece de dos devanados desacoplados, uno de excitación (campo) y otro de inducido como tiene la máquina de c.c. de excitación independiente, se recurre a referir el sistema trifásico alterno de corrientes estatóricas a un sistema de coordenadas que gira en sincronismo con el campo giratorio. En este nuevo sistema de referencia las corrientes estatóricas pueden ser tratadas como vectores giratorios, de aquí el nombre de control vectorial o también denominado control de campo orientado. A continuación, lo que se hace es descomponer este vector en 2 componentes: una en fase con el campo rotórico, y la otra en cuadratura. La primera resulta ser la responsable del flujo magnético de la máquina, y se denomina corriente de magnetización, la segunda es la encargada de generar el par motor, y se le llama corriente activa. Mediante esta transformación de coordenadas se consigue desacoplar el modelo matemático del motor asíncrono (aunque este mismo estudio se puede hacer para máquinas síncronas), y controlar estas dos componentes independientemente, de forma análoga a como se controlan las corrientes de excitación (campo) e inducido de una máquina de corriente continua. De esta forma se pueden lograr respuestas dinámicas similares. Una vez que se determinan, en este sistema de referencia giratorio, los valores de ambas componentes, magnetización y activa, se aplica una transformación inversa para obtener las consignas (set points) de magnitud y fase de las corrientes estatóricas, las cuales se aplican a la entrada del regulador de corriente, que generará como respuesta las señales PWM de disparo de los IGBTs de la etapa de potencia, los cuales generaran las tensiones que alimentan los devanados del motor.

Para poder ejecutar las rutinas de transformación de coordenadas, se precisa utilizar el ángulo desarrollado por el rotor, esta necesidad da origen a dos estrategias diferentes:

- Registrar el ángulo del rotor a cada instante mediante un encoder (Control Vectorial de lazo cerrado)
- Estimar el ángulo mediante un observador, lo cual da lugar al denominado Control Vectorial sin sensor o de lazo abierto (Sensor Less Vector Control).

Mediante la técnica de lazo cerrado, resulta posible ejecutar distintas estrategias de control en función de la variable que se desea regular, así se tiene un control en lazo cerrado de velocidad o de par.

El decidir en qué aplicaciones se precisa realizar un control en lazo cerrado utilizando un sensor de velocidad, y en cuales no siempre resulta una tarea fácil. Por regla general, se puede decir que resulta conveniente utilizar sensor de velocidad y control en lazo cerrado en los siguientes casos:

- En aplicaciones que requieran una elevada precisión en el ajuste de velocidad, típicamente superior al 0,001%
- En aquellos casos en que se precise un elevado comportamiento dinámico incluso a bajas velocidades, del orden de los ms (trenes de laminación)
- Necesidad de disponer de un par motor elevado a velocidades inferiores al 10% de la velocidad nominal, incluso a velocidad cero (grúas con funciones de posicionamiento)
- Aplicaciones que requieran un control de par en un rango mayor a 1:10 (bobinadora, control de tensión de lazo cerrado)

Así pues, el control vectorial se puede diseñar de varias maneras. La mayor diferencia entre ellas es el criterio que se utiliza para calcular los valores de corriente activa, corriente de magnetización (flujo) y par.

Como se ha comentado anteriormente, en un motor de c.c. los valores que resultan importantes para generar par (flujo ϕ y corriente de inducido I_i) son fijos en cuanto a valor y posición de fase, en función de la orientación del devanado de campo y la posición de las escobillas. Además la corriente de inducido de un motor de c.c. y la corriente que genera flujo (corriente de excitación), forman un ángulo recto.

En un motor asíncrono o de inducción, la posición del flujo (ϕ) y de la corriente del rotor I_L depende de la carga. Además, a diferencia de un motor de c.c., los ángulos de fase y corriente no se pueden medir directamente a partir del valor de estator.

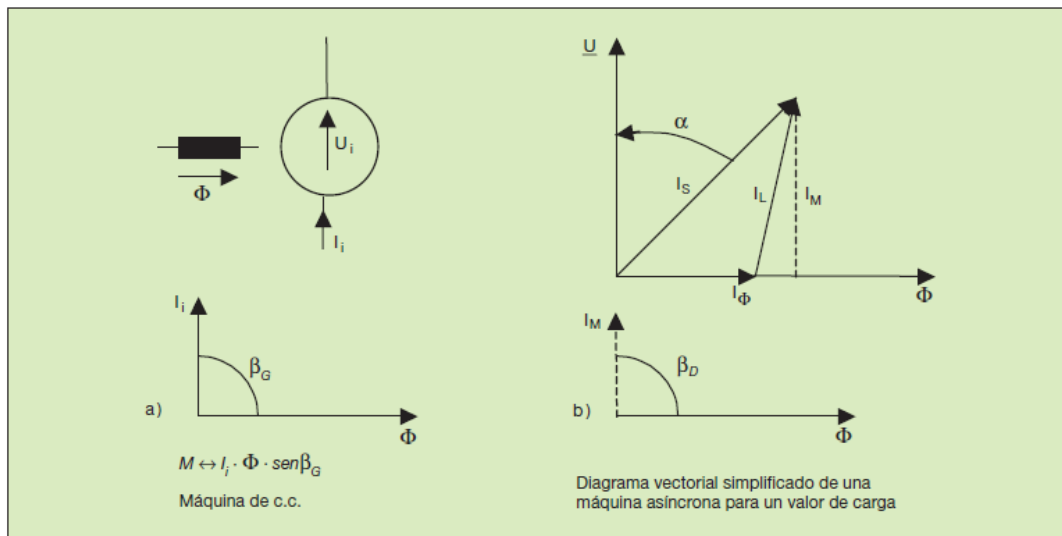


Ilustración 26. Comparación entre las máquinas de c.c. y las máquinas asíncronas

No obstante, usando un modelo matemático, el par se puede calcular a partir de las relaciones entre el flujo y la corriente del estator. Esta técnica se basa en pasar del sistema trifásico de las corrientes del estator a un sistema bifásico de ejes d y q solidarios con el vector de flujo en el entrehierro. Se puede demostrar que solamente la componente I_{sd} de la corriente del estatores la responsable del flujo, mientras que la componente I_{sq} puede ser también ella sola la responsable de la producción de par.

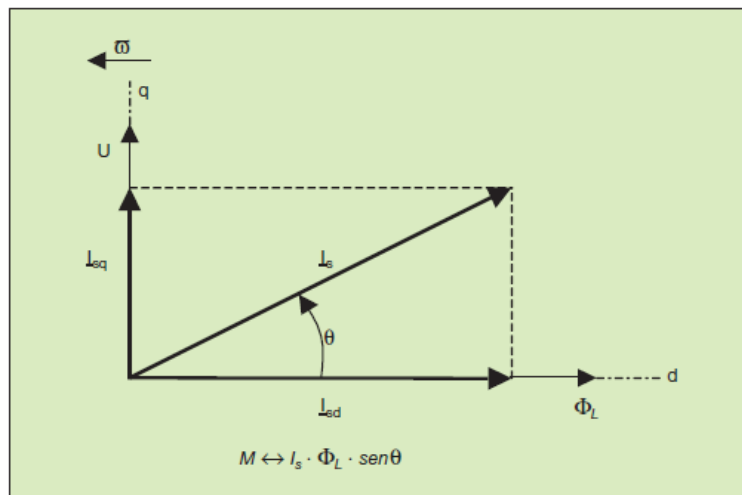


Ilustración 27. Cálculo de las componentes de corrientes para la regulación de campo orientado

Como esta técnica permite realizar el control de la carga independientemente del estado de excitación, es posible controlar dinámicamente los niveles de par del motor asíncrono del mismo modo que en los motores de c.c., teniendo en cuenta además que se tiene una señal de realimentación. Así se puede indicar que este método de control, aplicable tanto a máquinas asíncronas como síncronas, ofrece las siguientes ventajas:

- Buena relación a las variaciones de la carga
- Regulación precisa de la velocidad
- Posibilidad de tener el par máximo en el arranque
- Comportamiento comparable a los accionamientos de c.c.

Básicamente existen dos métodos de control vectorial:

4.7.3.2.1. METODO DIRECTO

Desarrollado por Blaschke y que realiza una medición directa del flujo. Este método no se puede realizar a bajas velocidades, ya que el ruido producido por los armónicos impide una buena lectura del flujo.

4.7.3.2.2. METODO INDIRECTO

Desarrollado por Hasse y donde se realiza una estimación del flujo a partir de las corrientes del estator y del deslizamiento. Este método no presenta el problema del ruido del método anterior pero tiene el inconveniente de ser fuertemente dependiente de los parámetros de la máquina y, por lo tanto, sensible a la variación de los mismos.

Recientemente se ha sugerido un control vectorial universal, donde el control vectorial universal, donde el control indirecto opera en el rango de bajas velocidades, pasando a un control directo en altas.

Últimamente ha sido posible la aplicación de las técnicas de control adaptativo gracias al empleo de microprocesadores con gran potencia de cálculo y los procesadores de señal DSPs que superan los problemas de ajustes de "set points" y derivas que se producían en antiguas versiones de control vectorial con un modelo de máquina definido por un sistema de ecuaciones de orden no muy elevado. Para poder realizar un buen control se precisa conocer en detalle las características internas de la máquina a controlar. El problema de una máquina eléctrica es que sus parámetros

característicos tales como las resistencias e inductancias varían debido al calentamiento y a la saturación a lo largo del funcionamiento. La técnica consiste en determinar el valor de los parámetros de la máquina en tiempo real para calcular en cada instante, teniendo en cuenta la variación de dichos parámetros, el control óptimo.

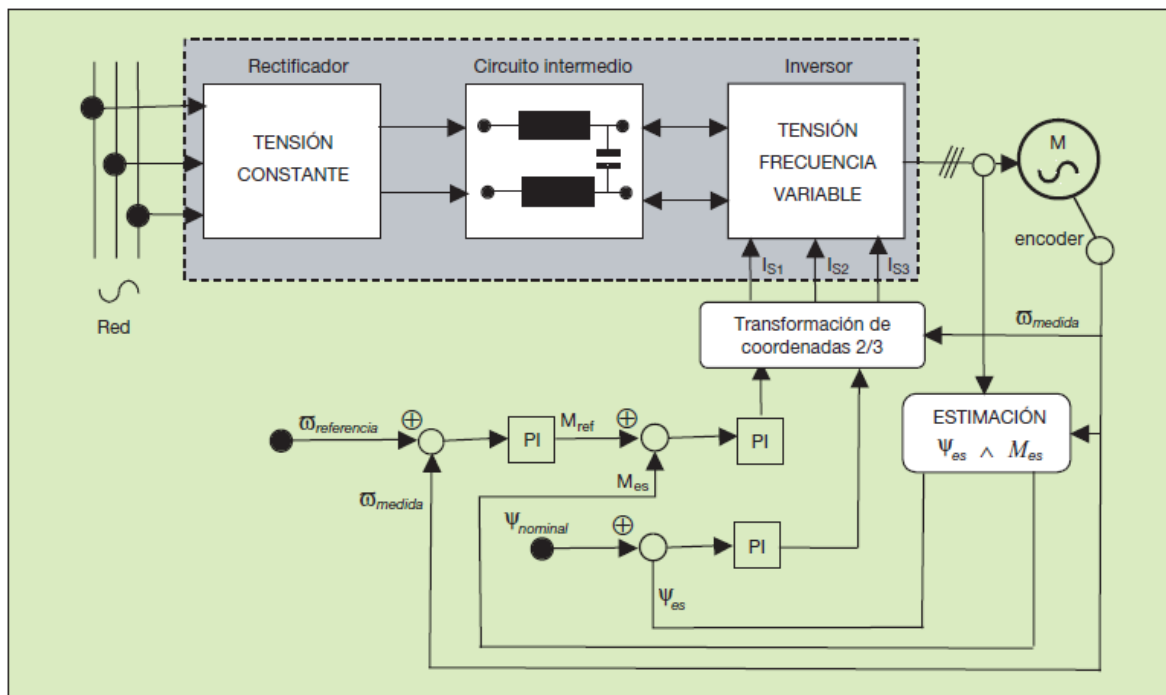


Ilustración 28. Esquema de control vectorial

Una vez expuestos los distintos tipos de control vamos a realizar un breve resumen con los conceptos más importantes, a los que se hará alusión cuando se escoja el tipo de variador de frecuencia.

En los últimos años el control de los motores trifásicos de c.a. se ha desarrollado sobre las bases de dos principios de control diferente:

- Control Escalar o control V/f normal.
- Control Vectorial del flujo

Ambos tienen ventajas que dependen de los requerimientos dinámicos del accionamiento y de la precisión.

El control V/f normal tiene un rango de regulación de velocidad limitado aproximadamente a 1:20 por lo que requiere de una estrategia de control (compensación) alternativa. Usando esta técnica resulta relativamente simple adaptar el convertidor de frecuencia al motor, siendo además una técnica robusta contra cargas instantáneas en todo el rango de velocidad.

En los accionamientos que utilizan el control vectorial de flujo, el convertidor se debe configurar de forma precisa al motor, lo cual requiere un conocimiento detallado de ambos. También se precisa disponer de componentes adicionales para la señal de realimentación. Algunas ventajas de este tipo de control son las siguientes:

- Una rápida reacción a los cambios de velocidad y en un amplio rango de velocidades
- Mejor reacción dinámica a los cambios de dirección
- Proporciona una estrategia de control simple para todo el rango de velocidades.

Para el usuario la solución óptima se encuentra en aquellas técnicas que combinan las mejores propiedades de ambas estrategias. Se precisa disponer de soluciones donde estén presentes, tanto características como la robustez frente al peso carga/descarga en todo el rango de velocidades (un control fuerte del control V/f) como una rápida reacción a cambios en la velocidad de referencia (como la que se tiene en el control vectorial).

4.7.4. Freno

4.7.4.1. Freno electromecánico

El freno electromecánico tiene la función de inmovilizar el ascensor una vez que se ha detenido totalmente la cabina. También es un elemento de seguridad ya que en caso de corte de suministro eléctrico en los circuitos de control el sistema de frenada del ascensor debe ponerse en funcionamiento automáticamente. Este sistema se lleva a cabo mediante un freno de fricción electromecánico. De acuerdo con la Norma 81-20 / 50, el par de frenada debe ser capaz de frenar de forma segura el ascensor con una carga equivalente al 125% de la carga nominal y de bloquearlo después de la parada.

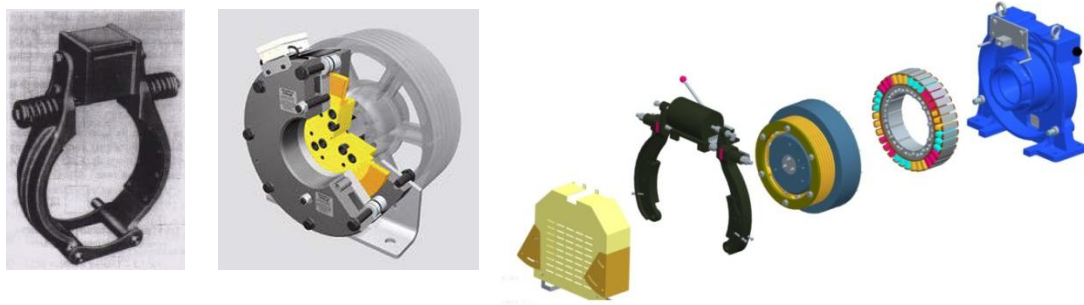


Ilustración 29. Frenos electromecánicos

Sobre el tambor del freno actúan las zapatas empujadas fuertemente por sendos resortes cuya tensión es regulable para disminuir o aumentar la tensión de los muelles. Las zapatas son separadas del tambor cuando se pone en tensión el electroimán que las acciona. Por tanto, en posición de reposo, o sea cuando no hay tensión, el grupo tractor está frenado. De esta forma cualquier fallo en el suministro eléctrico produce la parada inmediata del ascensor. La Norma 81-20/50 recomienda que el corte de la corriente eléctrica que produce la apertura del freno debe ser efectuada al menos por dos dispositivos eléctricos independientes.

4.7.4.2. Eficacia del frenado.

El sistema de frenado debe ser capaz de parar en descenso la cabina con una carga equivalente al 125% de la nominal, y en subida en vacío (casos extremos en los que se puede encontrar el ascensor).

La Norma EN 81 recomienda que el frenado no debe producir una deceleración superior a la resultante de la actuación del paracaídas o del impacto sobre los amortiguadores.

4.7.4.3. Freno eléctrico

Estos frenos de inducción constan de un estator fijo y de un par de rotores unidos al eje de transmisión que lo hace girar. El estator, unido rígidamente al chasis, junto a los rotores están montados coaxialmente uno frente a otro; un espacio llamado entrehierro separa los rotores del estator, lo que evita cualquier fricción. El estator tiene la función de inductor; está constituido por un número par de electroimanes que, cuando son atravesados por una corriente eléctrica continua, generan los campos magnéticos necesarios para producir corrientes de Foucault en la masa de los rotores. Los rotores tienen la función de inducido. Construidos en un material conductor elaborado especialmente, los rotores son sometidos a corrientes de Foucault solo cuando los atraviesan los campos magnéticos que genera el estator, a la vez que giran impulsados por el eje de la máquina. Las corrientes de Foucault, por definición, se originan en una masa metálica conductora cuando esta se coloca en un campo magnético variable. En el caso de los frenos de inducción, la variabilidad del campo magnético al que son sometidos los rotores se obtiene mediante la rotación de estos últimos. Las corrientes de Foucault se enrollan alrededor de líneas de flujo magnéticas, que también se llaman corrientes de torbellino. La generación de corrientes de Foucault en la masa del rotor causa la aparición de fuerzas de Laplace que se

oponen a la rotación del rotor. El par de frenado, generado de esta forma y aplicado al eje de la máquina, permite reducir la velocidad.

Al iniciarse el frenado se desconecta el motor de la red y con la tensión remanente se va produciendo el frenado eléctrico de la cabina hasta su inmovilización a nivel de piso. El freno mecánico sólo actúa para inmovilizar el ascensor una vez que se ha detenido totalmente la cabina.

La elección de un tipo de freno u otro vendrá determinado por las características de la instalación y las características del freno concreto que se pretenda usar

4.7.5. Reductor

En primer lugar hay que señalar que, excepto los grupos tractores Gearless, el resto introduce un reductor entre el freno y la polea tractora. En la actualidad, prácticamente todos los reductores son del tipo sinfín-corona.

El reductor está formado por un sinfín de acero engranado con una corona de bronce, montados en una carcasa o cárter de fundición que muchas veces forma un conjunto con las guías sobre las que se asienta el motor.

La Norma EN 81-20/50 recomienda proteger las poleas y piñones (si se utilizan cadenas) de tracción para prevenir la caída de cuerpos extraños entre los cables y las gargantas de las poleas cuando la máquina está en la parte inferior del recinto.

En la actualidad, la mayoría de los ascensores incorporan el tipo de transmisión de corona y tornillo sinfín. Su justificación es motivada por las siguientes ventajas:

- Transmisión muy compacta en comparación con otros tipos para una potencia y un índice de transmisión dados.
- Es el tipo de transmisión que presenta el menor número de piezas móviles, minimizándose, por tanto, los gastos de mantenimiento y de recambio de piezas.
- Es muy silenciosa.
- Tiene una alta resistencia al impacto, algo de suma importancia en un ascensor.

No se va a profundizar más en este accionamiento ya que la disposición que se va a escoger es sin reductor, por lo que simplemente se ha expuesto de manera descriptiva.

4.7.6. Poleas de tracción

La polea superior de los ascensores es siempre tractora, y por este motivo se debe diseñar de forma cuidadosa, para que además de soportar los esfuerzos que le transmite el cable, sea capaz de transmitir la tracción a éste por adherencia. Las poleas que arrastran los cables por adherencia tienen 3 características:

- Diámetro
- Perfil de sus gargantas o canales
- Material en el que están construidas

El diámetro viene en parte determinado por la velocidad de desplazamiento que se fije en la cabina. Así, es normal que se utilice un mismo grupo tractor para la obtención de varias velocidades utilizando poleas de arrastre de diámetros adecuados. Sin embargo, este diámetro tiene un límite inferior, ya que la duración del cable es mayor cuanto mayor sea la relación entre el diámetro de la polea y el diámetro del cable. La Norma EN 81-1 establece un mínimo de 40.

El perfil de los canales de las poleas de arrastre tiene una influencia en la duración de los cables. Si la garganta de la polea es demasiado estrecha, el cable quedará enclavado en ella, y si es demasiado ancha, no encuentra el apoyo necesario y el cable se aplasta. En cualquiera de los dos casos anteriores se produce un desgaste anormal y prematuro del cable.

Existen diferentes perfiles de canales, aunque los más utilizados son los trapezoidales y los semicirculares. De todos ellos, el más usado en las poleas de tracción de los ascensores es el semicircular con entalla o ranura ya que mejora la adherencia del perfil semicircular normal, y evita el rozamiento y deformación del fondo del canal o garganta.

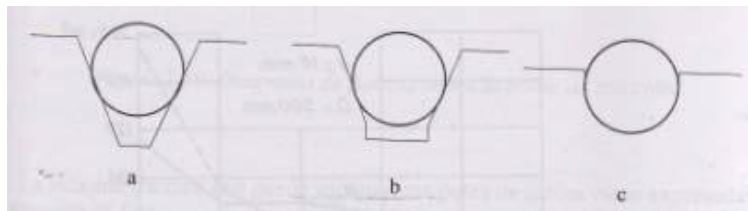


Ilustración 30. Tipos de garganta de Poleas a) Perfil trapezoidal, b) semiesférico con entalla, c) Semiesférico sin entalla

El material empleado en la fabricación de las poleas de tracción de los ascensores es la fundición de hierro gris, de resistencia suficiente para soportar la presión específica del cable sobre la garganta, sin que se produzca un desgaste anormal.

4.7.7. *Volante de inercia*

El volante de inercia tiene como objeto asegurar la adecuada amortiguación de velocidad en la aceleración y deceleración cuando el motor utilizado es de 1 ó 2 velocidades. En base a esto, se comprende que su uso no es necesario en motores con convertidor de frecuencia ya que, en estos casos, es el propio motor el encargado de ir disminuyendo su velocidad eléctricamente.

En aquellas instalaciones antiguas en las que el motor sea de 1 ó 2 velocidades, se tiene que hacer un cálculo de la inercia necesaria para equilibrar la masa móvil para que ésta pueda ser controlada y nivelada con cada piso dentro de las tolerancias normalizadas.

4.7.8. *Polea de desvío*

Como se ha comentado con anterioridad, la polea de tracción debe ser capaz de accionar la cabina y el contrapeso sin deslizamientos. Para ello, los cables han de tener contacto con la polea de tracción en un arco superior al mínimo necesario. Con el grupo tractor en la parte superior del recinto, el ángulo máximo del arco de contacto será 180° si el diámetro de la polea de tracción es igual a la distancia entre el amarre de los cables en el chasis de la cabina y el amarre del contrapeso. Si esta distancia, como ocurre generalmente, es mayor, es necesario instalar una polea de desvío para situar los cables de suspensión de la cabina y contrapeso a una distancia prudencial.

Si esta polea se coloca al mismo nivel que la de tracción, el ángulo del arco de contacto de los cables con la polea de tracción se reduciría a 90° , insuficiente para evitar el deslizamiento. Por eso se colocan poleas de desvío a una altura inferior, con lo cual se consiguen ángulos muy superiores.

En casos de elevadores de grandes dimensiones (montacamas y montacoches) se hace imposible aplicar la solución anterior, por lo que la polea de desvío se coloca



Ilustración 31. Grupo Tractor General, b) Máquina vertical, c) Con Polea de desvío

como suspensión de cabina y contrapeso.

4.8. COMPONENTES DE SEGURIDAD

4.8.1. *LIMITADOR DE VELOCIDAD*

La Directiva europea 95/16/CE señala que los ascensores deberán poseer un dispositivo que limite el exceso de velocidad.

Es un elemento de seguridad que detecta los excesos de velocidad de la cabina y en algunas instalaciones también del contrapeso. El ascensor tiene un circuito independiente del cableado de tracción que se compone de un cable limitador de velocidad que recorre un circuito cerrado compuesto de una fijación superior, del limitador propiamente (que en algunos casos va fijado a la cabina y en otros fijado a la parte superior del hueco en la fijación superior), y la parte inferior o polea tensora o tensor del limitador. Este cable va anclado a la cabina. Esta unión solidaria hace que las poleas del limitador se muevan a la misma velocidad que la cabina, cuando ésta supera una velocidad considerada anómala (suele ser del 20% superior a la nominal), el limitador se dispara y saltan dos bloqueos: uno eléctrico que manda una orden al cuadro de maniobra para que corte, y otro mecánico que hace actuar el sistema de paracaídas sobre las guías de la cabina (acuñamiento) y en los casos en los que el contrapeso también disponga de paracaídas, también sobre este.

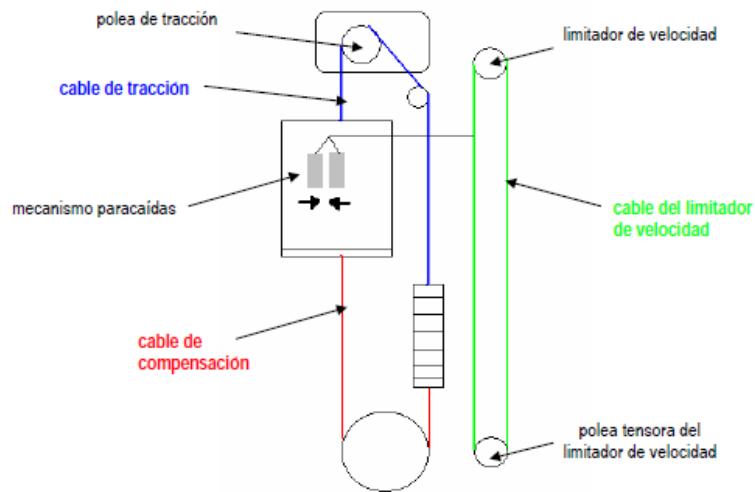


Ilustración 33. Esquema circuito de seguridad de un ascensor

Existen 2 tipos de poleas del limitador de velocidad:

- Limitador de velocidad oscilante
- Limitador de velocidad centrífuga

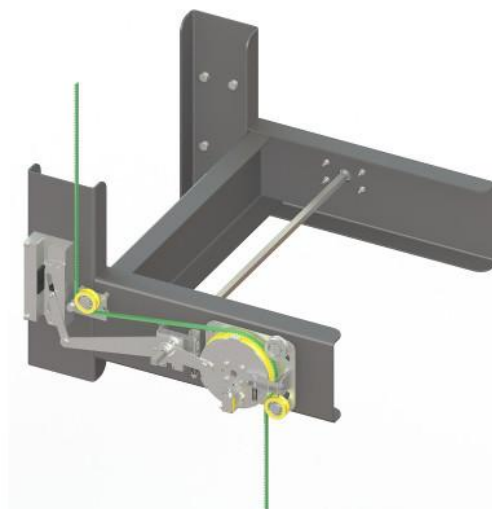


Ilustración 32. Esquema de un limitador de velocidad y su fijación en un chasis de cabina

En el primero de ellos es un gatillo oscilante el que se enclava al acelerarse, y en el segundo es la acción de la fuerza centrífuga la causante de la operación de frenada. La única ventaja que tiene uno sobre otro es que el centrífugo es más silencioso aún a velocidades elevadas, motivo por el que se emplea en mayor medida.

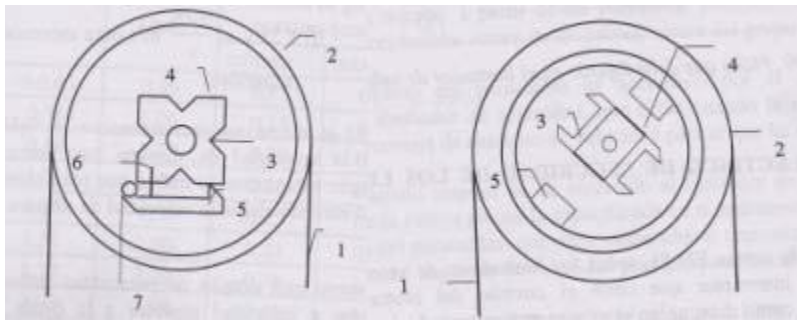


Ilustración 34. Limitador de velocidad oscilante (izqda.) y centrífugo (dcha.)

Finalmente, sobre el bastidor o chasis del limitador de velocidad debe colocarse una placa en la que el fabricante indique la velocidad de disparo, el diámetro del cable y el tipo del mismo. Además, de acuerdo con la Norma EN 81, todos los limitadores deber ir equipados con un interruptor que corte el circuito del motor o del freno ligeramente antes, o como máximo, en el mismo momento de bloqueo

Es posible también emplear limitadores de control electrónico con las ventajas añadidas de actuar en una o dos direcciones, disparo/reset remoto, medición continua de posición, velocidad y aceleración, posibilidad de auto monitorización, y protección ante movimientos incontrolados de la cabina (UCM)



Ilustración 35. Limitador de control electrónico

4.8.2. PARACAÍDAS

Sistema de seguridad asociado al limitador de velocidad. Está formado por dos cajas de cuñas (una en cada guía) Cuando el cable del limitador se detiene a consecuencia del propio funcionamiento del limitador de velocidad, tira, accionando una timonería que acciona a su vez una barra que las une para que salten al mismo tiempo, haciendo desplazar en dirección vertical unas varillas de actuación.

El funcionamiento del sistema se basa en que las guías pasan por las cajas de cuña y cuando el limitador salta por sobrepasar la velocidad de disparo, se accionan las cajas de cuña aprisionando el sistema contra las guías. Hay 2 tipos:

- Instantáneo ($v \leq 0.63$ m/s): la parada es brusca por lo que sólo está permitido en A de baja velocidad.
- Progresivo ($v > 0.63$ m/s): la parada se va produciendo de forma más suave que el anterior, por eso se puede utilizar con A de mayor velocidad

4.8.2.1. *Paracaídas de acción instantánea.*

El cable del limitador no hace más que tirar de la timonería que acciona las zapatas, las cuales presionan y se agarran cada vez con más fuerzas sobre las guías hasta llegar a producir el acuñamiento total del chasis de cabina o contrapeso. Las zapatas más usadas son las de cuña. Se trata de una forma brusca de parada ya que, tanto el material como los pasajeros, sufren el efecto del choque cuando las cuñas se agarran a las guías, por eso su empleo está limitado a ascensores de velocidades reducidas aún con un dispositivo amortiguador bajo el suelo de la cabina. Los paracaídas instantáneos sólo se permiten en ascensores de velocidades hasta 0.8 m/s y montacargas hasta 1.5 m/s. No obstante, se pueden usar en ascensores de velocidades hasta 1 m/s siempre que se dote a la cabina de algún dispositivo amortiguador que evite el golpe seco del frenado. Este dispositivo suele ser de caucho y se coloca entre el suelo de la cabina y su chasis.

4.8.2.2. *Paracaídas de acción progresiva.*

Frenan la caída aplicando sobre las zapatas de freno una fuerza de magnitud controlada. Los más utilizados son los de husillo, resorte y rodillo. En las nuevas instalaciones se recomienda el uso de paracaídas progresivos. En MP existe un modelo propio de acuñamiento en subida y bajada.

Hay que tener en cuenta que cuando el sistema detecta también que el cable del limitador se destensa el paracaídas se acciona también, deteniendo la cabina por seguridad hasta que el limitador, que es un elemento de seguridad, se restablezca o se solucione su funcionamiento.

Según la Norma EN 81-1 los paracaídas de la cabina deben llevar un dispositivo eléctrico de seguridad que, al actuar, corten la serie general de la maniobra, produciendo la parada del grupo tractor antes o, lo más tarde, al mismo tiempo que se produce el frenado de la cabina sobre las guías.

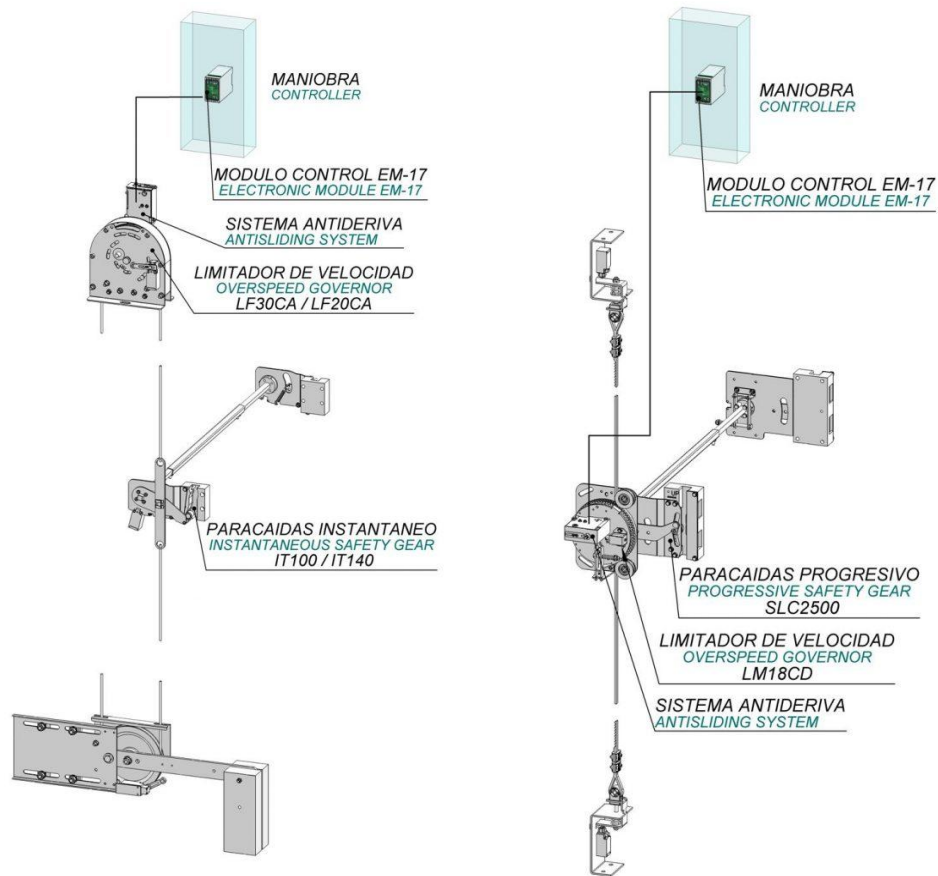


Ilustración 36. Paracaídas y su instalación con limitador en chasis de cabina

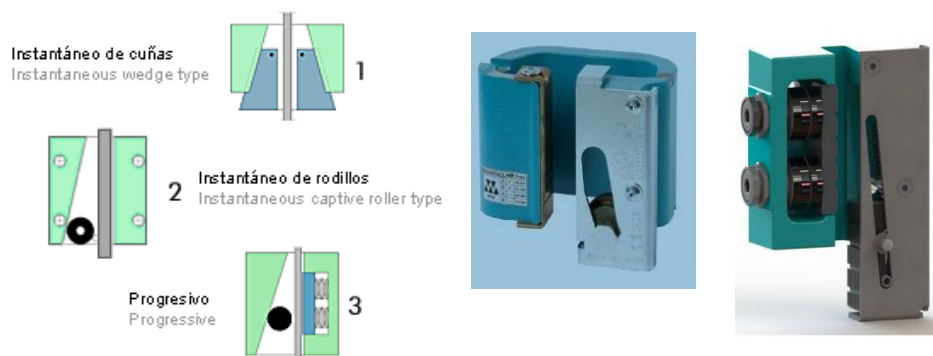


Ilustración 37. Tipos de paracaídas

4.8.2.3. *Paracaídas de Contrapeso*

El paracaídas de Contrapeso es un paracaídas que se instala en el contrapeso capaz de detener éste en plena carga en su descenso en caso de rotura, aflojamiento o desequilibrio de sus cables de suspensión. Sólo se permiten estos paracaídas cuando el recinto del contrapeso está sobre pasos de personas y la velocidad del ascensor es inferior a 1.5 m/s.

La Norma EN 81-1 dice que los paracaídas, tanto de cabina como de contrapeso, después de haber actuado deben desbloquearse solamente desplazando la cabina o el contrapeso hacia arriba. Después del desbloqueo, la puesta en marcha del ascensor debe requerir la intervención de una persona cualificada.

4.8.3. *PESACARGAS*

Detecta cuando el ascensor está al límite o ha sobrepasado su carga nominal, informando de ello al cuadro de maniobra. Esta parte de control puede llevar adicionalmente un control de presencia. Existen varios tipos:

- De cables: va encima de los terminales y según la tensión del cable calcula el peso.
- De bancadas: van bajo los apoyos de la bancada de la máquina
- De cabinas: entre el chasis y la cabina, con cuatro sensores situados en la parte inferior de la estructura.
- Electromecánico: entre el chasis y los cables.

4.8.4. *AMORTIGUADORES O PUFFERS*

Los ascensores deben estar provistos de amortiguadores para detener la cabina o el contrapeso en caso de que la cabina o contrapeso se pase de su recorrido por cualquier motivo, amortiguando el final de carrera. Cada ascensor lleva como mínimo dos (cabina y contrapeso). Se sitúan generalmente en el foso al final del recorrido de la cabina o del contrapeso, aunque también pueden montarse en la parte inferior del bastidor de éstos. En este caso, según la Norma EN 81-1, deben golpear en el foso sobre un pedestal de 0.5 m de altura para que quede espacio de protección en que resguardarse en caso necesario por parte del personal de conservación que esté eventualmente trabajando en el foso.

Tiene 2 partes: el pilar de apoyo y el puffer propiamente dicho o amortiguador. Estos pueden ser elásticos (de caucho), de resorte (o muelle) o hidráulicos en lo que a

su estructura se refiere. La Norma EN 81-1 distingue 3 clases de amortiguadores atendiendo a otras prestaciones:

- Amortiguadores de acumulación de energía (elástico), que no pueden emplearse más que para ascensores de velocidad nominal no superior a 0.63 m/s.
- Amortiguadores de acumulación de energía con amortiguación del movimiento de retorno (de resorte), para ascensores de velocidad no superior a 1 m/s. Los amortiguadores de resorte están formados por un alambre o barra de acero de sección circular, arrollada en forma helicoidal. Para facilitar su fijación el muelle va soldado a una placa base. Estos amortiguadores también denominados de acumulación de energía, pueden ir equipados con amortiguadores de retorno.
- Amortiguadores de disipación de energía (hidráulico), que pueden ser empleados en ascensores de cualquier velocidad. Los amortiguadores hidráulicos están formados por un émbolo hueco ajustado a un cilindro que forma el cuerpo amortiguador. El cilindro contiene un aceite especial, que al bajar el émbolo presionado por una carga exterior, va entrando en su interior a través de unos orificios, de sección regulable. De la sección total de los orificios depende la velocidad con que bajará el émbolo. Un muelle que se comprime al bajar el émbolo se encarga de reponerlo a su posición inicial, una vez que cese la fuerza que lo presiona.

Todos estos amortiguadores deben estar equipados con un dispositivo eléctrico de seguridad que impida el funcionamiento del ascensor mientras no retornen a sus posiciones normales.

4.8.5. PROTECCIÓN DE LAS MÁQUINAS

La Norma EN 81 recomienda que se coloquen protecciones adecuadas en las piezas giratorias que puedan golpear o arrastrar la ropa del personal encargado de la conservación y reparación de ascensores.

4.8.6. OPERADOR, PUERTAS DE CABINA Y PUERTAS DE PISO

La Directiva 95/16/CE señala que la cabina de los ascensores deberá estar completamente cerrada por paredes incluidos el suelo y el techo, con excepción de orificios de ventilación, y equipadas de puertas. Este hecho llevó a los constructores de ascensores a la creación de la doble puerta: la de cabina y la de piso.

4.8.6.1. Operador

La función del "Operador de puertas" es controlar la apertura y el cierre de las puertas del pasillo y cabina. Éste se instala en el techo de la cabina y tiene un dispositivo (patín retráctil) que es capaz de conectar mecánicamente las hojas de cabina y de piso en cada parada para poder abrir o cerrar ambas solidariamente en cada piso; de forma que cuando el operador desea abrir las puertas de cabina primera acciona el patín retráctil que libera el cierre de las hojas de cabina y a la vez enclava mecánicamente las hojas de piso con las hojas de cabina de forma que ambas son accionadas solidariamente por el operador de la cabina. Por lo tanto las hojas de piso son arrastradas por el operador y las puertas de piso o rellano no tienen un mecanismo que las accione, son simplemente arrastradas.



Ilustración 38. Operador con puertas de Cabina

En este punto cabe resaltar la importancia del Patín retráctil para la seguridad y la importancia que tiene en el accionamiento de las puertas de cabina y de piso. Ninguna puerta de rellano correspondiente a estas instalaciones debe abrirse, si en ese nivel no se encuentra la cabina detenida. Para que esto sea así, cada una de esas puertas cuenta con una cerradura electromecánica. No importa si se trata de puertas automáticas o manuales, ni si estas últimas son tijeras, plegadizas, corredizas o batientes. Todas, con el diseño que corresponda, poseen un elemento que combina un aspecto mecánico con otro eléctrico. Es decir, sólo cuando está mecánicamente trabado mediante el "gancho de doble uña" o cerrojo queda habilitada la parte eléctrica que permite el funcionamiento del ascensor. Si se destraba el "gancho", queda impedida la marcha de la cabina por la apertura de un contacto eléctrico.

¿Qué debe suceder para que la cerradura se destrabe cuando la cabina está en el nivel del piso? En la cabina hay un elemento normalmente llamado "patín" o "cama" que es el encargado de esa función. Desde principios de los años 70 todos los patines son "retráctiles". La función es la misma ya descrita. La particularidad es que el patín retráctil viaja con la cabina "retraído"; sólo cuando el control de maniobras, mediante la correspondiente señal eléctrica, le indica que está la cabina detenida en la parada pertinente, se expande y acciona el "fleje" o la "ruedita" de la cerradura electromecánica de ese piso, permitiendo que la puerta se abra. El proceso inverso se da cuando el ascensor es requerido desde otro piso: el patín se retrae antes de la partida y sólo se expande al llegar a él. Queda claro que durante todo el viaje de la cabina, como el patín está retraído, no va oprimiendo en su pasaje los "flejes" o los ganchos de las cerraduras de las puertas de rellanos que no son destino de detención. Ello impide que se abra puerta alguna, aún siendo "tironeada" intencionalmente como sucede con el patín fijo. Siendo el patín retráctil un elemento fundamental de seguridad para los usuarios, y que además evita inconvenientes y roturas de cerraduras por mal uso, evitando reposiciones prematuras.



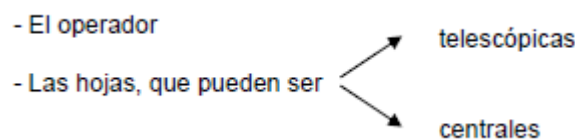
Ilustración 39. Patín Retráctil en un mecanismo u Operador

4.8.6.2. Puertas de cabina

Constituyen el medio de acceso a la cabina y están ligadas mecánicamente a ella. En la mayoría de los casos son de funcionamiento automático gobernado por la maniobra del ascensor. La hoja u hojas de la apertura se deslizan horizontalmente accionadas por un motor y guiadas en sus extremos superior por los carriles del operador y en la parte inferior por unos patines sobre una pisadera. Deben poseer resistencia mecánica adecuada y mínimas holguras de funcionamiento. La apertura de la puerta solo es posible en determinadas circunstancias:

- cuando la cabina esté detenida en un rellano.
- cuando la cabina está aproximándose a un rellano con velocidad reducida y controlada (preapertura de puertas). Muy empleado en aparatos de tráfico muy elevado pues permite agilizar el mismo reduciendo los tiempos.

Todas las puertas de cabina de nueva instalación deben ser automáticas. Este tipo de puertas pueden ser de 2 tipos:



Respecto a las puertas de cabina estas son accionadas por el operador, cuya definición podría ser: La función del "Operador de puertas" es controlar la apertura y el cierre de las puertas del pasillo y cabina. Éste se instala en el techo de la cabina.

Cuando el operador del motor es eléctrico, lleva para su rotación una correa dentada conectada a las hojas de puerta de la cabina, que se abre o se cierra seguido de la rotación del motor. Las puertas del pasillo se desplazan al mismo tiempo que las puertas de la cabina a través de una conexión mecánica.

4.8.6.3. Puertas de piso o rellano

Son los accesos a la cabina desde los rellanos o pisos, estando completamente ligados al cerramiento del hueco generalmente de obra. Sus características mecánicas deben ser idénticas a las de cabina. Incorporan un dispositivo electromagnético de seguridad que imposibilita su apertura en situaciones potencialmente peligrosas (cerradura).

El funcionamiento de las puertas de piso está subordinado al de las puertas de cabina de 2 formas distintas:

- desactivando el enclavamiento (cerradura) de seguridad y arrastrando las hojas, caso de las puertas automáticas.
- desactivando el enclavamiento y permitiendo al usuario abrir manualmente la puerta, caso de las puertas semiautomáticas (o batientes). Este sistema está ya en desuso y hoy en día está totalmente extendido el uso de puertas automáticas.

Las puertas de piso pueden ser a su vez telescópicas o centrales, del mismo modo que las puertas de cabina



Ilustración 40. Puertas de Piso o Rellano

4.9. MANIOBRAS. TIPOS DE MANIOBRAS Y SU UTILIZACIÓN MÁS CONVENIENTE.

El control de maniobras es sin duda el "cerebro" que comanda y controla todo el funcionamiento de un ascensor. En definitiva tiene múltiples funciones de accionamiento, puesta en marcha, detención y control de seguridades.- Dependiendo del tipo de control, también ejecuta algunas acciones especiales y programables que más adelante se indicarán.- De todas las tareas que realiza, una de vital importancia para los usuarios, por tener una relación directa con la utilización efectiva del o de los ascensores, es el comportamiento de la instalación cuando se produce una llamada

desde un rellano o una cabina.- Hay distintos comportamientos y esas diferencias conforman los "tipos de maniobras

4.9.1. Maniobra automática simple o Universal

En la cabina hay tantos pulsadores como pisos servidos y en rellanos uno por cada ascensor que haya. Desarrollo de funcionamiento: Cuando sube: A fin de que el usuario que sube a la cabina pueda pulsar el piso de su destino, sin que el ascensor le sea "quitado", debe tener una preferencia de entre 5 y 6 s, sobre los pasajeros que llaman desde los rellanos.- Si a la cabina suben varios pasajeros, primero debe pulsar el usuario que va al piso más bajo.- Cuando la cabina llega a ese nivel, descendido el pasajero y cerradas las puertas, inmediatamente se podrá oprimir el botón del piso siguiente y así sucesivamente. Cuando baja: Los pasajeros en los rellanos llaman la cabina con los correspondientes pulsadores, ésta responderá siempre que no esté efectuando algún viaje, es decir que sólo registrará y atenderá la llamada cuando esté inactiva.- Llegada la cabina al piso y abordada por el pasajero, éste dispone de los segundos de preferencia que tiene sobre cualquier otro usuario de piso, para ordenar su viaje. Tras ésta breve descripción, puede hacerse las siguientes consideraciones: Es la maniobra más barata, por lo cual hay una gran cantidad de ascensores que la poseen. Es aceptable para edificios de viviendas de baja altura y pocos pisos, pero en la práctica se utilizó para cualquier tipo de inmueble.- Dado que es la maniobra de más bajo rendimiento, son muchos los lugares que tienen serios problemas de movimiento vertical para los pasajeros ocasionales. Ya que genera muchos viajes con la cabina casi vacía o a medio llenar, provoca un gasto de energía muy grande por distancias recorridas que serían evitables con otras maniobras, un desgaste prematuro de toda la instalación y tiempos de espera desmesurados para los usuarios

4.9.2. Maniobra selectiva colectiva en descenso

En la cabina hay tantos pulsadores como pisos servidos y en rellanos uno por cada ascensor que haya. Desarrollo de funcionamiento: Los ascensores que poseen ésta maniobra, cuentan con una memoria en la que se registran desde la cabina las órdenes de subida o bajada que se impartan.- De las que se produzcan desde los pisos, solo se registrarán en esa memoria las órdenes de bajadas.- Los mandos que se producen en la cabina tienen preferencia de 5 a 6 s sobre los de rellanos.- Con las puertas cerradas el ascensor queda en posición de funcionamiento. Cuando sube: Cuando acceden los pasajeros a la cabina, pulsán los botones de los pisos deseados.- Al subir el último y cerradas las puertas, el ascensor arranca automáticamente y va parando en cada nivel registrado hasta llegar al último piso marcado.- Durante la

subida no atiende ninguna llamada exterior, es decir de pasajeros que estén en rellanos, salvo que esté registrada alguna de un piso más alto que el nivel más alto marcado por usuarios de la cabina en ascenso. Si esa situación se diera, al acceder el pasajero, con la preferencia ya enunciada, decidirá el sentido de marcha, si se pulsa un piso mas alto el ascensor ascenderá aunque hubiera registradas llamadas de bajadas. Cuando baja: En bajada irá atendiendo ordenadamente, en forma automática tanto las llamadas de pisos como las órdenes de cabina. Efectuada ésta sintética descripción de funcionamiento, vale añadir aspectos que aclaran la situación: El rendimiento de ésta maniobra es significativamente superior a la anterior. Para transportar la misma cantidad de pasajeros en una cabina de idénticas características, debe recorrer mucho menor distancia y generalmente muchas menos detenciones y arranques. Ello redundará en menor gasto de energía, menor desgaste de la instalación, es decir que se prolonga la vida útil y menor tiempo de espera para los usuarios. Es muy recomendable en edificios de viviendas, particularmente si poseen muchos niveles y gran altura.

4.9.3. Maniobra selectiva colectiva en ascenso y descenso

En la cabina hay tantos pulsadores como pisos servidos y en rellanos una botonera por cada ascensor, pero con dos pulsadores, uno para subida y otro para bajada, salvo en las paradas extremas. Desarrollo de funcionamiento: Los ascensores que poseen ésta maniobra, cuentan con una memoria en la que se registran, tanto desde la cabina como desde los rellanos, todas las órdenes impartidas, ya sean de subida como de bajada. Cuando sube: Cuando acceden los pasajeros a la cabina, pulsán los botones de los pisos deseados.- Al subir el último y cerradas las puertas, el ascensor arranca automáticamente y va parando sucesivamente en cada nivel registrado por los pasajeros de la cabina y además en los pisos registrados por los usuarios que desde los rellanos hayan pulsado llamadas para subir. No atenderá las llamadas para bajar que se hayan efectuado en los pisos, pero quedarán registradas en la memoria.- Sin embargo, si se diera el caso de una llamada de piso para bajar, que se efectúe desde un nivel superior al último que haya sido llamado para subir, si la atenderá. Cuando baja: En bajada irá atendiendo las llamadas de todos los usuarios que desde los rellanos hayan pulsado el botón de bajada. A medida que los pasajeros acceden a la cabina, oprimen el pulsador del piso que desean, ellos quedan registrados. Siempre en descenso la cabina se irá deteniendo en todos los pisos registrados, tanto desde la cabina como desde los rellanos, hasta alcanzar la planta

baja o el nivel más bajo registrado. Para aclarar la conveniencia de esta maniobra podemos indicar que:

- Tiene un excelente rendimiento.
- Para transportar la misma cantidad de pasajeros en una cabina de idénticas características, debe recorrer menor distancia y efectuar menos detenciones y arranques
- Ello provoca ahorro de energía, menor desgaste de la instalación en su conjunto, prolongando su vida útil y menor tiempo de espera de los usuarios.
- Es altamente recomendable en edificios en que por su uso se producen viajes entre pisos intermedios.- Por ejemplo inmuebles para oficinas, hoteles, sanatorios, etc.
- Se ha intentado utilizarla en edificios para viviendas y el resultado suele ser muy malo.- Ello debido a que por desconocimiento en general o travesura en el caso de niños, desde los rellanos, para llamar al ascensor pulsan "subida" y "bajada" simultáneamente. Esto hace que se registren en la memoria ambas órdenes que se cumplirán inexorablemente.

Por último, se va a definir el concepto piso estación para poder explicar alguna variante de maniobras que también se usan comúnmente en otras disposiciones de ascensores:

Piso estación: Puede en una batería de ascensores, programarse según la conveniencia en función de las características de tráfico del inmueble, distintas formas de quedar "estacionados" los ascensores cuando no están viajando. Por sólo dar un ejemplo común y para una batería de dos ascensores funcionando en duplex, una disposición muy utilizada es tener como piso estación la planta baja para un ascensor. Este queda a disposición de los pasajeros que llegan al edificio y no atiende las llamadas de los pisos, que son atendidas por el otro cuya parada estación puede ser la última servida o fijarla en el piso más alto. Ello es así, salvo cuando en ese ascensor están bajando y se produce alguna llamada de pisos superiores al que se encuentra la cabina superior, en ese caso responde la que tiene piso estación en planta baja.

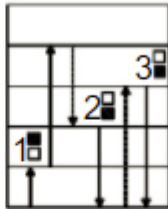
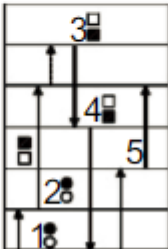
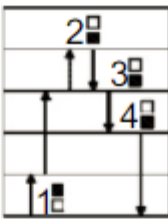
Prioridad de tráfico en ascenso o descenso: Se utiliza mucho en edificios de oficinas que poseen baterías de ascensores. En la hora pico de ingreso del personal se otorga prioridad en ascenso. Todos los ascensores o los que se desee incluir en la metodología, cumplen la orden desde las cabinas y los rellanos de subir. Concluido su viaje ascendente, cada cabina regresa a planta baja para continuar con el ciclo. A la hora pico de salida se invierte el proceso. La primera cabina va al piso más alto



requerido y comienza su descenso pasando a recoger distintos pasajeros. Cuando alcanza su capacidad máxima, va directamente a planta baja y se repite de nuevo el mismo proceso.

Maniobra de inspección: Se utiliza para mantenimiento y reparación de los equipos. Consiste en dos pulsadores que se encuentran en la parte superior del bastidor de cabina y que sólo quedarán habilitados después de ser accionada una llave conmutadora. Cuando se utiliza éste sistema, sólo por personal de mantenimiento, ese ascensor deja de registrar las llamadas de cabina y rellanos y solo se desplazará a muy baja velocidad, cuando el operario de mantenimiento oprima en forma constante uno de los pulsadores antes mencionados, según quiera subir o bajar.

Tabla 3. Tipos de Maniobras

MANIOBRAS DE ASCENSORES				
TIPO	DESCRIPCION		ESQUEMA	APLICACION
UNIVERSAL	<p>Se registra la primera llamada que se produce (las de la cabina tienen una preferencia de 2 seg.) y se atiende. Hasta que termina el servicio no admite otra llamada.</p> <p>Opción: Botoneras con memoria. Se registran las llamadas, pero se atienden en el orden en el que fueron almacenadas. Se pueden ordenar preferencias para un piso determinado.</p>			<p>Ascensores industriales. Ascensores de pasajeros con tráfico débil. Edificios de viviendas de menor tamaño hasta 7 paradas. Edificios pequeños con servicios, con algún piso preferente: Dirección.</p> <p>Problema: Mayor gasto de energía</p>
COLECTIVA EN BAJADA	<p>En subida, la cabina atiende las ordenes de subida emitidas desde ella, en el orden lógico.</p> <p>En bajadas, atiende en el orden lógico todas las que se producen desde la cabina y desde el pasillo.</p> <p>Funciona como colectiva en subida en los sótanos.</p> <p>Inversión mínima del sentido de viaje.</p>			<p>Edificios con escaso tráfico entre plantas. Tráfico hacia la planta de acceso: Edificios de viviendas, comerciales con arrendatarios distintos, clientes de hoteles, visitantes de hospitales...</p> <p>Ventaja: Aborra hasta un 70% el consumo de energía eléctrica por evitar trayectos innecesarios.</p>
COLECTIVA SELECTIVA COLECTIVA EN SUBIDA Y BAJADA	<p>Cada viajero indica el sentido de su marcha (pulsadores de subida y bajada distintos).</p> <p>El ascensor atiende las ordenes en sentido lógico.</p> <p>Las llamadas registradas en sentido contrario se almacenan y se atienden a la finalización del último servicio en el sentido del movimiento.</p> <p>Opción: BYPASS El ascensor atiende llamadas únicamente desde la cabina.</p>			<p>Edificios con tráfico entre plantas: Varias plantas ocupadas por una sola Compañía. Ascensores de pasajeros en edificios comerciales. Grandes almacenes. Edificios de la administración pública. Ascensores de hospitales.</p> <p>Ventaja: Los pasajeros son atendidos en el sentido de desplazamiento deseado y distribuidos ordenadamente alcanzando el piso de destino con gran rapidez.</p>
EN BANCO DUPLEX - TRIPLEX	UNIVERSAL	Cada ascensor atiende sus propias llamadas. Se mejora la maniobra indicando al ascensor que atienda las llamadas más próximas a él. Si uno está ocupado, el otro atiende.		Edificios de viviendas con no más de 10 planta y con dos ascensores.
	COLECTIVA EN BAJADA	Cabinas: Una aparcada en planta de acceso y otra en el último piso servido, si este último es la planta de acceso se coloca en un piso intermedio. La llamada la atiende la cabina más próxima. Cuando se producen varias llamadas de piso, la cabina va a la última y atiende todas al descender.		Edificios de viviendas con 2 ascensores Escaso tráfico entre plantas
	COLECTIVA SELECTIVA	Cuando no se registran llamadas las cabinas aparcan como en el caso anterior.		
	MULTIPROGRAMACION	Maniobra colectiva selectiva en banco en que un sistema de microprocesadores asigna la atención de las llamadas a las distintas cabinas, teniendo en cuenta tiempos de parada, y descontándolos si están llenas.		
<p>● LLAMADA ASCENDENTE ■ LLAMADA ASCENDENTE □ LLAMADA DESCENDENTE ○ DESDE CABINA □ DESDE PASILLO ■ DESDE PASILLO</p>				

4.10. SENSORES EN LOS ASCENSORES

Los sensores se pueden analizar desde el punto de vista de lo que se desea monitorizar o controlar. Se va a realizar un estudio del tipo de sensores usados en los ascensores desde este punto de vista cuyo índice o clasificación sería el siguiente:

- Control del motor que acciona la cabina u operador (encoders, sensores de corriente y regulador).
- Control del cierre y apertura de las puertas de cabina y rellano (encoders, sensor de corriente y regulador; sensores hall de detección de puertas abiertas-cerradas)
- Control de posición de la cabina (planta en la que esta y debe parar, límite superior e inferior de recorrido) (sensores biestable de posición de rellano, de aproximación y de nivelación)
- Monitorización del peso o carga de cabina y control de sobrevelocidades (pesacargas)
- Monitorización de sobrevelocidad (Limitador y Paracaídas).

Todos estos sensores se pueden ver los siguientes esquemas en los que es más fácil de situar o colocar dichos sensores:

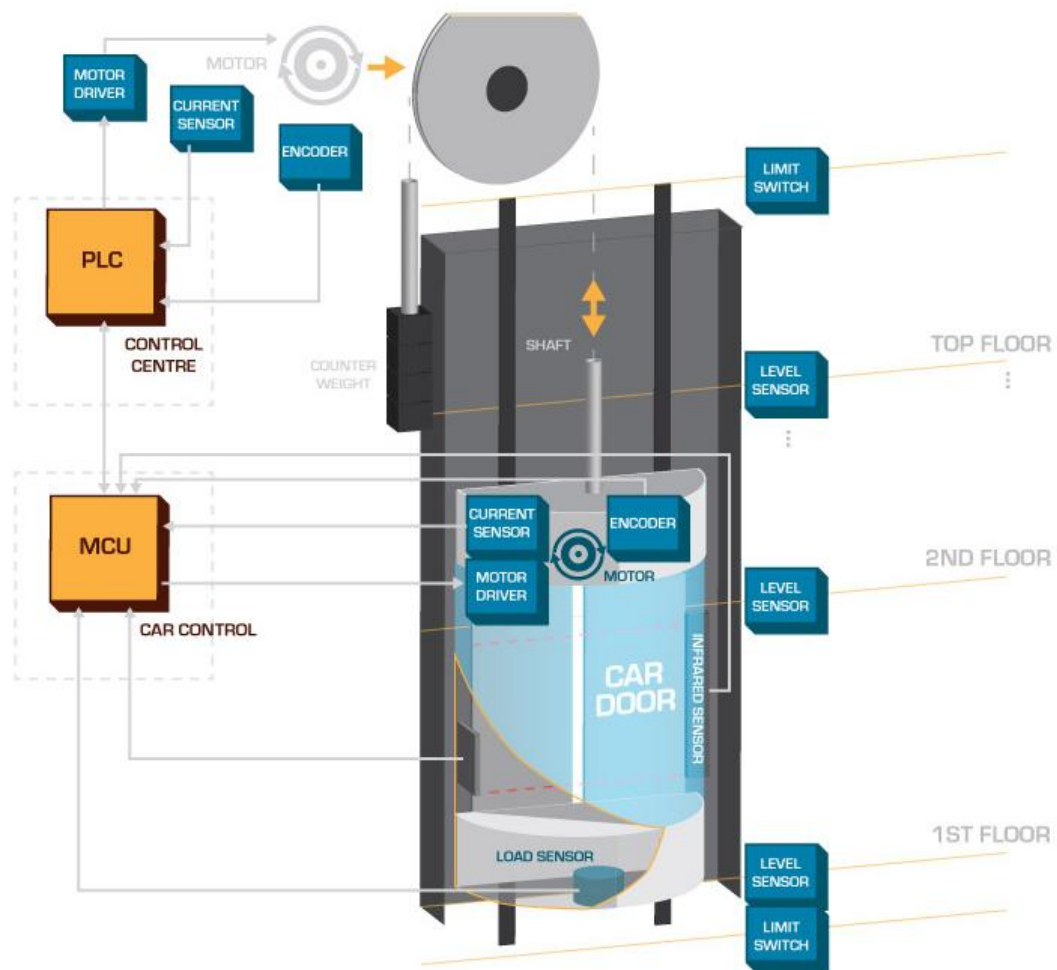


Ilustración 41. Esquema distribución sensores en una instalación

4.10.1. CONTROL DE LA MAQUINA (VELOCIDAD, SENTIDO MARCHA)

Para el control de la velocidad, sentido y la información de la posición aproximada de la cabina dentro del hueco del ascensor (la posición exacta para la nivelación de la cabina se realiza mediante otro tipo de sensores que se verán más adelante) se usan encoders rotativos. Un encoder es un transductor rotativo, que mediante una señal eléctrica sirve para indicar la posición angular de un eje, velocidad y aceleración del rotor de un motor. Mediante el encoder el control de la maniobra es capaz de saber la velocidad, sentido y posición aproximada para poder controlar la velocidad, rampa de aceleración o rampa de frenado al aproximarse a la planta destino.

Los Encoders utilizan diferentes tipos de tecnologías para convertir el movimiento en una señal eléctrica, estos pueden ser mecánicos, magnéticos,

resistivos u ópticos, aunque los más usados por su efectividad y porque no sufren desgaste son los que funcionan mediante detección fotoeléctrica o magnética. Para ello disponen de un disco graduado que está sujeto firmemente en el eje o de un soporte magnético móvil.

Además de esta clasificación, los encoders pueden ser también incrementales o absolutos en función de la señal que producen. Los encoders pueden producir señales ya sea incrementales o absolutas. Las señales incrementales no indican la posición específica, Los encoders incrementales generan un número exactamente definido de impulsos por revolución. Éstos indican la medida de la distancia angular y lineal recorrida. Debido al desplazamiento de fase entre las señales A y B (de aproximadamente 90 grados), se puede analizar el sentido de rotación sólo que la posición ha cambiado. Los Encoders absolutos, por otra parte, utilizan una "palabra" diferente para cada posición, lo que significa que un encoder absoluto proporciona tanto una señal que indica que la posición ha cambiado y una señal de la posición absoluta del encoder. (ejemplos de modelos de encoders incrementales son 5V TTL o 10-30V HTL) (ejemplos de encoders absolutos son EnDat SSI, SinCos o BISS).

Los encoders más usados son encoders magnéticos que se basan en el efecto HALL con salida push-pull o RS422, o en algunos casos puede ser encoders con conexión CAN BUS. La interface de datos suele ser BISS, SSI o EnDat.

El motor o maquina tiene también un sensor de corriente para monitorizar el consumo de corriente y poder corregir o adaptar por parte del variador de frecuencia la señal de control del motor.

4.10.2. CONTROL APERTURA-CIERRE DE PUERTAS DE CABINA Y RELLANO

En las puertas de cabina y rellano se usan detectores infrarrojos para poder detener el cierre de las puertas en caso de que un pasajero salga o intente entrar en la cabina.

Los detectores pueden estar compuestos de 1 o 2 rayos infrarrojos (emisor situado en unos de las laterales de la cabina y receptor colocado en el otro extremo) cuyo rayo se ve interrumpido si algún obstáculo interrumpe el haz del rayo. En algunos casos el haz se puede sustituir por una cortina o barrera que cubre la práctica totalidad de la altura del hueco de la cabina, siendo más efectivo cubriendo el hueco que deja libre cuando se abren las puertas.

En otros casos también se usan EscanNers de superficies que detectan si algún pasajero se aproxima a las puertas del ascensor mientras estas están abiertas y manda una señal a la maniobra para que mantenga las puertas abiertas ya que interpreta que el pasajero desea entrar en la cabina. Este escanner se complementa con los detectores de infrarrojos de tipo haz o de tipo cortina.

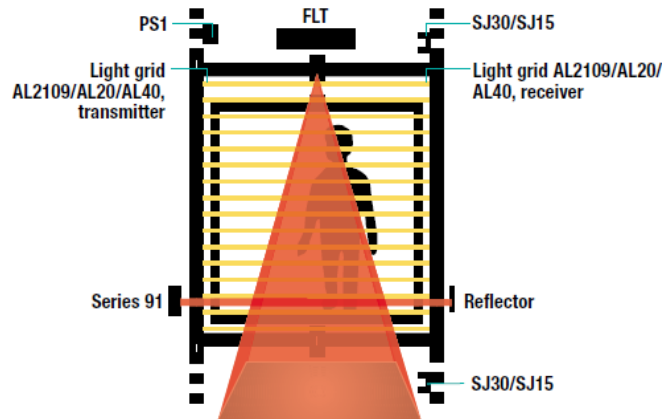


Ilustración 42. Distintos sensores infrarrojos usados en puertas.

En el mecanismo de apertura y cierre de las puertas de cabina también se usan encoders para poder detectar la posición de las puertas en la secuencia de apertura y cierre de estas, ya que como ocurre con el movimiento de la cabina en el hueco del ascensor mientras se aproxima a una planta o comienza la secuencia de ir de una planta a otra, el cierre y apertura de puertas de cabina y rellano tiene una rampa de aceleración al comienzo y una rampa de frenado cuando llegan al final de su carrera en el cierre. Para poder detectar en que parte de su recorrido se encuentran se mide la distancia que ha recorrido mediante un encoder en el motor del mecanismo de las puertas. Con este mismo encoder se detecta también que algún obstáculo impide el cierre de puertas o algún usuario ha sido golpeado por las puertas mientras se están intentando cerrar y no ha sido detectado por la barrera y aborta la maniobra de cierre de las puertas.

Por último, en las puertas de cabina y de piso se coloca un switch que manda una señal a la maniobra para confirmar que las puertas de cabina y rellano están cerradas y la cabina puede comenzar el movimiento dentro del hueco del ascensor de manera segura. Este switch forma parte de la cadena de Seguridad.

Adicionalmente mediante un sensor de tipo Hall se detecta de manera redundante que las puertas están cerradas en su posición final y manda una señal a su control para indicar que las puertas están cerradas.

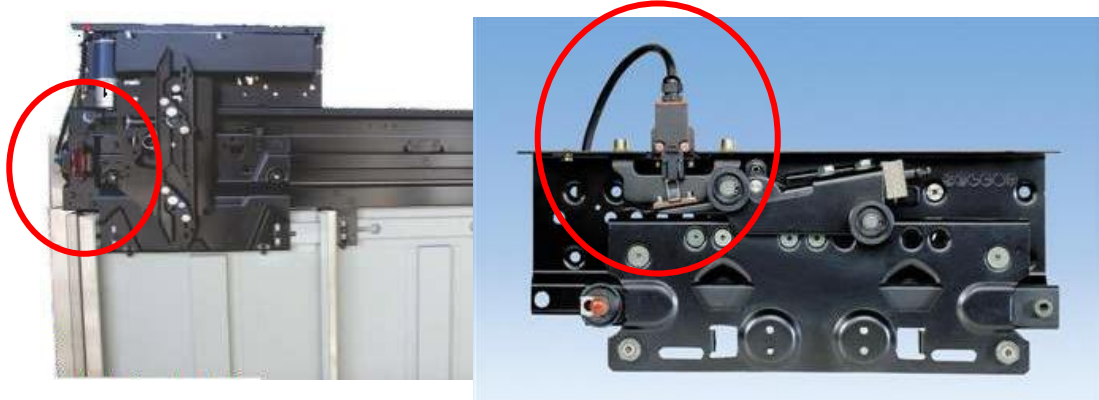


Ilustración 43. Colocación switch en operador de cabina y suspensión de puertas de piso

4.10.3. CONTROL POSICION EN PLANTA O SISTEMA DE POSICIONAMIENTO

Se llama sistema de posicionamiento al mecanismo que el ascensor usa para saber en qué posición dentro del hueco se encuentra la cabina en cada momento. Actualmente la mayoría de ascensores utilizan detectores magnéticos de funcionamiento monoestable y biestable para determinar la posición de la cabina. Se colocan imanes en las guías del ascensor o en partes fijas del hueco. Los detectores magnéticos van activándose y desactivándose al paso de los imanes y la maniobra calcula de esta forma el trayecto. Las ventajas de este sistema son numerosas:

- Los detectores magnéticos son muy simples y fiables.
- Al funcionar gracias al magnetismo no precisan de alimentación
- Ofrecen salidas libres de potencial, por lo que no es necesario un circuito especial de adecuación de las señales.
- Al trabajar con imanes, estos se adhieren por sus propias características a las guías del ascensor y no es necesario montar piezas adicionales de sujeción.
- En tareas de montaje y mantenimiento es muy fácil modificar la colocación de los imanes para corregir fallos de posicionamiento del ascensor.

SPS SERIES, LINEAR CONFIGURATIONS	FEATURES
	<ul style="list-style-type: none"> • 0 mm to 35 mm, 0 mm to 75 mm, 0 mm to 225 mm sensing ranges • Indicates floor location, even without power • Reduces overall system cost • Reliability minimizes downtime • Enhanced durability for 10-25 years • Self-diagnostics feature reduces equipment downtime • Programmability enhances flexibility, allowing the user to adjust the parameters without having to develop new equipment • Small size, which takes up 50% less space than most competitive technologies; for use where space is at a premium

Ilustración 44. Sensores magnéticos

Existe un sistema no demasiado extendido que incorporan ascensores de gama media-alta de determinadas empresas que funciona con cabezales de fotocélulas contrapuestos. Durante el viaje del ascensor las fotocélulas pasan por chapas agujereadas que cortan o dejan pasar alternativamente los haces de infrarrojos.

En función de la codificación que ofrezcan los orificios de las chapas la maniobra calcula en qué posición se encuentra el ascensor.

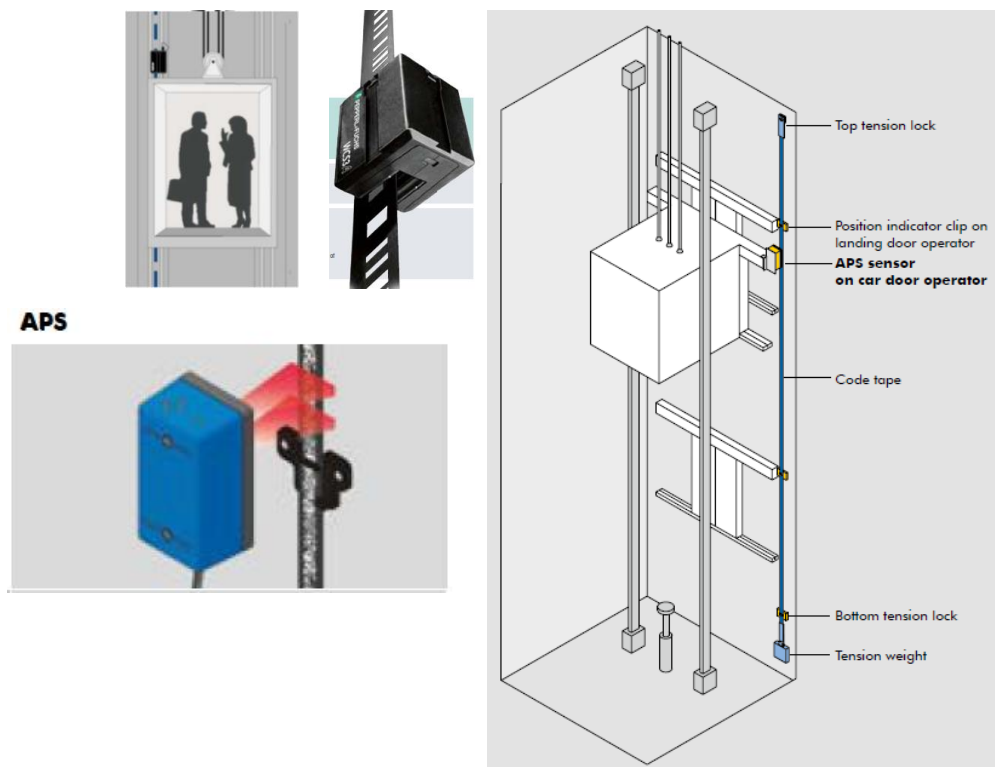


Ilustración 45. Fotocélulas para detección posición cabina

4.10.3.1. Colocación de Magnéticos

El magnético se coloca en el chasis de cabina sobre el soporte correspondiente (según se indica en la figura) y se colocan de manera que la distancia de los extremos de la caja del magnético a la base de la guía sea inferior a 2 cm. Si hay dos magnéticos, se colocan uno sobre cada deslizadera o sobre cada lado del chasis.

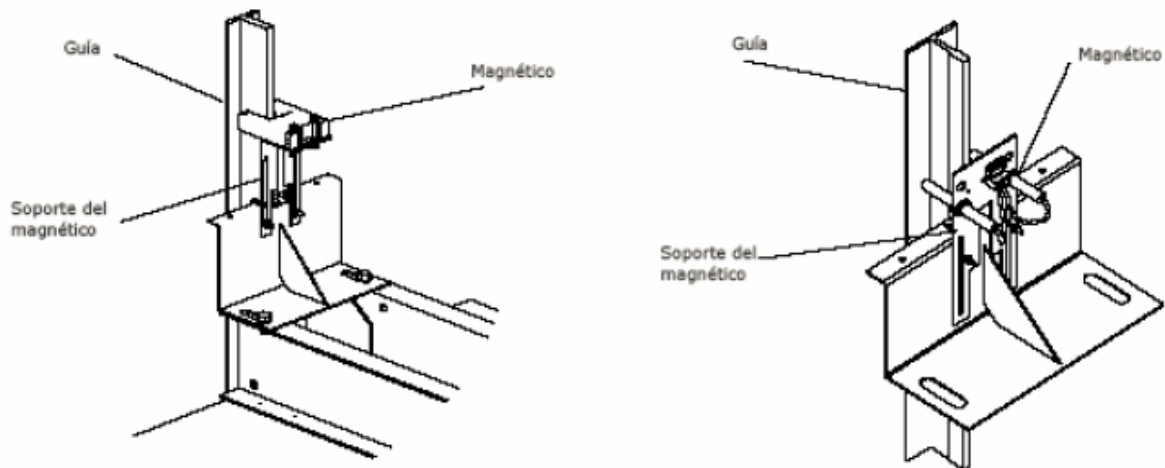


Ilustración 46. Esquema colocación magnéticos en soporte Cabina

4.10.3.2. Colocación de imanes

En la colocación de imanes se ha de poner especial atención en la posición de éstos con respecto a los interruptores magnéticos, orientando las caras de los imanes adecuadamente y manteniendo las distancias indicadas. Seguir siempre las siguientes pautas:

- Es conveniente limpiar previamente la guía.
- No es necesario utilizar ningún tipo de pegamento.
- No colocarlos cerca del cable del limitador.
- Colocar los imanes en la base de la guía. Si no es posible, por coincidir la posición del imán con los tornillos de un empalme de guías, colocar el imán sobre el alma de la guía (ver figuras adjuntas) cuidando que éste no interfiera con las deslizaderas o el paracaídas.

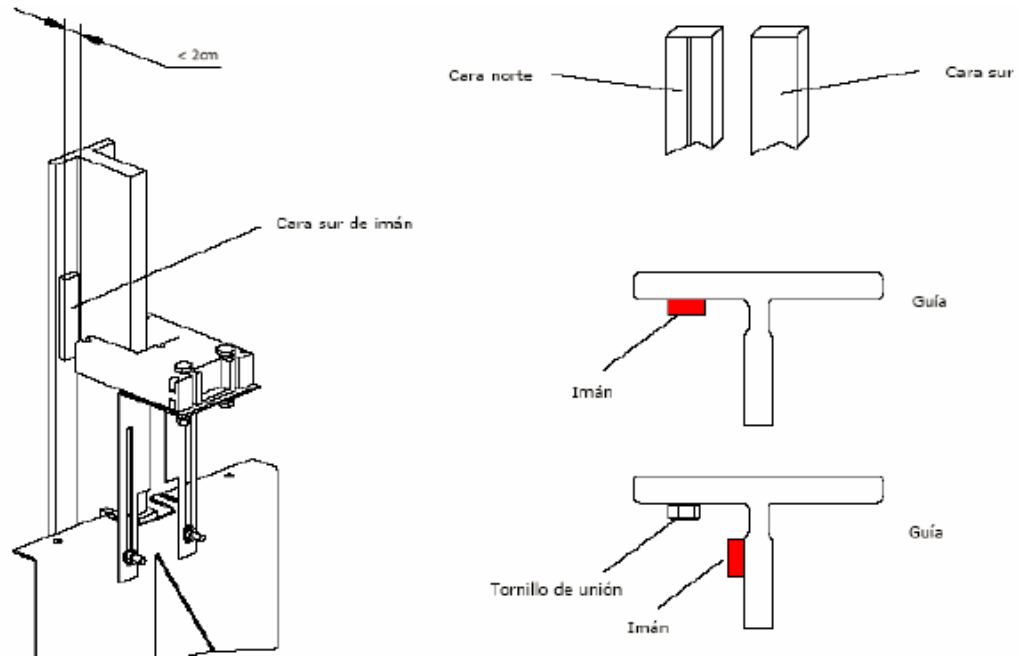


Ilustración 48. Colocación imanes en la guía

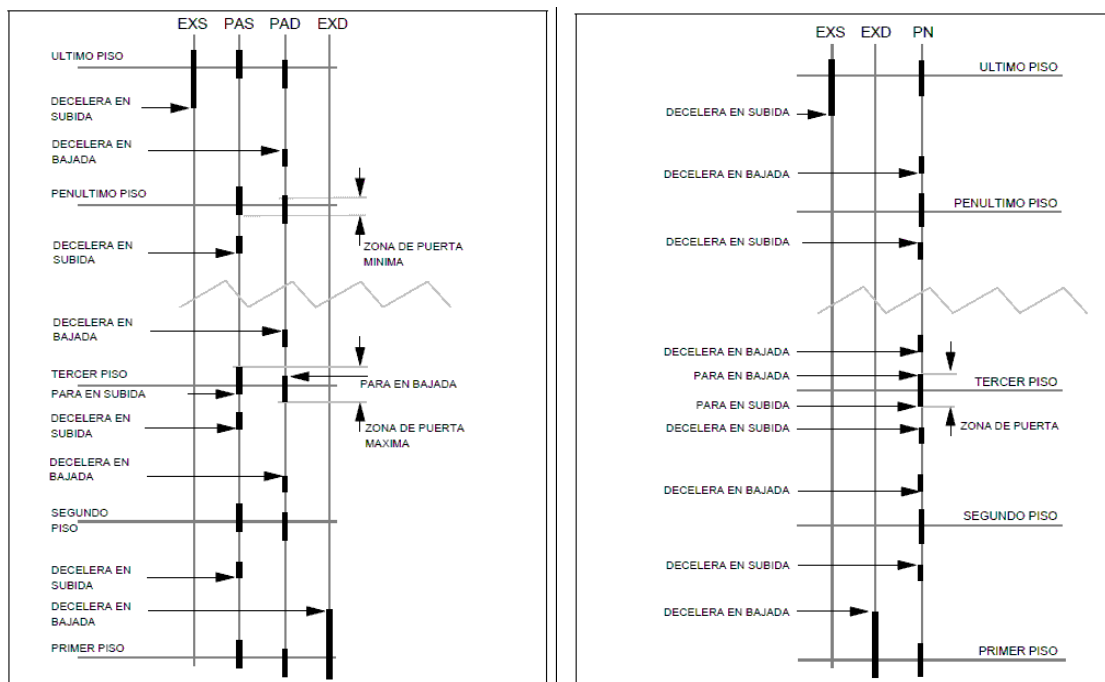


Ilustración 47. Configuraciones posibles de interruptores magnéticos

En las figuras anteriores se pueden ver las distintas disposiciones de los imanes en las guías para diferentes configuraciones.

En algunas instalaciones un poco más particulares se pueden llegar a emplear transmisores laser o un tipo particular de led para poder medir la distancia a la que se encuentra la cabina con gran precisión. Se emplea esta disposición cuando las anteriores descritas no son posibles de instalar, como en instalaciones al aire libre o porque la instalación no permite las instalaciones descritas anteriormente.



DEVICES FOR ELEVATORS



**Data light barriers
Series LS610-DA**

Highlights

- For data transmission in the lift shaft up to a height of 240 m
- Plug connector for fast mounting
- Easy parameterisation without opening the unit
- Usable from range 0
- Bar graph display for signal strength
- Light beam interruption no problem due to TVT (telegram verification technology)
- Innovative accessory range for quick and convenient mounting

Range	0 m ... 120 m/240 m
Data rate	0 kbit/s ... 1500 kbit/s, adjustable
Configuration	via keypad
Data flow display	Transmitter: green LED, receiver: yellow LED
Function indicator	Bar graph for signal strength (8 LEDs: red, yellow, green), baud rate, operating modes
Alignment aid	Flashing LED at the front of the housing
Operating voltage	18 V DC ... 30 V DC
Operating temperature	10 °C ... +50 °C
Type of connection	M12 connector
Material	Housing: ABS/PC, light exit: plastic
Protection class	IP66



**Distance measuring devices
Series VDM80**

Highlights

- Suitable for precise positioning of the elevator cabin
- Extremely small temperature drift
- Can be used in many different applications due to 6 measuring modes
- Precise positioning due to high repeatability
- Universal quick clamp device as mounting accessory
- Easy alignment due to laser pointer and fine adjustment option

Range	0.5 m ... 150 m
Light transmitter	Laser diode, infrared 880 nm +/- 30 nm
Laser class	1 (EN60825) eye-safe
Measuring system:	Laser propagation time measurement
Repeat accuracy:	+/- 0.5 mm (1 Sigma) adjustable
Absolute error	+/- 5 mm (2.5 m ... <= 3.2 m)
Max. process speed	10 m/s
Alignment aid	Laser pointer
Operating voltage	24 V DC
Operating temperature	10 °C ... +40 °C
Type of connection	Screw terminals
Material	Housing: aluminium, bw anodised, light exit: glass
Protection class	IP66

4.10.4. MONITORIZACION DEL PESO O CARGA EN CABINA (PESACARGAS)

Para poder comprobar que la carga que hay en la cabina antes de ponerse en funcionamiento no supera el límite establecido de seguridad en dicha instalación se colocan células de carga entre la cabina y la estructura de la cabina.



- Low profile "pancake" type
- Engineered to measure loads from 5 lb to 500,000 lb
- Two stabilizing diaphragms, welded to the sensing member, reduce off-center and side-loading effects
- Non-linearity, hysteresis and repeatability specifications provide enhanced performance
- Welded construction and ability to be hermetically sealed enhance durability

En otras instalaciones se puede llegar medir la elongación de los cables de tracción y pueden saber a través de una unidad de control independiente si se ha superado el límite de peso establecido

El limitador de carga LMC ofrece una forma sencilla y precisa de controlar la carga en ascensores con cualquier tipo de tracción. Su fácil instalación con unidad de control separada y calibración automática, introduciendo el diámetro de los cables, hacen que este equipo sea perfecto tanto para modernizaciones como para nuevas instalaciones en las que las dimensiones son un problema.

Se recomienda utilizar este tipo de sensor pesacargas cuando se quiere mandar señales al variador para controlar el roll-back o contra marcha.

INSTALACIÓN TIRO 1:1, 2:1, 4:1

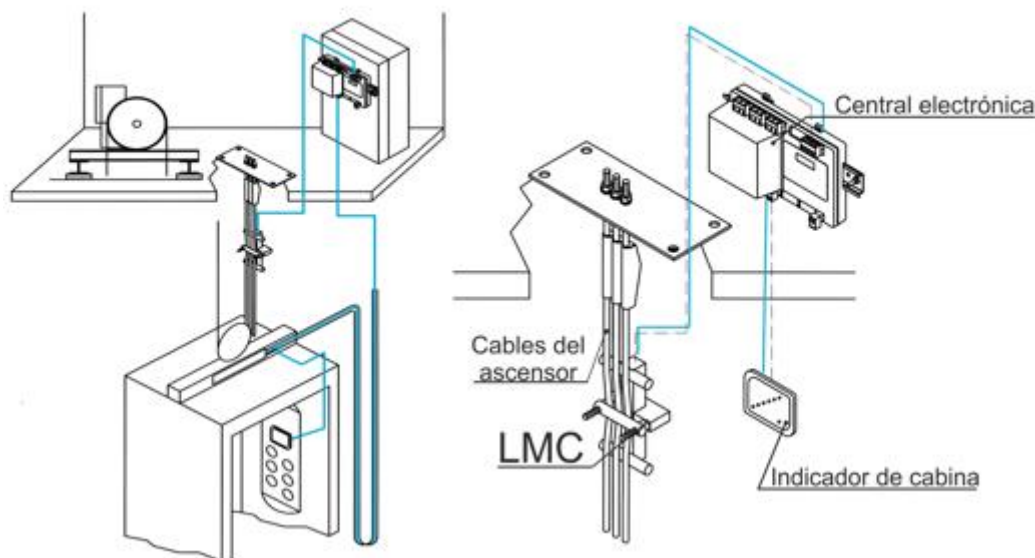


Ilustración 49. Instalación Pesacargas en cables de tracción cabina

4.10.5. *SENSORES DE LIMITADOR DE VELOCIDAD Y PARACAÍDAS*

Estos elementos de seguridad se han tratado en profundidad en la sección de elementos de seguridad de los accionamientos. En este punto trataremos brevemente el tipo de sensores que usan para poder detectar las sobrevelocidades y la detección de que el paracaídas ha actuado o esta acuñado. La maniobra no permite el funcionamiento normal del ascensor hasta que el paracaídas deja de estar acuñado o accionado, para lo cual manda una señal al control de la maniobra.

4.10.5.1. *LIMITADOR DE VELOCIDAD*

Existen 2 tipos de poleas del limitador de velocidad:

- Limitador de velocidad oscilante
- Limitador de velocidad centrífuga

En el primero de ellos es un gatillo oscilante el que se enclava al acelerarse, y en el segundo es la acción de la fuerza centrífuga la causante de la operación de frenada. La única ventaja que tiene uno sobre otro es que el centrífugo es más silencioso aún a velocidades elevadas, motivo por el que se emplea en mayor medida. En ambos casos la detección de la sobrevelocidad se detecta mediante algún elemento estructural que se enclava al superar una velocidad y acciona una timonería que acciona a su vez el paracaídas.

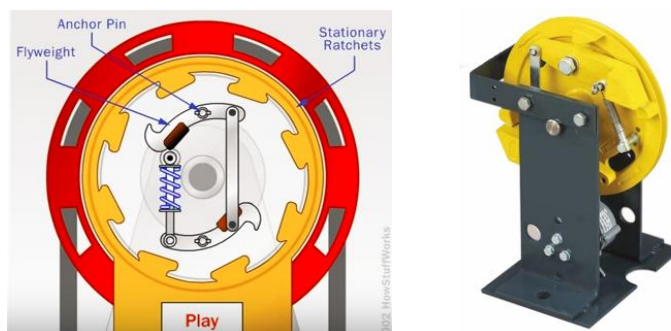


Ilustración 50. Limitador centrífugo y su mecanismo interior

4.10.5.2. *PARACAÍDAS*

Como hemos comentado en el punto de accionamientos, los paracaídas de aceleración actúan cuando la cabina adquiere una velocidad superior a la norma. Una vez que el paracaídas se ha accionado manda una señal al control de la maniobra para

que corte la corriente de la máquina y accione el freno de la máquina, quedando la cabina enclavada.

Lo único remarcable en este punto es el tipo de sensor que detecta que el paracaídas se ha accionado y manda la señal a la maniobra.

4.11. CADENA DE SEGURIDAD

La cadena de seguridad presenta el esquema que se debe seguir en la instalación de los sensores y accionamientos para poder cumplir la función de seguridad, y que es que la maniobra no permita el accionamiento del ascensor si el circuito está abierto; esto significa que si algún sensor está abierto (por ejemplo, en el caso del pesacargas indica que hay un sobrepeso, o el sensor de la cerradura indica que la puerta está mal cerrada, etc.) y por ello el circuito de seguridad está abierto y la maniobra no ejecuta el programa para ponerse en funcionamiento y cumplir el requerimiento solicitado por las botoneras de cabina o rellanos.

Como puede verse en los esquemas siguientes, existe una serie de sensores que van conectados a un cuadro de maniobra de cabina junto con los pulsadores, displays y señales acústicas. Esta a su vez se conecta con la maniobra que se sitúa en el cuarto de máquinas o en uno de los largueros de una de las puertas de piso en las instalaciones sin cuarto de máquinas. El otro circuito que incluye las cerraduras de las puertas de piso, la polea tensora del limitador, la caja de inspección del foso, los sensores de límite de recorrido superior e inferior, o aquellos otros que se quieran colocar, van colocados en serie directamente a la maniobra.

Finalmente se puede representar todos los sensores en serie para poder esquematizar la conexión de todos aquellos sensores de la instalación concreta.

4.11.1. *Cadena de seguridad de la Instalación de hueco*

En el caso de la instalación del hueco la cadena de seguridad comprenderá más elementos auxiliares para poder cumplir con la función de seguridad en los casos en los que se estén realizando tareas de mantenimiento en el foso o en los casos en los que las tareas de mantenimiento se están llevando a cabo en la cabina.

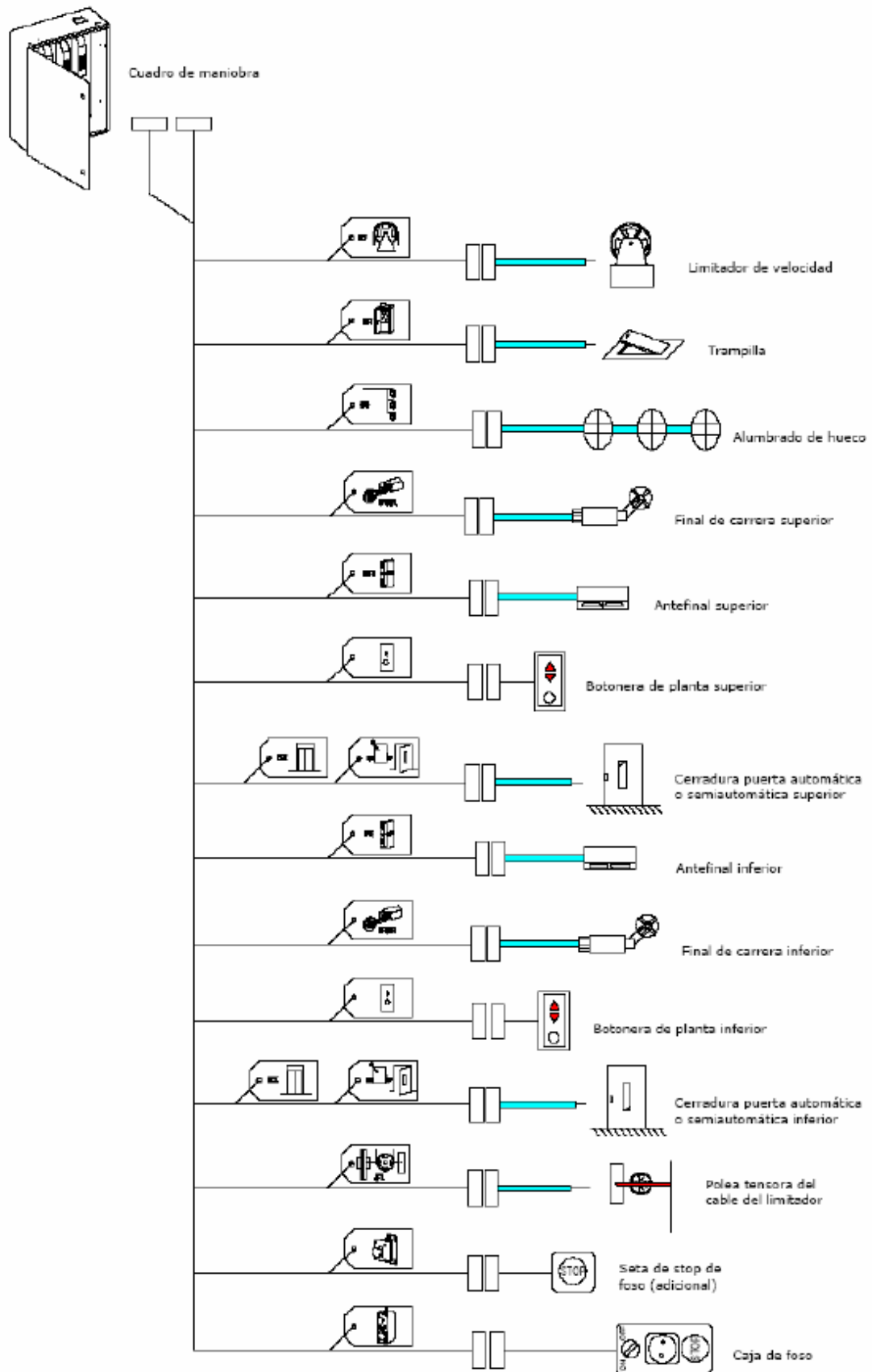


Ilustración 51. Cadena de Seguridad de instalación de hueco

4.11.2. Cadena de Seguridad de la Instalación de cabina

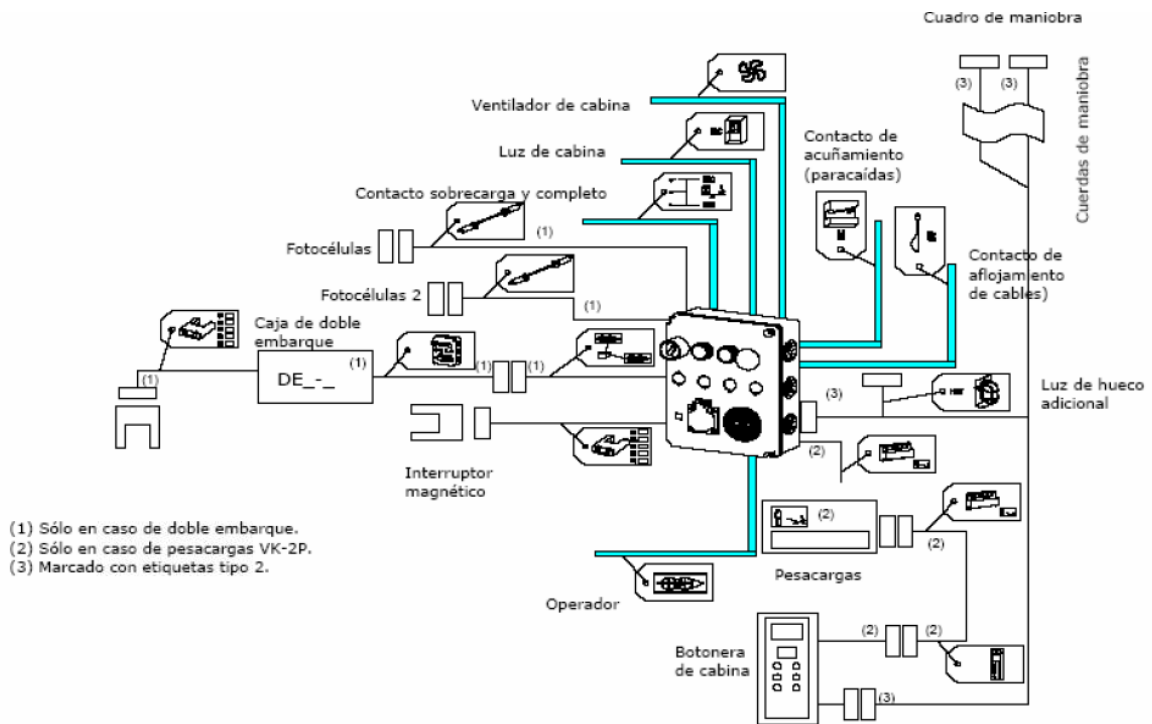


Ilustración 52. Cadena de Seguridad de la instalación de cabina

4.11.3. Cadena de seguridad de la Instalación completa

Finalmente la cadena de Seguridad se puede representar globalmente con los todos los elementos que se tienen en cuenta en serie sin preocuparnos si están conectados al control de cabina o a la maniobra directamente.

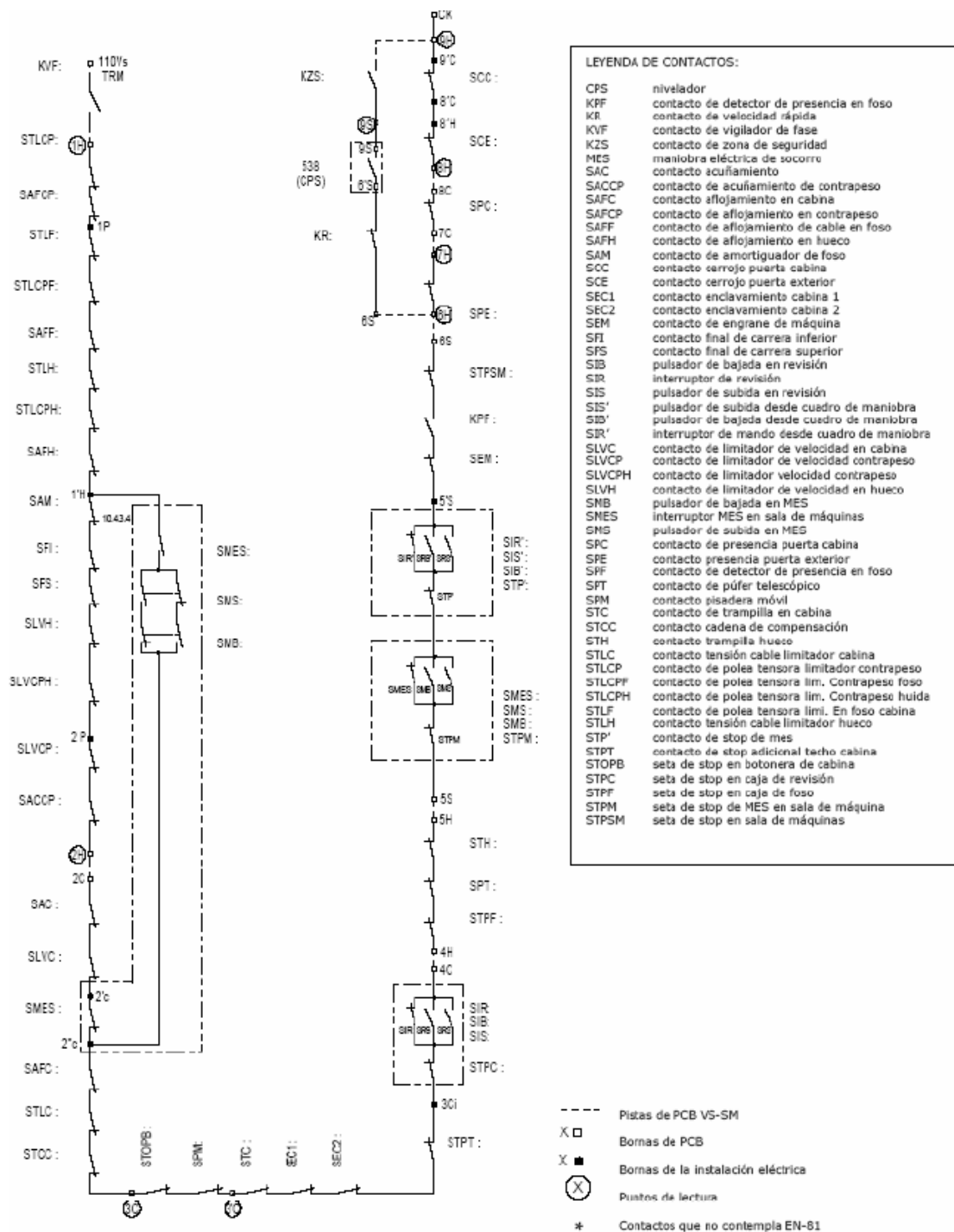


Ilustración 53. Cadena de Seguridad de la instalación completa

5. ELECCION DE ELEMENTOS PARA INSTALACION DE LA PROPUESTA DE TFG

5.1. ELECCION DE LA MAQUINA

El criterio de selección de la maquina se basa en función de los siguientes datos de la instalación:

DATOS DE INSTALACION	
CARGA CABINA (P)	630 Kg
TARA CABINA (Q)	786 Kg
TIPO CABINA	MRM (tipo mochila)
NUMERO PASAJEROS	8
Nº SERVICIOS	5 Plantas (1 EMBARQUE POR PARADA)
CONTRAPESO (P+Q/2)	1101 Kg
SUSPENSION	2:1
VELOCIDAD NOMINAL	1 m/s
ALTURA RECORRIDO	13.560 mm
ALTURA FOSO	830 mm
ALTURA HUIDA	3600 mm
TIPO INSTALACION	ROOMLESS (sin cuarto de máquinas, Homelift)

Con dichos datos se puede ir a las tablas de lo que ofrecen los fabricantes, teniendo en cuenta que los fabricantes de máquinas ya ofrecen las maquinas con las poleas, freno electromecánico o electromagnético y el encoder instalado (entre varias opciones de los posibles instalables en cada motor).

Por tanto, teniendo en cuenta los datos de la instalación y consultando un fabricante de máquinas como Wittur Electric Drives, cuya tabla de máquinas disponibles para instalaciones Homelift sin cuarto de máquinas es la siguiente:

Tabla 4. tabla elección Maquina síncrona

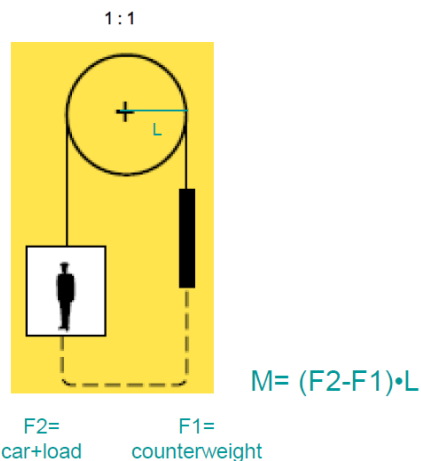
Table for selection of standard motors

Roping 2:1

Travel height [m]	20						
Duty cycle	S3-30%						
Compensation	NO						
Rated speed [m/s]	0,63	1		1,6		1,6	
TS Ø	100		120		160		
Q = 375 kg P = 580 kg	100	W5G-TR.2	pag. 10-11	W5G-TR.2	pag. 10-11	W5G-TR.2	pag. 10-11
	120	W5G-TR.2	pag. 10-11	W5G-TR.2	pag. 10-11	W5G-TR.2	pag. 10-11
	160	W5G-T0.2	pag. 12-13	W5G-T0.2	pag. 12-13		
Q = 450 kg P = 700 kg	100	W5G-TR.2	pag. 10-11	W5G-TR.2	pag. 10-11	W5G-TR.2	pag. 10-11
	120	W5G-TR.2	pag. 10-11	W5G-TR.2	pag. 10-11	W5G-TR.2	pag. 10-11
	160	W5G-T0.2	pag. 10-11	W5G-T0.2	pag. 12-13		
Q = 630 kg P = 910 kg	100	W5G-TR.2	pag. 12-13	W5G-TR.2	pag. 10-11	W5G-TR.2	pag. 10-11
	120	W5G-TR.3	pag. 10-11	W5G-TR.3	pag. 10-11	W5G-TR.3	pag. 10-11
	160	W5G-T0.3	pag. 12-13	W5G-T0.3	pag. 12-13		
	210	W5G-S1.3	pag. 14-15	W5G-S1.3	pag. 14-15		
	240	W5G-S1.3	pag. 14-15	W5G-S1.3	pag. 14-15	W5G-S1.3	pag. 14-15
Q = 800 kg P = 990 kg	100	W5G-TR.3	pag. 10-11	W5G-TR.3	pag. 10-11	W5G-TR.3	pag. 10-11
	120	W5G-TR.5	pag. 10-11	W5G-TR.5	pag. 10-11	W5G-TR.5	pag. 10-11
	160	W5G-S1.3	pag. 14-15	W5G-S1.3	pag. 14-15		
	210	W5G-S1.5	pag. 16-17	W5G-S1.5	pag. 16-17	W5G-S1.5	pag. 16-17
	240	W5G-S1.5	pag. 16-17	W5G-S1.5	pag. 16-17	W5G-S1.5	pag. 16-17
	270	W5G-S2.2	pag. 18-19	W5G-S2.2	pag. 18-19	W5G-S2.2	pag. 18-19
	320	W5G-S2.2	pag. 18-19	W5G-S2.2	pag. 18-19	W5G-S2.2	pag. 18-19

Si nos remitimos al par necesario para que la maquina pueda accionar la cabina y por tanto la potencia necesaria, el cálculo podría resumirse con el siguiente cuadro

- The main parameter in order to choose the right motor for lift is the torque needed by the plant.
- $M[Nm]= F[N] \cdot L[m]$
- $P[W]=F[N] \cdot v[m/s]$



Según la normativa En 81-50 que indica los cálculos de cables y por tanto del diámetro de la polea necesaria para los datos de carga y velocidad, el diámetro de la polea necesaria es de XX

la elección del motor adecuada para los datos obtenidos, según este fabricante sería la maquina T0.3 de par máximo de 380 Nm, una potencia de 4,4 Kw y un amperaje I_N de 12,5 A en régimen y 21 A en el arranque. La siguiente tabla muestra los datos indicados anteriormente:

Tabla 5. Características Maquina síncrona T0.3

Motor		WSG-T0.2			WSG-T0.3		
torque, S3-30%, 180 S/h	M_N [Nm]	135			175		
max. torque	M_{max} [Nm]	290			380		
brake torque	M_{br} [Nm]	2 x 225			2 x 280		
traction sheave	$\varnothing D_T$ [mm]	160			160		
for rated loads	Q [kg]	up to 500			up to 675		
suspension		table applies for 2:1					
	v [m/s]	n_N [rpm]	P_N [kW]	I_N [A]	n_N [rpm]	P_N [kW]	I_N [A]
Motor currents applicable to 500...620 V / 260...350 V DC link voltage	0,5	119	1,7	7 / 11	119	2,2	8,5 / 13,5
	0,63	150	2,1	8,7 / 13,5	150	2,7	11 / 17
	1,0	239	3,4	10,3 / 17,5	239	4,4	12,5 / 21

En cuanto al tipo de suspensión elegida, se ha elegido una del tipo 2:1 ya que presenta ventajas en cuanto a la carga capaz de poder elevar y tamaño de la máquina, aunque la velocidad de la cabina es la mitad de la velocidad de los cables. La suspensión 2:1 sería como la indicada en la figura siguiente:

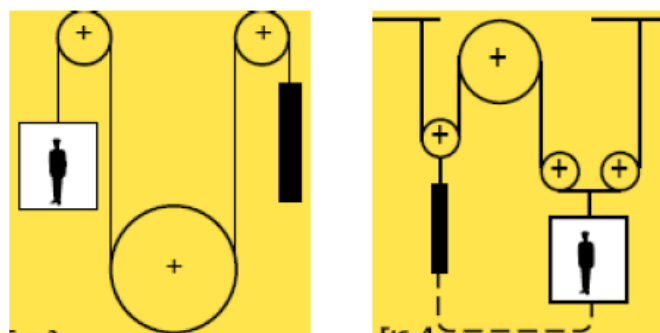


Ilustración 54. Disposición tipo de suspensión

5.2. ELECCION ENCODER MAQUINA

Dentro de las opciones de encoders y protocolo de comunicación existen las siguientes opciones para el tipo de maquina seleccionado:

Encoder system	<input type="radio"/> ECN 413 - EnDat	<input type="radio"/> ECN 413 - SSI	<input type="radio"/> ERN 487
	Arkel ADrive CT unidrive SP Emotron DSV 5445 Fuji Frenic GEFRAN (SIEI) AVY-L-M KEB F5 KW Goliath-90 RST FRC Schneider Altivar 71 Vacon NXP Yaskawa/Omron L7 Ziehl-Abegg 2SY/3BF	Arkel ADrive CT unidrive SP Emotron DSV 5445 LTi (Lust) CDD 3000 Ziehl-Abegg 2SY/3BF	Flender-Loher L05 GEFRAN (SIEI) AVY-L-M KEB F4/F5
	<input type="radio"/> Electronic Nameplate (ENP) for CT unidrive SP and ECN 413 (EnDat)		

La elección del encoder vendrá determinada por la compatibilidad con el variador que se seleccione (ver siguiente punto).

Para la elección del limitador de velocidad se tiene en cuenta únicamente el rango de velocidad, la colocación en cuarto de máquinas o cabina, y la velocidad de disparo.

Tabla 6. Modelos de limitador de velocidad disponibles compatibles

MODELO MODEL	LF30CA	LF20CA	LF18CD	LM18CD
POSICIONAMIENTO LIMITADOR OVERSPEED GOVERNOR LOCATION	HUECO / CUARTO DE MÁQUINAS SHAFT / MACHINE ROOM	HUECO / CUARTO DE MÁQUINAS SHAFT / MACHINE ROOM	HUECO / CUARTO DE MÁQUINAS SHAFT / MACHINE ROOM	CABINA CAR SLING
ACTUACIÓN DRIVE				
TIPO TYPE	CABLE ACERO STEEL ROPE Ø6 Ø8 mm 6x19+1	CABLE ACERO STEEL ROPE Ø6 Ø6,5 mm 6x19+1	CORREA DENTADA TOOTHED BELT RPU8M10	CORREA DENTADA TOOTHED BELT RPU8M10
POLEA PULLEY	Ø 300 mm	Ø 200 mm	Ø 180 mm	Ø 180 mm
VELOCIDAD NOMINAL RATED SPEED	≤ 1,78 m/s	≤ 2,74 m/s	≤ 2,84 m/s	≤ 2,84 m/s
VELOCIDAD ENCLAVAMIENTO TRIPPING SPEED	0,80 - 2,05 m/s	0,43 - 3,15 m/s	0,43 - 3,27 m/s	0,43 - 3,27 m/s

5.3. ELECCION DEL VARIADOR DE FRECUENCIA

La elección de variador de frecuencia vendrá dado por el tipo de control que se desea realizar. Después de haber tratado el punto de la regulación de velocidad de los motores síncronos y asíncronos, y de haber elegido una maquina síncrona por motivos de espacio y por las características más apropiadas para el funcionamiento de un ascensor frente a un motor asíncrono, se escoge una regulación mediante un control vectorial en lazo cerrado.

Para elegir el modelo y tamaño de variador para la aplicación que se está tratando los datos a consultar en la tabla del fabricante y escoger el modelo adecuado serian:

- Potencia (kW)
- Tensión red y tipo de motor
- Intensidad Nominal Motor
- Tipo de Aplicación, ya que no se usará el mismo tipo de variador para una aplicación muy exigente con varias entradas salidas analógicas o feedbacks con encoders, rampas de aceleración y freno más exigentes etc... y para una aplicación con paro marcha y regulación desde el panel de variador.

Si recurrimos a un fabricante de variadores de frecuencia con dicha posibilidad y que nos permite además configurar opciones. Un posible fabricante podría ser Yaskawa y su modelo de variador A1000 (lo cual nos lleva a elegir un encoder de marca Yaskawa para el motor para facilitar su comunicación con el variador y maniobra). La tabla de características es la siguiente:

400 V				
	Servicio normal (ND) ^{*1}		Servicio pesado (HD)	
	Corriente nominal de salida [A]	Capac. máx. de motor aplicable ^{*2} [kW]	Corriente nominal de salida [A]	Capac. máx. de motor aplicable ^{*2} [kW]
0002	2,1	0,75	1,8 ^{*3}	0,4
0004	4,1	1,5	3,4 ^{*3}	0,75
0005	5,4	2,2	4,8 ^{*3}	1,5
0007	6,9	3	5,5 ^{*3}	2,2
0009	8,8	4,0	7,2 ^{*3}	3
0011	11,1	5,5	9,2 ^{*3}	4,0
0018	17,5	7,5	14,8 ^{*3}	5,5
0023	23	11	18 ^{*3}	7,5
0031	31	15	24 ^{*3}	11
0038	38	18,5	31 ^{*3}	15
0044	44	22	39 ^{*3}	18,5
0058	58	30	45 ^{*3}	22
0072	72	37	60 ^{*3}	30
0088	88	45	75 ^{*5}	37
0103	103	55	91 ^{*3}	45
0139	139	75	112 ^{*4}	55
0165	165	90	150 ^{*4}	75
0208	208	110	180 ^{*4}	90
0250	250	132	216 ^{*4}	110
0296	296	160	260 ^{*4}	132
0362	362	185	304 ^{*4}	160
0414	414	220	370 ^{*4}	185
0515	515	250	450 ^{*1}	220
0675	675	355	605 ^{*1}	315
0930	930	500	810 ^{*1}	450
1200	1200	630	1090 ^{*1}	560

*1: Este valor parte de una frecuencia portadora de 2 kHz. El aumento de la frecuencia portadora requiere una reducción de la corriente.

*2: La capacidad del motor (kW) se refiere a un motor YASKAWA de 4 polos, 60 Hz, 200 V o a un motor de 400 V. La corriente nominal de salida del variador debe ser igual o mayor que la corriente nominal del motor.

*3: Este valor parte de una frecuencia portadora de 8 kHz. El aumento de la frecuencia portadora requiere una reducción de la corriente.

*4: Este valor parte de una frecuencia portadora de 5 kHz. El aumento de la frecuencia portadora requiere una reducción de la corriente.

Por el tipo de funcionamiento y número de ciclos del ascensor se escoge un variador para servicio pesado con los datos de potencia (4,4 Kw) y corriente nominal del motor (12,5/21 A), lo que nos lleva a escoger al variador remarcado en la tabla.

6. PROGRAMACION UML MANIOBRA ASCENSOR

El objetivo de esta parte es el diseño esquemático de una maniobra de ascensor. Para ello se va a usar una herramienta de diseño orientada a objetos con la que se podrá estudiar y visualizar los casos de uso de nuestro caso concreto y decidir el hardware a usar para una implementación correcta de los casos de uso contemplados. Para tal objetivo se va a usar el lenguaje Unificado de Modelado (UML).

6.1. ADECUACION DE UML AL SISTEMA PROPUESTO

Hay que tener en cuenta que nuestro sistema tiene las siguientes características a tener en cuenta:

Nuestro sistema es un sistema en tiempo Real. Un sistema informático en tiempo real es un sistema real (que interacciona con su entorno físico y responde a los estímulos del entorno dentro de un plazo de tiempo determinado. No basta con que las acciones del sistema sean correctas, sino que, además, tienen que ejecutarse dentro de un intervalo de tiempo determinado)

La implementación de nuestro sistemas será un Sistema Distribuido (definición de Sistema distribuido: Un sistema distribuido se define como una colección de sistemas separados físicamente y conectados entre sí por una red de comunicaciones; cada máquina posee sus componentes de hardware y software que el programador percibe como un solo sistema. su justificación vendrá en el desarrollo de los siguientes puntos),

Nuestro sistema es un Sistema Embebido, es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas, frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. Al contrario de lo que ocurre con los ordenadores de propósito general (como por ejemplo una computadora personal o PC) que están diseñados para cubrir un amplio rango de necesidades, los sistemas embebidos se diseñan para cubrir necesidades específicas.

Como una de las técnicas orientadas a objetos, UML es adecuado para el desarrollo de sistemas en tiempo real. Existen técnicas dentro de la definición de UML para especificar y diseñar sistemas en tiempo real, que son:

Los casos de uso permiten a los diseñadores describir la forma en que humanos y dispositivos externos interactúan con el sistema.

Los diagramas de secuencia de objetos describen para un caso de uso dado los eventos que causan la interacción y la respuesta detallada del sistema, incluido el tiempo.

Los diagramas de clases ayudan a separar los componentes del sistema y a definir las interfaces entre ellos.

Estas técnicas son lo suficientemente buenas como para capturar escenarios de uso e identificar probables problemas en secuencia, y se desarrollaran más en profundidad en nuestro caso concreto.

En las siguientes secciones, intentaremos descubrir cómo usar UML para una mejor descripción del sistema de ascensores. Se usaran 3 tipos de diagramas UML para poder plantear el esquema de la maniobra, modelando primero los aspectos estáticos del sistema usando los diagramas de Casos de Uso y diagramas de Clase, y posteriormente analizando los aspectos dinámicos del sistema mediante los diagramas de Secuencia y Diagramas de Estado.

6.2. INTRODUCCION A UML

El lenguaje de modelado unificado (UML) es el lenguaje estándar de la industria para especificar, visualizar, construir y documentar sistemas de software. UML simplifica el complejo proceso de diseño de software ya que proporciona una vista estructural y del comportamiento del sistema. Un conjunto de diagramas con diferentes elementos gráficos es la parte central, así como la presentación más expresiva en UML. El UML incluye nueve tipos de diagramas, pero para nuestro caso de la maniobra de un ascensor nos vamos a centrar en los siguientes:

- **DIAGRAMAS DE CASOS DE USO:** muestra un conjunto de casos de uso y actores (un tipo especial de clase) y sus relaciones, teniendo en cuenta que un caso de uso es una descripción de las acciones de un sistema desde el punto de vista del usuario. Los diagramas de casos de uso abordan la vista de casos de uso estático de un sistema, estos diagramas son importante en la organización y modelado de los comportamientos de un sistema.
- **DIAGRAMAS DE CLASE:** describe la estructura estática del sistema mostrando un conjunto de clases, sus atributos, operaciones, interfaces, colaboraciones y sus relaciones. Los diagramas de clases son los

diagramas más comunes utilizados en el modelado de sistemas orientados a objetos.

- **DIAGRAMA DE SECUENCIAS:** El diagrama de secuencia es un diagrama de interacción. Los diagramas de interacción abordan la vista dinámica de un sistema, además del diagrama de secuencia, el otro diagrama de interacción en UML es el diagrama de colaboración. El diagrama de secuencia enfatiza el orden de tiempo de los mensajes entre objetos en el sistema, mientras que el diagrama de colaboración enfatiza la organización estructural de los objetos que envían y reciben mensajes. Los diagramas de secuencia y de colaboración son isomorfos y pueden transformarse de uno en otro. Dado que cualquiera de ellos contribuye a la misma extensión de comprensión de nuestro sistema, y que los diagramas de secuencia brindan más ideas de tiempo, lo cual es esencial para los sistemas en tiempo real, solo se expondrán los diagramas de secuencia para nuestro sistema.
- **DIAGRAMAS DE ESTADO:** El diagrama de gráfico de estado muestra una máquina de estado, que consiste en estados, transiciones, eventos y actividades. Los diagramas de diagramas de estados abordan la vista dinámica de un sistema. Los diagramas de diagramas de estados son especialmente importantes para modelar el comportamiento de una interfaz, clase o colaboración y enfatizar el comportamiento ordenado por eventos de un objeto, que es especialmente útil en el modelado sistemas reactivos.

El resto de cuatro tipos de diagramas UML son: Diagrama de objetos, que muestra un conjunto de objetos y sus relaciones; Diagrama de actividad, un tipo especial de diagrama de estado que muestra el flujo de actividad a actividad dentro de un sistema; Diagrama de componentes, que muestra las organizaciones y dependencias entre un conjunto de componentes; y Diagrama de despliegue que muestra la configuración de los nodos de procesamiento en tiempo de ejecución y los componentes que viven en ellos.

Como se ha comentado anteriormente, los diagramas indicados anteriormente son los que se van a desarrollar por ser los más apropiados para describir la parte estática y dinámica del sistema y permitir una comprensión de cómo se comporta el sistema e implementar el software adecuado a nuestro sistema

6.2.1. MODELANDO ESTATICAMENTE EL SISTEMA

Nuestro ascensor tiene la función básica que tienen todos los sistemas de ascensores, como subir y bajar, abrir y cerrar puertas y, por supuesto, recoger a los pasajeros. El ascensor debe usarse en un edificio con pisos numerados del 1 al 5º piso, donde el primer piso es el vestíbulo. Hay botones de llamada en la cabina correspondientes a cada piso. Para cada piso, excepto el piso superior y el vestíbulo, hay dos botones de llamada para que los pasajeros llamen para subir y bajar. Solo hay un botón de llamada en el último piso y un botón de llamada al vestíbulo en el vestíbulo. Cuando la cabina se detiene en el piso, las puertas se abren y una luz indica la dirección actual de la cabina iluminada para que los pasajeros puedan conocer la dirección actual de movimiento del ascensor. El ascensor se mueve rápido entre los pisos, pero debe poder disminuir la velocidad adecuadamente como para detenerse en el piso deseado. Para certificar la seguridad del sistema, se activará el sistema contra movimientos incontrolados del ascensor (paracaídas) que detendrá el ascensor bajo condiciones inseguras.

6.2.1.1. DIAGRAMA DE CASOS DE USO

Todos los sistemas interactúan con los usuarios u otros sistemas que utilizan el sistema para algún propósito, y tanto los usuarios como los sistemas esperan que el sistema se comporte de manera predecible. En UML, un caso de uso modela los comportamientos de un sistema o una parte de un sistema, y es una descripción de un conjunto de secuencias de acciones, incluidas las variantes, que un sistema realiza para producir un resultado observable para un usuario o sistema.

Un diagrama de caso de uso modela la vista de diseño dinámico de los sistemas. Los diagramas de casos de uso son fundamentales para modelar el comportamiento de un sistema, un subsistema o una clase. El diagrama de casos de uso muestra un conjunto de casos de uso y actores y sus relaciones. Los contenidos principales de un diagrama de casos de uso son:

- Casos de uso
- Actores/Usuarios
- Dependencia, generalización y relaciones de asociación

De acuerdo con los requisitos de nuestro sistema, el diagrama de casos de uso de nuestro ascensor es el mostrado en la siguiente figura:

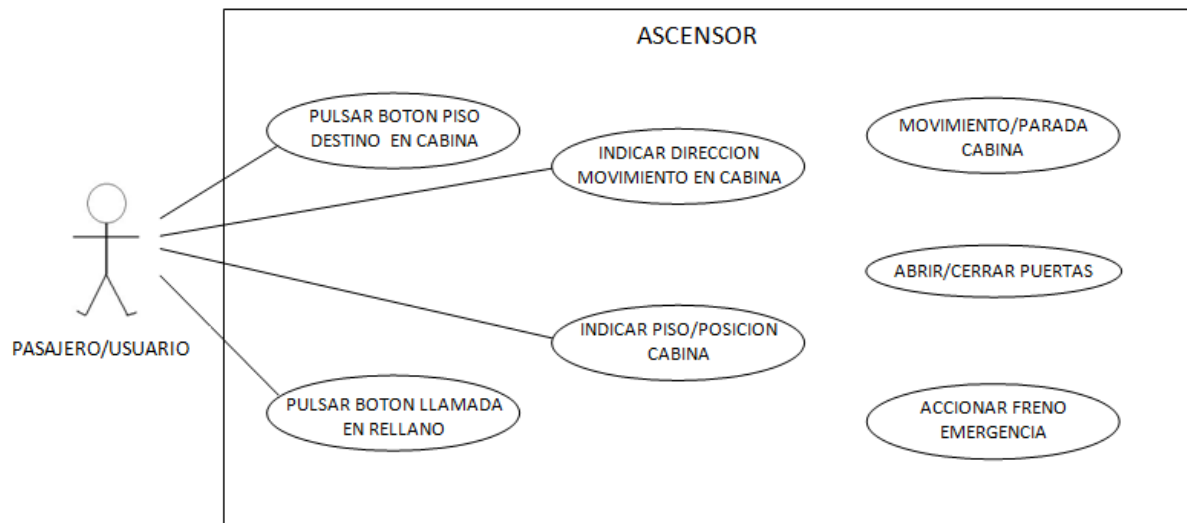


Ilustración 55. Diagrama de Casos de Uso

Hay siete casos de uso basados en los requisitos del sistema, como se muestra en la Figura anterior:

1.- Llamadas de ascensor: este caso de uso incluye varios escenarios, que se describirán en detalle en secciones posteriores de este documento. Estos escenarios incluyen que el ascensor reciba llamadas desde dentro de la cabina de los pasajeros, enciende o apaga la luz de los botones de llamadas de la cabina, actualiza el registro de llamadas de ascensor almacenadas en partes de control del sistema, etc.

2.- Llamadas de rellano: similar al procesamiento de llamada desde dentro de la cabina, este caso de uso incluye que el ascensor reciba llamadas de rellano de los pasajeros, enciende o apaga la luz de los botones de llamada de rellano, actualiza el registro de llamadas de rellano en partes de control de sistema, etc.

3.- Mover / Detener de cabina: la función principal de un ascensor, la acción detallada incluirá el cambio de la velocidad en régimen, cómo tomar la decisión de detenerse y seguir las indicaciones de la cabina.

4.- Indicando la dirección de movimiento: el elevador debe tener este mecanismo para indicar a los usuarios la dirección actual de movimiento del ascensor, de modo que el usuario pueda decidir si entra o no en el ascensor.

5.- Indicación de la posición del ascensor: Del mismo modo, el ascensor debe informar a los pasajeros si se llega a su piso de destino para que el pasajero decida abandonar el ascensor.

6.- Abrir / Cerrar las Puertas: El ascensor debería poder abrir y cerrar las puertas para que los pasajeros entren y salgan del él. Las áreas funcionales de este caso de uso también deberían permitir a los pasajeros hacer parar y revertir las puertas cuando las puertas se están cerrando y el pasajero interrumpa su cierre, ya sea mediante el corte de la barrera detectora o impidiendo su cierre, indicando al ascensor que quiere subir a la cabina.

7.- Accionamiento del freno de emergencia: hay un mecanismo de seguridad dentro del ascensor para asegurarse de que no se genere transitoriamente un estado inseguro (movimiento incontrolado de la cabina).

El único actor en el sistema de ascensores es el pasajero, que es el papel que los humanos juegan cuando interactúan con el sistema. El pasajero interactúa con el sistema ASCENSOR haciendo llamadas desde la cabina y desde los rellanos. El pasajero también toma la decisión de entrar / salir de la cabina o no observando la indicación de la dirección de movimiento y la posición del ascensor.

Por lo tanto, el diagrama de casos de uso muestra que el usuario tiene relación con cuatro casos de uso del sistema: procesar llamadas desde la cabina, procesar llamadas de rellano, indicar la dirección de movimiento e indicar la posición del ascensor.

6.2.1.2. DIAGRAMA DE CLASES

El diagrama de clases, uno de los diagramas más comúnmente utilizados en el sistema orientado a objetos, modela la vista de diseño estático para un sistema. La vista estática soporta principalmente los requisitos funcionales de un sistema: los servicios que el sistema debe proporcionar a los usuarios finales. Veremos en nuestro desarrollo que surge mucha diversidad cuando se modela el sistema con diagramas de clase. La discusión sobre diferentes puntos de vista de diagramas de clase para el sistema se pondrá de relieve más adelante en este documento.

Un diagrama de clases muestra un conjunto de clases, interfaces y colaboraciones y sus relaciones.

Los diagramas de clases implican la descripción global del sistema, como la arquitectura del sistema, y aspectos de detalle como los atributos y operaciones dentro de una clase también. Los contenidos más comunes de un diagrama de clase son:

- Clases
- Interfaces
- Colaboraciones

- Dependencia, generalización y relaciones de asociación
- Notas y restricciones

En las siguientes subsecciones, tres grupos de diagramas de clase se presentan y analizan en detalle.

6.2.1.2.1. DIAGRAMA DE CLASES. PUNTO DE VISTA DE CLASES

Desde los casos de uso del ascensor que tenemos en la anterior y de acuerdo con los requisitos del sistema, intuitivamente obtenemos un diagrama de clases como se muestra en la Figura 56.

Ahora podemos tener una idea de cómo se compone el sistema a partir de la descripción de las clases en la Figura 56. No profundizaremos en los componentes de clase detallados, como los atributos y las operaciones de cada clase, que están fuera del alcance de nuestra vista actual. En este sentido, construimos este diagrama de clases a partir de la vista de la composición de objetos del sistema:

Maniobra de Control: el objeto de control central en el sistema de ascensor. La maniobra comunica y controla todos los otros objetos en el sistema.

Puertas: hay dos puertas en el sistema, el objeto "maniobra" ordena las puertas para abrir y cerrar, de acuerdo con la situación indicada en el caso de uso.

Cabina: la cabina está siendo controlada para moverse hacia arriba y hacia abajo (a diferentes velocidades), para detenerse en el piso cuando sea necesario.

Boton: la clase Maniobra también controla la clase de botón, que se desglosa en dos subclases Boton de Cabina y botón de Rellano. El objeto de control se comunica con los objetos del botón, obtiene la información si se presiona un botón y, a su vez, controla la iluminación de las luces del botón.

Indicador: hay dos tipos de indicadores en el sistema, Indicador de Piso y indicador de Dirección. Los indicadores están controlados para mostrar la información sobre la posición actual y la dirección de movimiento del automóvil.

Seguridad: cada vez que ocurre una emergencia de acuerdo con la definición de freno de emergencia (paracaídas) en la documentación de requisitos, la maniobra ordena la seguridad.

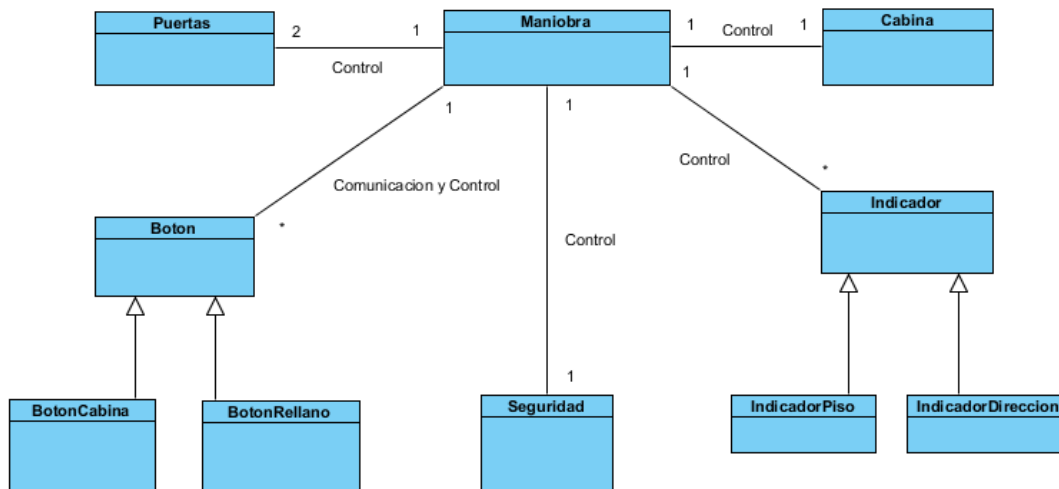


Ilustración 56. Diagrama de clases

Esta versión del diagrama de clases se deriva directamente de los casos de uso establecidos en la sección anterior. Las clases capturadas en este diagrama pueden abarcar todos los aspectos funcionales del sistema: para mover o detener el ascensor, tenemos la clase CABINA y la clase de control MANIOBRA; para abrir o cerrar las puertas, tenemos la clase PUERTAS; para que el pasajero conozca la posición y la dirección del ascensor, tenemos la clase de INDICADOR, para que el pasajero haga llamadas desde la cabina o llamadas de rellano, tenemos las clases de BOTON; también tenemos la clase de SEGURIDAD que satisface las necesidades del sistema de procesamiento del freno de emergencia o paracaídas. Todas las clases tienen interfaces con el controlador central o MANIOBRA, cuyo trabajo está a cargo de las acciones de otros objetos.

Desde el punto de vista de la división de objetos y el funcionamiento del sistema, este diagrama de clase ayuda a comprender la idea básica de diseño del sistema. Cuando intentamos profundizar en el diseño de nuestro sistema de control del ascensor y, por lo tanto, encontramos nuestro camino hacia un diseño detallado, surge una buena implementación de nuestro sistema a partir de este diagrama de clases.

Si nuestro sistema en discusión es un sistema centralizado normal donde cada componente (software y / o hardware) está controlado por un procesador, nuestra solución de diagrama de clase actual puede no causar futuros defectos de diseño. Sin embargo, la naturaleza de ser un sistema embebido distribuido determina que el diagrama de clases simplemente desde el punto de vista de los objetos en el sistema

ascensor no es adecuado.

Teniendo en cuenta el diagrama de clases actual en la mano, los posibles defectos de nuestro futuro diseño de software se indican a continuación:

- Sobrecarga del objeto central: del análisis anterior podemos ver que El objeto Maniobra tiene que actuar como el controlador central que interactúa con todos los demás objetos. Todas las tareas de computación y control tienen que hacerse dentro de este objeto
- Ociosidad de algunos otros objetos: mientras que Maniobra sigue trabajando todo el tiempo, algunos de los otros objetos, como Boton e Indicador, solo actúan como interfaz del sistema, incluso peor, ya que los objetos como Puertas y Cabina son en realidad parte del sistema, es decir, el "hardware", desde el punto de vista del software de control, están fuera del alcance del sistema de software.
- Competencia por recursos informáticos: cuando más de un objeto quiere ser controlado por el objeto central al mismo tiempo, es inevitable que estos objetos compitan por los recursos informáticos limitados del controlador, y algunos de los objetos pueden no obtener el control oportuno para que mantenga un funcionamiento normal, lo que causará un defecto fatal en el sistema en tiempo real.
- Baja eficiencia para todo el sistema: incluso si los recursos informáticos en el controlador son lo suficientemente grandes como para que todas las necesidades de control se procesen y tomen acción a tiempo, el control del nodo central aún no es una solución eficiente para un sistema distribuido como el ascensor.

6.2.1.2.2. DIAGRAMA DE CLASES. PUNTO DE VISTA DEL SOFTWARE

Basado en el análisis de la última sección se deriva un diagrama de clase desde este punto de vista. Este diagrama de clases proporciona la solución sobre cómo diseñar e implementar el software de control. La arquitectura del software del sistema de control del ascensor se refleja con precisión en este diagrama. A excepción del Programa Maniobra, todos los demás objetos de control se derivan de la superclase Maniobra. Los objetos de control comparten (parte de) la propiedad de Maniobra, y tiene sus propios atributos y operaciones utilizados para el objeto que controlaba. Los objetos controlados por los objetos de control se definen como objetos ambientales, que aunque existen en el sistema de ascensor, de hecho no pertenecen al sistema de

control de software. En la siguiente sección, analizaremos estos objetos sin control en detalle desde el punto de vista de la arquitectura del sistema.

- **Control Puertas** controla la acción de Puertas, el motor de las puertas es controlado por un objeto CONTROLPUERTAS. Se puede ordenar a MOTORPUERTAS que abra, cierre o haga una inversión de puerta.
- **Control Cabina** controla el accionamiento del ascensor, que actúa como el motor principal que mueve la cabina hacia arriba y hacia abajo, y se detiene en el piso cuando es necesario.
- **Control Indicador Dirección** uno para la cabina y varios para cada piso o rellano; cada uno controla un Indicador Dirección que indica la dirección de movimiento actual del ascensor.
- **Control Posicion Cabina** le da valor al Indicador Posicion Cabina para que los pasajeros puedan conocer la posición actual del ascensor.
- **Control Botones Rellano** existe por pares en cada piso, donde uno controla el Boton rellano subida y el otro el botón rellano bajada. El control botones Rellano acepta las llamadas de los botones de rellano y también da retroalimentación a las luces de los botones de llamada.
- **Control Botones Cabina** hay uno para cada piso y todos se ubican en la cabina. El Control Botones Cabina acepta llamadas de los Botones Cabina y está a cargo de encender / apagar las luces de llamada en la cabina correspondientes al piso del pulsador.

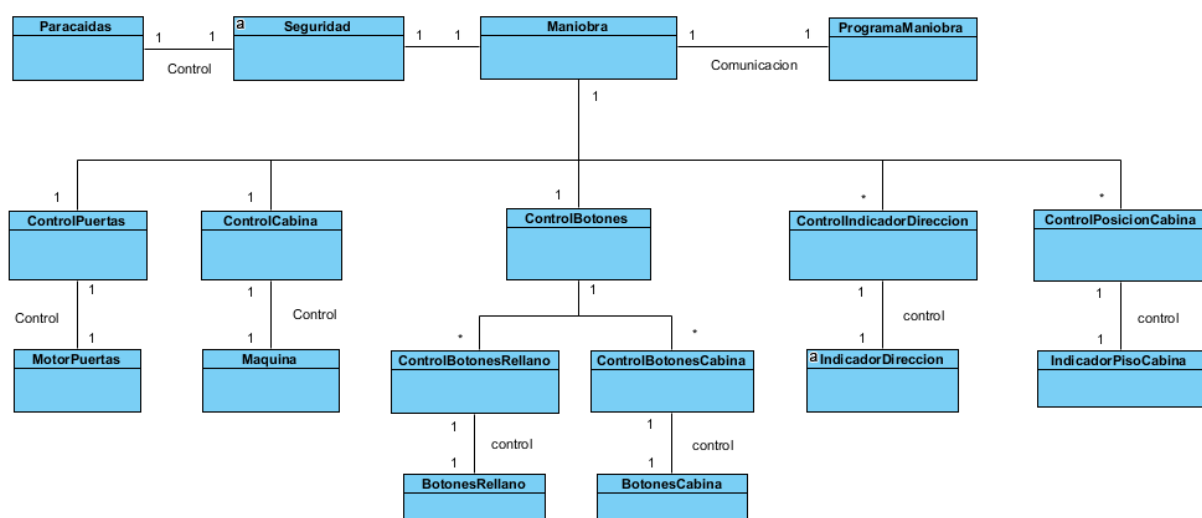


Ilustración 57. Diagrama de Clases. Punto de vista del software

Hay dos objetos que no son de control en el sistema:

El Programa de maniobra no controla los componentes reales del ascensor, pero es importante en el sistema de software. Hay un Programa maniobra para la cabina, cuyas funciones principal son:

- calcular la dirección de movimiento del piso objetivo y el destino para la cabina, así como mantener el tiempo de apertura de las puertas. El Programa Maniobra interactúa con casi todos los objetos de control en el sistema a excepción del Control Indicador Dirección.
- La seguridad es también un objeto ambiental, que no pertenece al software de control pero es una parte importante del sistema.

En nuestro sistema, el pasajero también se modela como un objeto ambiental. Los pasajeros interactúan con los botones de llamada de rellano y de cabina, realizan cambios de cierre de puertas, observan la dirección y posición del ascensor, etc. En aras de la simplicidad, el objeto de pasajero no se muestra (a diferencia de otros objetos ambientales).

La vista de software del diagrama de clases resolvió la mayoría de los problemas presentados en la última sección. Dado que las tareas de control se distribuyen a varios objetos de control, cada uno de los cuales controla uno o un par de objetos ambientales, nadie está sobrecargado o inactivo. No es necesario competir por los recursos informáticos del controlador central, ya que los controladores están dedicados a sus objetos controlados. Sin embargo, a partir de este diagrama de clases, surgirán problemas sobre los detalles de implementación de nuestro sistema, como los siguientes:

- ¿Cómo controlan los objetos de control los objetos ambientales?
- ¿Cómo obtiene un objeto la información necesaria de otros objetos?
- ¿Cómo modelar la red?

Desde la vista de la arquitectura del sistema, estas preguntas se responden en el siguiente punto.

6.2.1.2.3. DIAGRAMA DE CLASES. PUNTO DE VISTA DE ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Para responder a la pregunta planteada en la última sección, el diagrama de clases se detalla más con las clase red y los sensores / actuadores se agregan para modelar la arquitectura del sistema actual.

Estrictamente, en esta vista del sistema, el diagrama de clases no contiene exactamente el mismo significado que en los diagramas de clase UML normales. Pero como el diagrama de clases es una forma excelente de describir los aspectos

estructurales estáticos de un sistema, ayuda a expresar mejor la arquitectura del sistema. Los componentes en el diagrama de clases que se muestra en la Figura 58 se pueden clasificar en seis categorías, de la siguiente manera:

RED

Todos los objetos de control están conectados con la red de comunicación, que es modelado como la clase de red en el medio del diagrama.

OBJETOS DE CONTROL

Hemos hablado mucho sobre los objetos de control en nuestro sistema en secciones anteriores. Desde la vista de arquitectura del sistema, los objetos de control incluyen Control Posicion Cabina, Control Botones Rellano, Control Puertas, Control Maquina, Control Seguridad y Maniobra.

Todos los objetos de control se conectan a la red, obtienen mensajes de entrada de la red y envían mensajes de salida a la red para que otros objetos los usen.

Los objetos de control que controlan una entidad del sistema (como las puertas y los botones) están conectados a sensores y actuadores, reciben mensajes de los sensores y envían comentarios a los actuadores para realizar la función de control.

SENSORES DEL SISTEMA

Los valores del sistema están disponibles para su uso por el sistema de control. En el diagrama de clase, los sensores del sistema están conectados con los objetos de control con una flecha que apunta al controlador.

Los sensores del sistema en el diagrama de clases incluyen Sensor Posicion Piso, Llamada Botonera Cabina, Puerta Cerrada- abierta, barrera Puertas, Llamada Boton Rellano, Velocidad Maquina (o encoder) y Pesacargas.

ACTUADORES DEL SISTEMA

Los actuadores del sistema en el diagrama de clases están conectados con los objetos de control con una flecha apuntando desde los objetos de control.

Los actuadores del sistema en el diagrama de clases incluyen Motor Puertas, Indicador Dirección, Luz Botonera Cabina, Indicador Piso Cabina, Luz Botonera Rellano y Variador Maquina.

ACTUADORES DE AMBIENTE SOLAMENTE

El Paracaídas es el actuador de solo ambiente en el diagrama. Está conectado al objeto de seguridad con línea de flecha discontinua.

OBJETOS AGRUPADOS

Los objetos agrupados son Cabina, Puertas, Maniobra, Maquina, Piso y Seguridad, cada uno con una caja en línea discontinua rodeada

La relación de los objetos agrupados en la arquitectura del sistema se ilustra en la siguiente Figura.

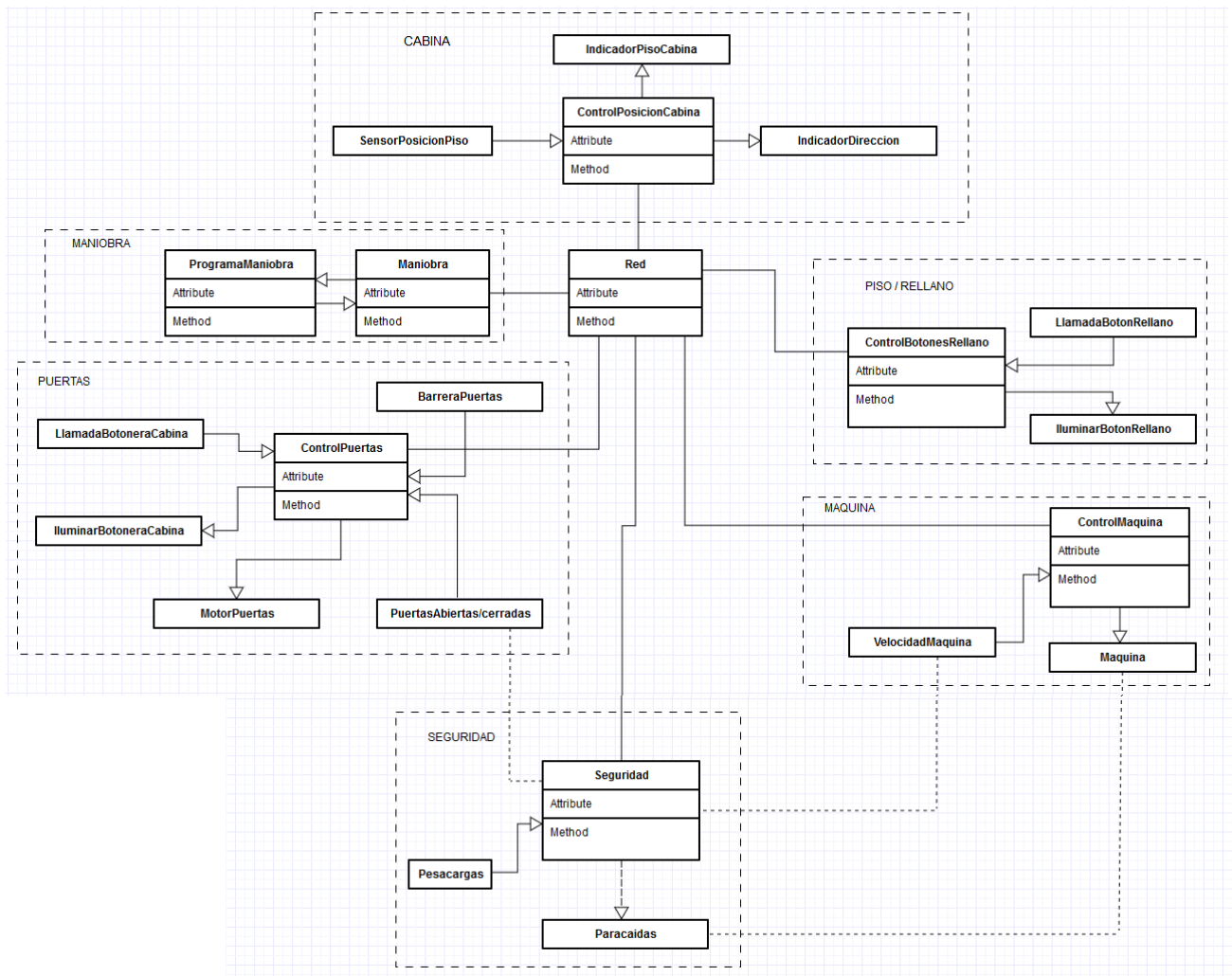


Ilustración 58. Diagrama de Clases. Punto de vista de la Arquitectura

Mirando desde el principio, podemos hacer una comparación entre esta figura y la anterior. Encontramos que la estructura de objetos mostrada en la última Figura se mejora hacia un mayor Sistema distribuido. En lugar de tener un objeto central que se ocupe de cada tarea de control en el sistema, como está implicado en la figura del punto anterior, cada objeto (grupo de) tiene su propia área funcional y se comunica y colaborar con otros objetos en el sistema. El diagrama de clases de la siguiente Figura es una evolución de la original.

6.2.2. MODELAR EL ASPECTO DINAMICO DEL SISTEMA

Para modelar los aspectos dinámicos de un sistema, UML proporciona los Diagramas de Secuencia y Colaboración. En el contexto de este documento, solo se muestran los diagramas de Secuencia para el sistema ya que los diagramas de colaboración se pueden derivar de los diagramas de secuencia sin demasiado esfuerzo.

6.2.2.1. Diagramas de secuencia

El diagrama de secuencia es un tipo de diagramas de interacción, que muestra una interacción entre un conjunto de objetos y sus relaciones (otro tipo de diagrama de interacción es el diagrama de colaboración).

El propósito del diagrama de Secuencia es documentar la secuencia de mensajes entre los objetos en un vista basada en el tiempo El alcance de un diagrama de secuencia típico incluye todas las interacciones de mensaje para un caso de uso único. Puede haber múltiples diagramas de secuencia por caso de uso, uno por cada escenario de caso de uso.

Los diagramas de estado comúnmente contienen:

- Objetos
- Enlaces
- Mensajes
- Tiempo de respuesta (especialmente útil en sistemas en tiempo real)

Las líneas de vida verticales representan objetos de interés. Los mensajes se muestran fluyendo entre los objetos y entre las líneas de vida. UML admite la notación del tiempo de respuesta en los diagramas de secuencia, lo que hace factible especificar los requisitos de rendimiento para un sistema en tiempo real. El tiempo fluye de arriba abajo en el diagrama.

En las siguientes secciones, los objetos en diagramas de secuencia se basan en el diagrama de clases desde el punto de vista de la arquitectura de software. La razón para hacer eso es que no queremos fijarnos o permanecer en los objetos desde la perspectiva de la construcción donde muchos detalles técnicos obstruyen una rápida comprensión de la interacción entre los objetos.

En algunos diagramas de secuencia, el pasajero parece ser un objeto del sistema, ya que algunos de los mensajes están saliendo de los usuarios.

6.2.2.1.1. Caso de uso 1 - Llamadas de rellano en proceso

Hay dos escenarios para este caso de uso: cuando el pasajero solicita un servicio desde el rellano presionando el botón (s) de llamada de rellano. En uno de los escenarios es que el ascensor se mueve en la misma dirección que la planta desde la que se ha hecho la llamada, y el otro es la contraria, cuando la planta desde la que se llama esta en dirección contraria del movimiento de la cabina en ese instante. Los dos escenarios pueden compartir el mismo diagrama de secuencia, la única diferencia es el tiempo de conducción antes de que el pasajero pueda subir, es decir, el (x segundos) en el diagrama refleja el tiempo de viaje del ascensor.

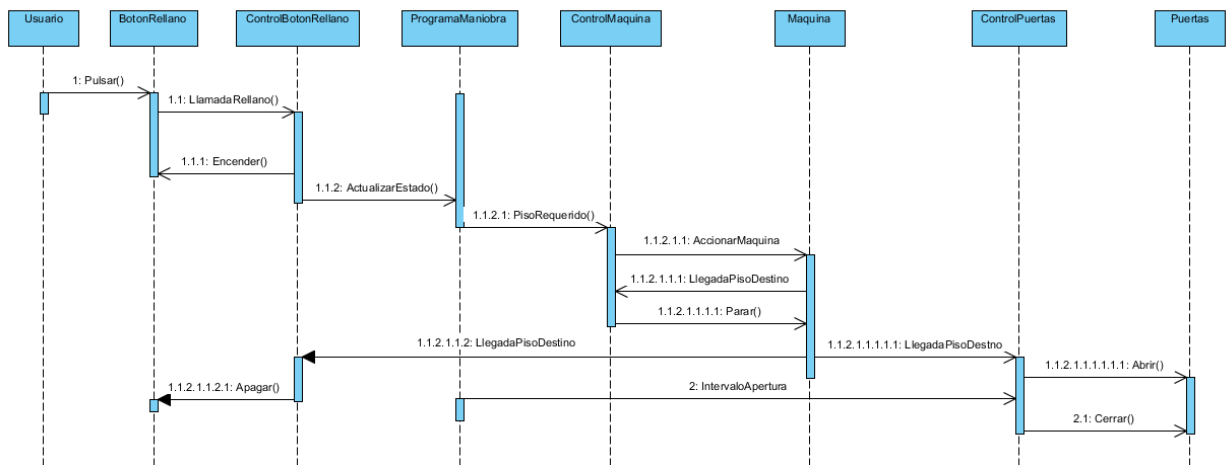


Ilustración 59. Caso de uso 1 y 2

6.2.2.1.2. Caso de uso 2: procesar llamadas desde la Cabina

Hay dos escenarios para este caso de uso: el pasajero entra en el ascensor, presiona el botón de destino en la cabina. El pasajero puede querer ir a un piso superior o uno inferior, dependiendo de la dirección actual de movimiento del ascensor, el pasajero llegará al piso de destino cuando el ascensor pase por allí o cuando el elevador cambie de Dirección. El caso es similar al anterior pero cambiando el Control de Botonera Rellano y Botonera Rellano por Control Botonera Cabina y Botonera Cabina.

6.2.2.1.3. Caso de uso 3: mover / detener la cabina

Hay dos escenarios para este caso de uso:

Escenario 3.1 y 3.2 Mueva la cabina: se le ordena al ascensor que comience a moverse desde el estado de detención.

La dirección de movimiento y el piso deseado del ascensor son proporcionados por el Programa de la Maniobra. Dentro de un alcance seguro, el ascensor debería pasar de la velocidad lenta a la velocidad rápida. El escenario 3.1 es para mover hacia arriba y el escenario 3.2 para mover hacia abajo.

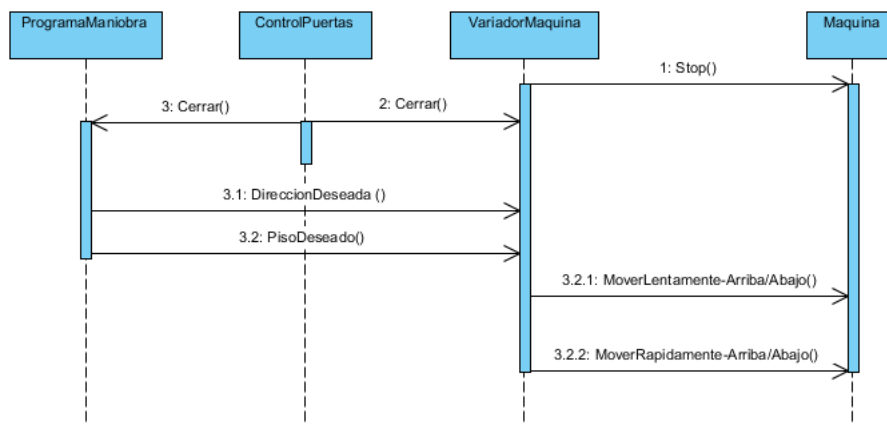


Ilustración 61. Caso de Uso 3.1 y 3.2

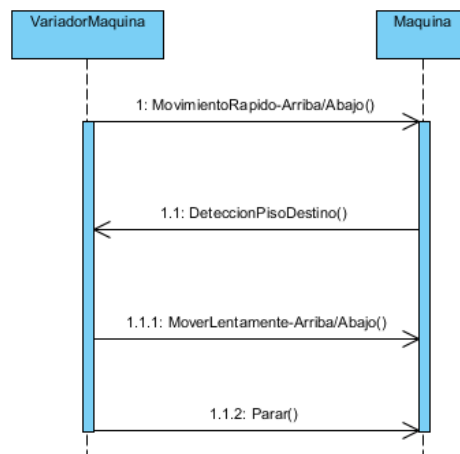


Ilustración 60. Caso de Uso 3.3 y 3.4

Escenarios 3.3 y 3.4 Parada Cabina: cuando el ascensor se acerca al piso deseado, se le debe ordenar que reduzca la velocidad y finalmente se detenga en el piso.

6.2.2.1.4. Caso de Uso 4 – Mostrar la Posición de la Cabina

Hay dos escenarios para este caso de uso, que pueden compartir un diagrama de caso de Uso 4 -Mostrar Posición de Cabina. Hay dos escenarios para este caso de uso, que pueden compartir un diagrama de secuencia:

Escenario 4.1 Indicando la posición del ascensor: cuando las puertas del elevador estén abiertas, se le debe ordenar al Indicador Posicion Cabina que se ilumine para indicar la posición actual del ascensor.

Escenario 4.2 Indicando la posición destino del ascensor: cuando las puertas estén cerradas, se le debe ordenar al Indicador de posición Cabina que indique el piso deseado.

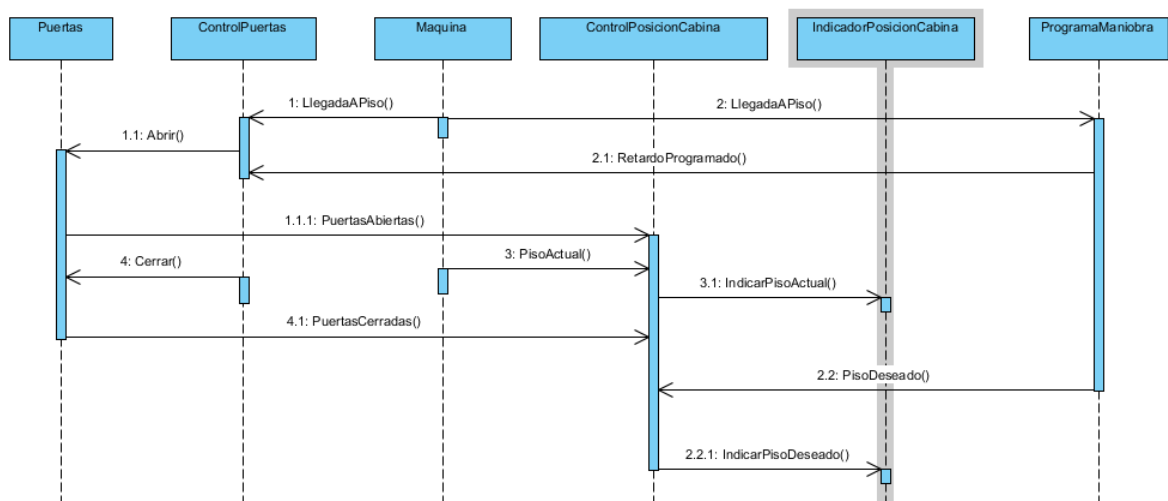


Ilustración 62. Caso de Uso 4

6.2.2.1.5. Caso de uso 5: Mostrar la dirección de movimiento

Hay dos escenarios para este caso de uso, que pueden compartir un diagrama de secuencia:

Escenario 5.1 Indicando la dirección de movimiento (arriba) - Cuando las puertas del ascensor están abiertas y la dirección deseada del ascensor es ARRIBA, la luz indicadora ARRIBA se ilumina. Cuando las puertas están cerradas, el indicador de Dirección se apaga.

Escenario 5.2 Indicación de dirección de movimiento (hacia abajo): cuando las puertas del ascensor están abiertas y la dirección deseada del automóvil es ABAJO, se ilumina la luz indicadora de cabina ABAJO. Cuando las puertas están cerradas, el indicador de Dirección se apaga.

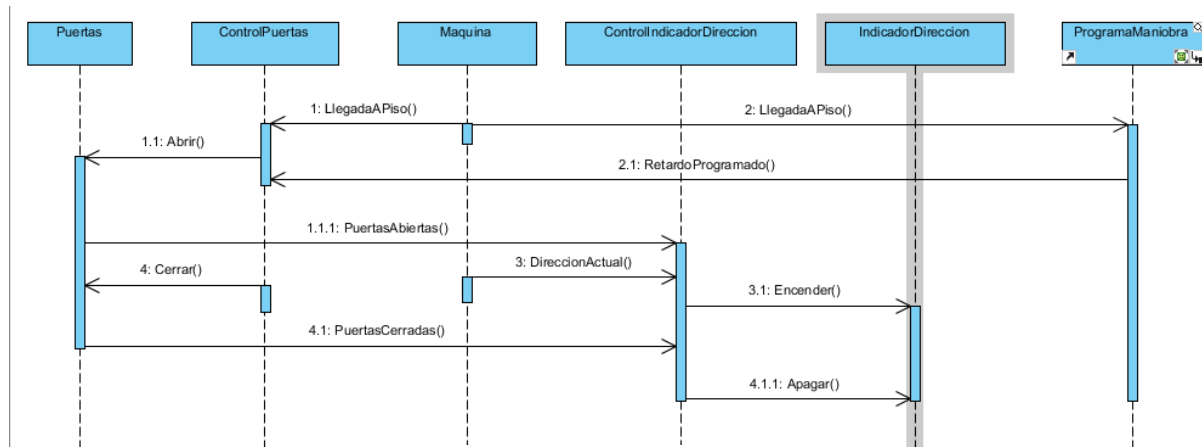


Ilustración 63. Caso de Uso 5

6.2.2.1.6. Caso de Uso 6 - Abrir / Cerrar las puertas

Hay tres escenarios para este caso de uso:

Escenario 6.1 Abra las puertas: cuando el ascensor se detiene en un piso, las puertas deberían abrirse durante un período de tiempo (Retardo Programado), de modo que los pasajeros puedan subirse al ascensor.

Escenario 6.2 Cierre las puertas: después de estar abiertas durante un período de tiempo específico (Retardo Programado), las puertas deben cerrarse para que el ascensor pueda moverse al siguiente destino.

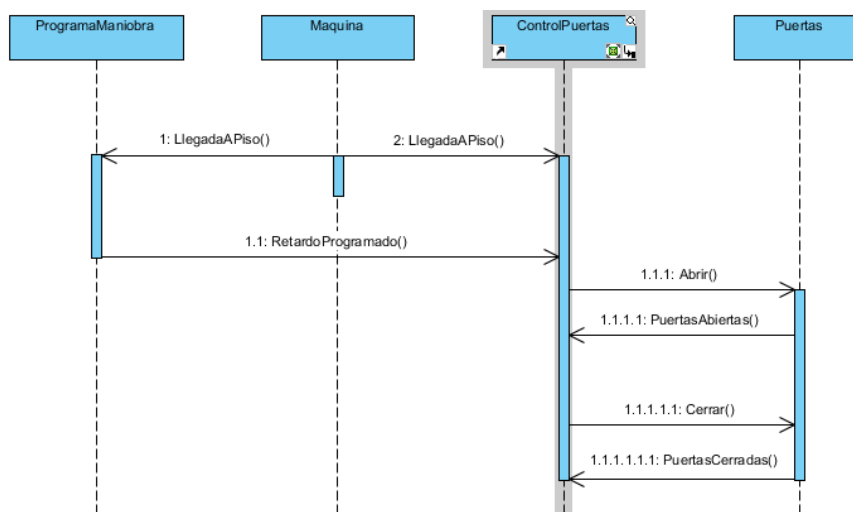


Ilustración 64. Casos de Uso 6.1 y 6.2

Escenario 6.3 Inversión de puertas: cuando las puertas se cierran pero no se cierran por completo, si hay pasajeros que desean subir al ascensor, las puertas deben abrirse nuevamente durante otro período de tiempo y luego volver a cerrarse. Se da una situación similar si durante el proceso de cierre de puertas la barrera de la cabina detecta algún obstáculo.

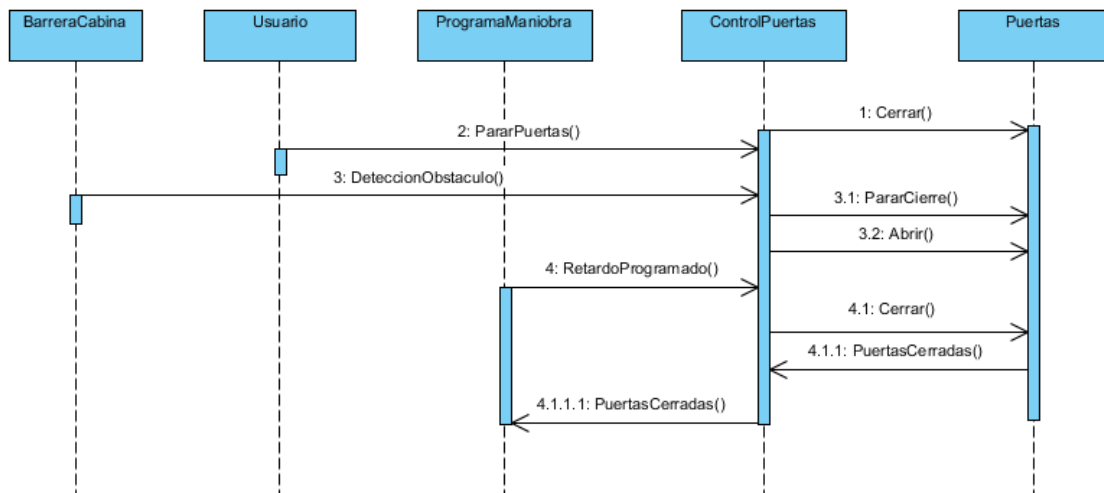


Ilustración 65. Caso de Uso 6.3

6.2.2.1.7. Caso de Uso 7 - Accionamiento del freno de emergencia

Hay cinco escenarios para este caso de uso:

Escenario 7.1 Freno de emergencia 1 - Si se ordena al ascensor que pare pero no se detiene en el piso deseado, se activará el freno de emergencia (Paracaídas).

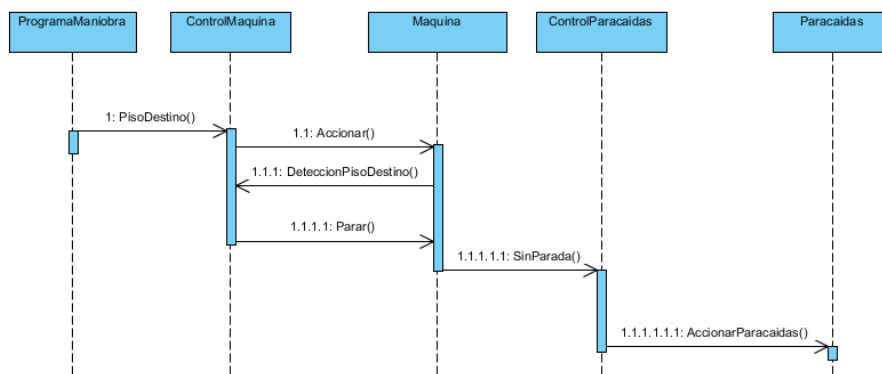
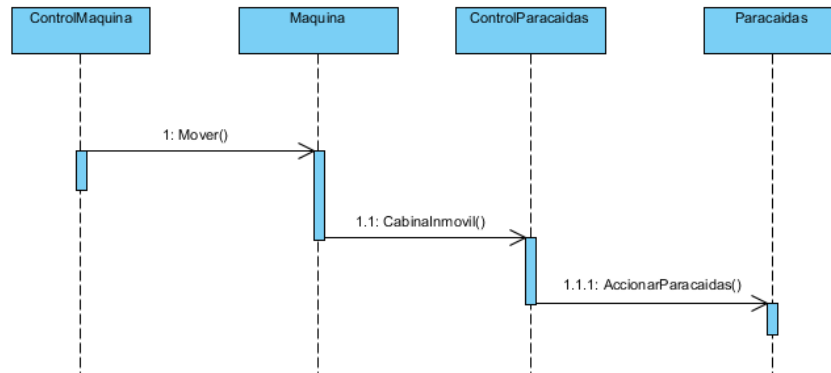
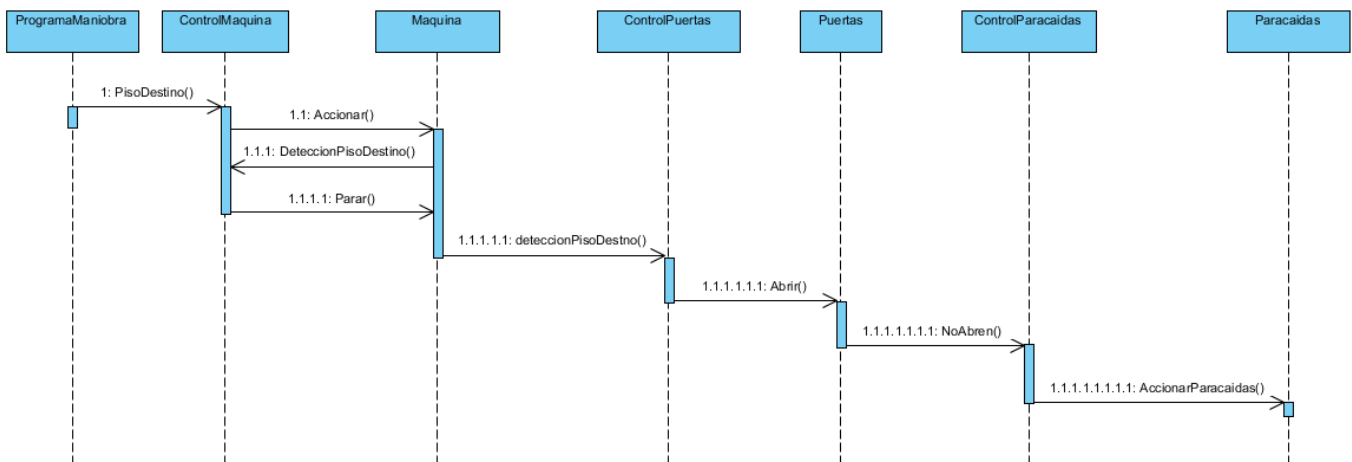


Ilustración 66. Caso de Uso 7.1

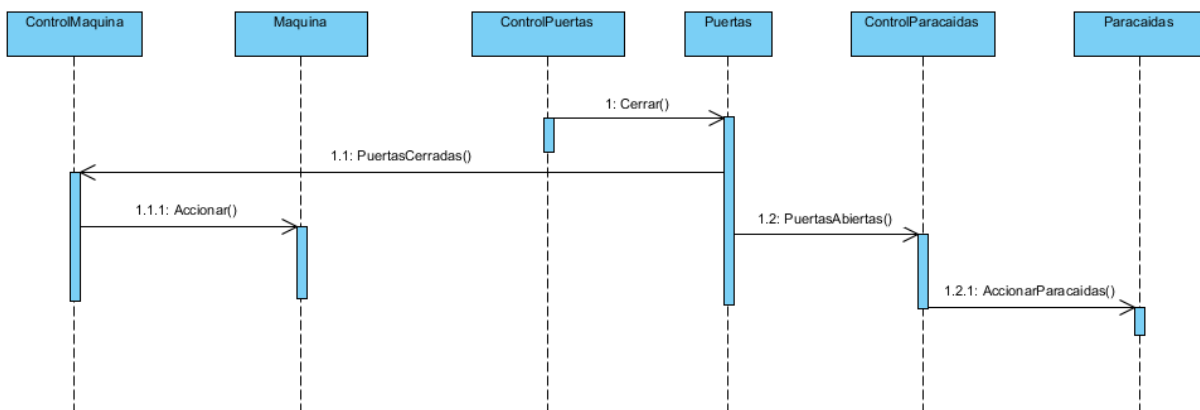
Escenario 7.2 Freno de emergencia 2 - Si se ordena que el ascensor se mueva pero no se mueve, se activará el freno de emergencia.



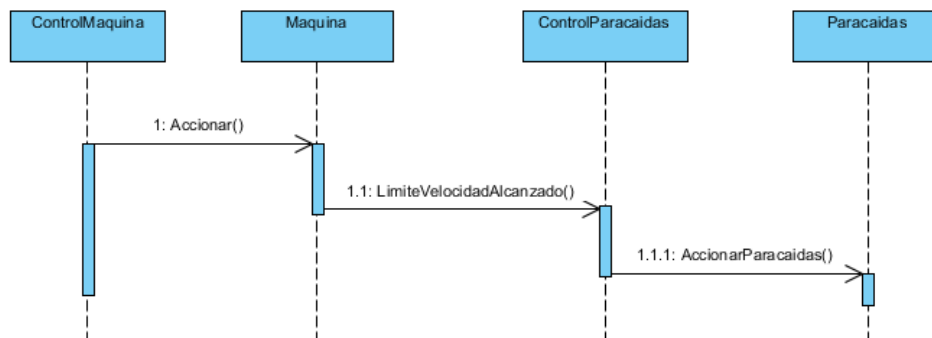
Escenario 7.3 Freno de emergencia 3 - Si se ordena que las puertas se abran cuando el ascensor se detiene en el piso, pero las puertas no se abren, se activará el freno de emergencia.



Escenario 7.4 Freno de emergencia 4 - Si las puertas se abren cuando el ascensor se está moviendo, se activará el freno de emergencia.



Escenario 7.5 Freno de emergencia 5 - Si el ascensor sigue funcionando cuando se alcanza el límite de la velocidad de elevación, se activará el freno de emergencia.



6.2.2.2. DIAGRAMAS DE CASOS DE USO

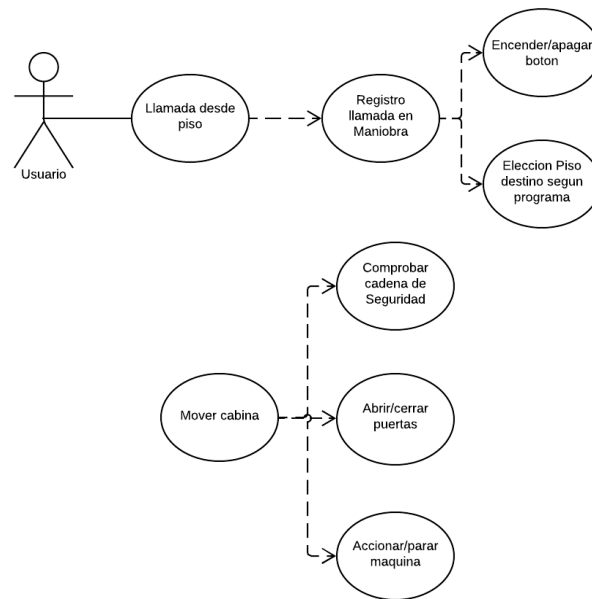
Los casos de uso nos servirán para poder interpretar como funciona el sistema. Un caso de uso es una descripción de los pasos o las actividades que deberán realizarse para llevar a cabo algún proceso. En cierto modo están directamente relacionados con los diagramas de secuencia. Los personajes o entidades que participarán en un caso de uso se denominan actores.

Por cada diagrama de secuencia o escenario habrá un diagrama de casos de uso, por lo que según lo expuesto anteriormente vamos a exponer los casos de uso para los escenarios anteriormente comentados.

6.2.2.2.1. DIAGRAMA DE CASO DE USO LLAMADA DESDE BOTONERA PISO

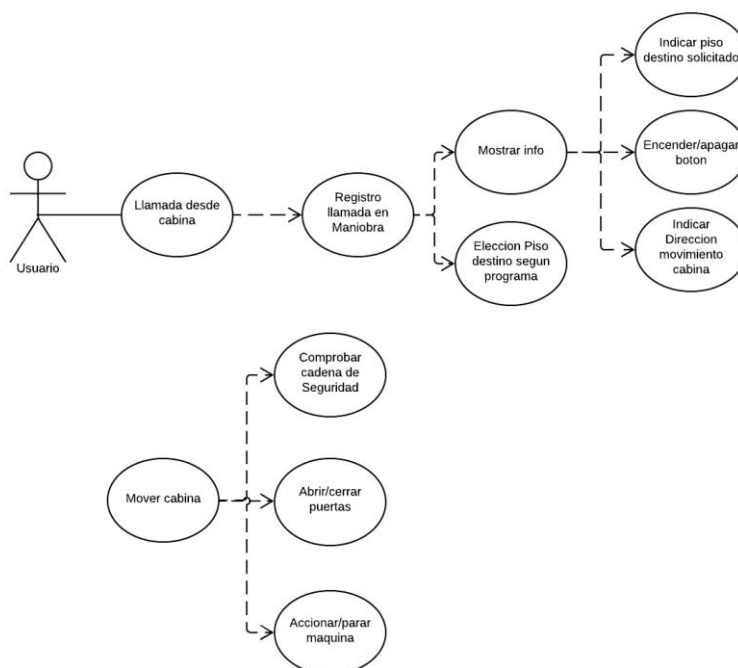
En este caso el usuario ha realizado la llamada desde un piso o rellano usando el botón de llamada. La maniobra recibe la señal y manda al control de las botoneras de piso que encienda la luz como que ha recibido la llamada y está en proceso.

La maniobra decide según el programa que tiene cargado, en qué orden atenderá la llamada del usuario y para ello se comunicara con el control del motor de puertas y de la máquina para que se pongan en funcionamiento, siempre que la cadena de seguridad permita el accionamiento seguro del ascensor.



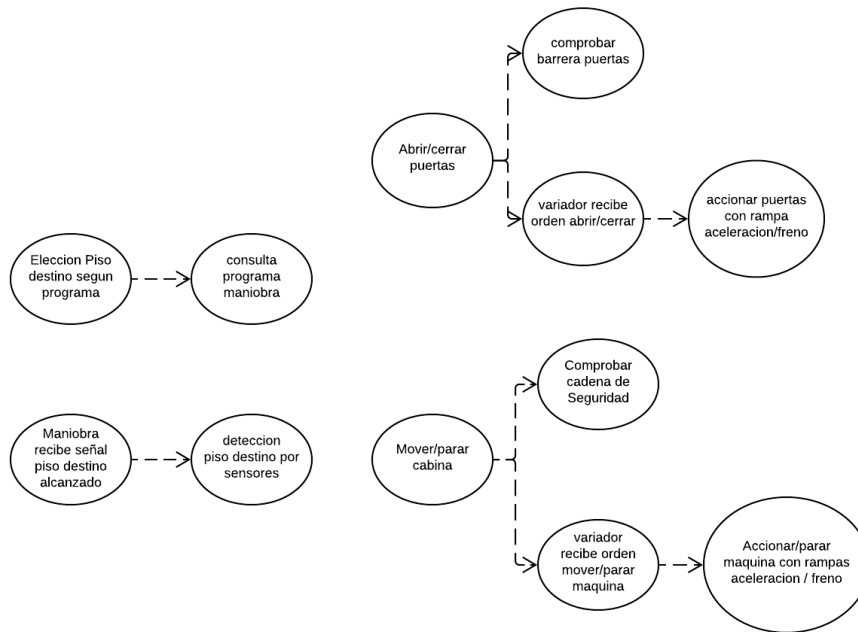
6.2.2.2.2. DIAGRAMA DE CASO DE USO LLAMADA DESDE BOTONERA CABINA

Este caso de uso es muy similar al anterior solo que se tiene que incluir que se indica la dirección de movimiento dentro de la cabina y se tiene que indicar el piso al que se dirige. Se ha optado por indicar "mostrar Info" que incluye las acciones mostrar el piso solicitado, encender luz botonera, e indicar la dirección de movimiento de la cabina.



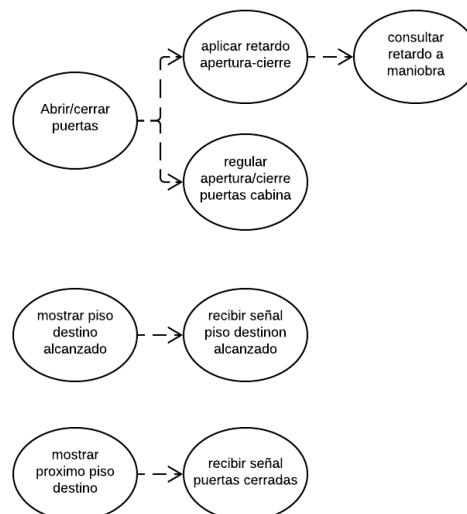
6.2.2.2.3. MOVER / DETENER CABINA

Este caso de uso se puede representar con el siguiente diagrama de casos de uso, que comprende las acciones que se llevan a cabo cuando se mueve o detiene la cabina del ascensor.



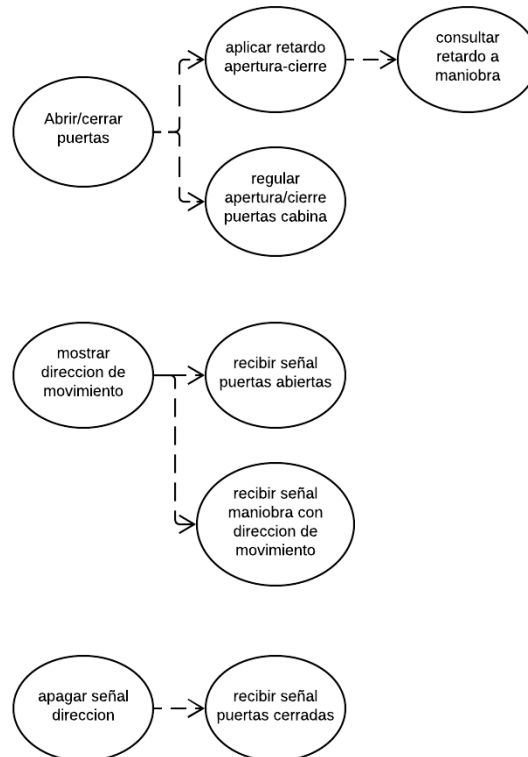
6.2.2.2.4. MOSTRAR POSICION CABINA

El caso de uso de mostrar posición de cabina, tanto del piso alcanzado como del próximo piso destino es el representado en el siguiente diagrama:

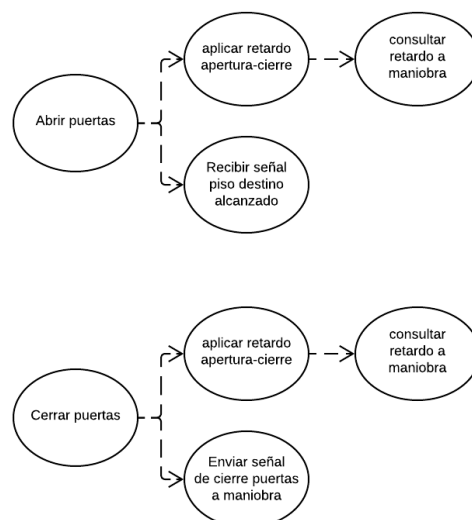


6.2.2.2.5. MOSTRAR DIRECCION DE MOVIMIENTO

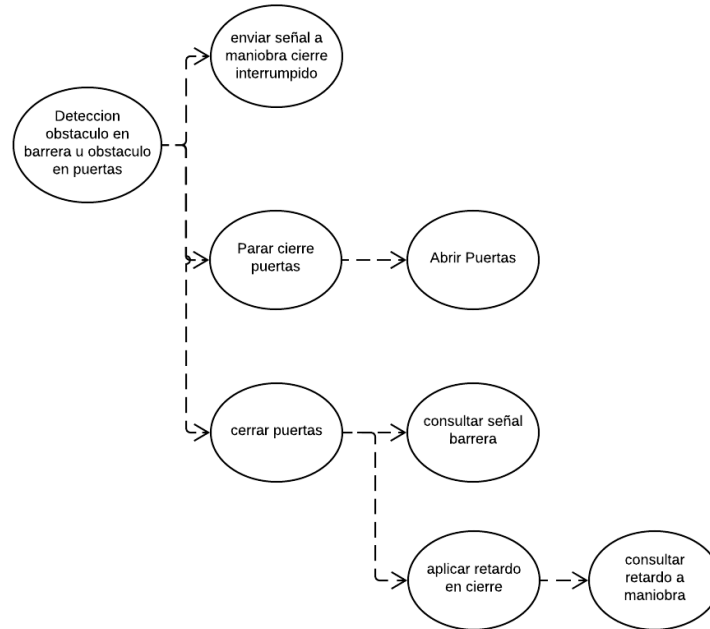
El Caso de uso Mostrar la Dirección de movimiento es muy similar al anterior teniendo en cuenta que cuando las puertas están cerradas el indicador de movimiento se apaga.



6.2.2.2.6. ABRIR/CERRAR PUERTAS

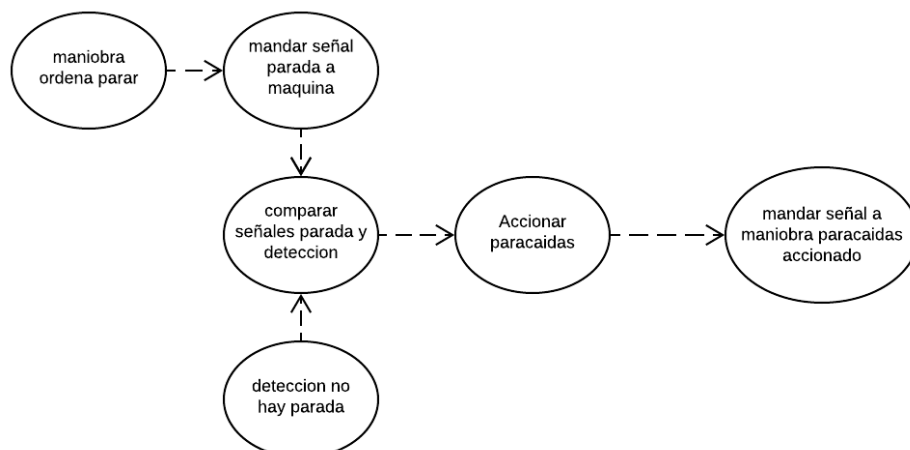


Se da el caso de uso de que cuando las puertas se están cerrando y son obstaculizadas la maniobra o control debe detener las puertas y volver a abrirlas para evitar atrapamientos que pudiera lesionar a algún usuario.

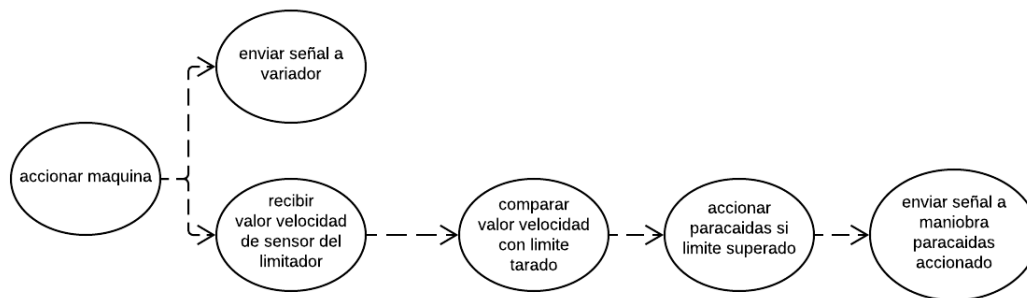


6.2.2.2.7. ACCIONAMIENTO PARACAIDAS

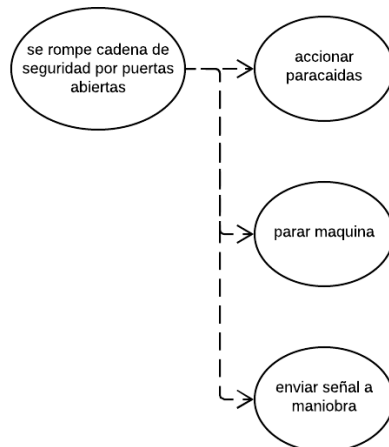
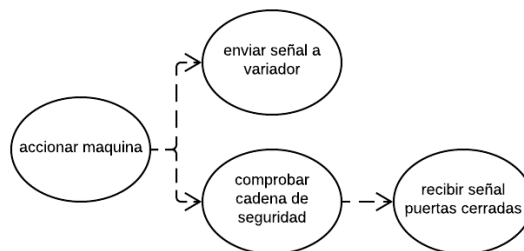
En el caso del accionamiento del Paracaídas se va a englobar todos los escenarios que se han comentado en los diagramas de secuencias.



Se estudia ahora el caso de cuando se ha superado el límite de velocidad y entra en acción el paracaídas:



También hay que contemplar cuando las puertas se abren estando el ascensor en movimiento



7. ELECCION DEL HARDWARE

En este punto se va a tratar de la elección del hardware necesario según el desarrollo de la programación UML, de las características de la instalación y del resto de elementos escogidos en puntos anteriores. Dichos puntos se van a dividir en la parte de controladores y en la parte de interface con el usuario, así como de los conectores que se indicaran en un esquema de conexiones.

7.1. CONTROLADORES

Según se ha visto en los puntos anteriores, se ha escogido una disposición en la que habrá un controlador para las botoneras de piso, un controlador para las botoneras de cabina, un controlador para la cabina, un controlador para el paracaídas, y un último controlador que ejerce como cerebro de todo el sistema al que se conectan el resto de controladores y que se comunica con el resto del sistema.

7.1.1. CONTROLADOR BOTONERAS DE PISO

Para el controlador de las botoneras de piso se tiene en cuenta que al escoger un tipo de maniobra selectiva en subida y bajada, los rellanos tendrán botón de llamada de subida y bajada, salvo los últimos pisos que únicamente tendrán de subida o de bajada dependiendo del piso en el que este. Dichos botones tendrán un indicador luminoso que indicara al usuario que la maniobra ha recibido la llamada y está procesándola. Por lo tanto el controlador deberá tener 10 entradas y 10 salidas más 1 entrada y salida suplementaria para la comunicación con el controlador principal. A dicho controlador de las puertas de piso se conectarán los switch de las puertas de piso (1 por puerta) que registran si la puerta de piso correspondiente está abierta o cerrada, (y que forma parte de la cadena de seguridad) por lo que son necesarias 5 entradas más en el controlador. Por lo tanto el total de entradas es de 16 y el total de salidas es de 11, siendo necesario que el total de I/O necesario en el controlador sea de 27. Un controlador adecuado para esta tarea puede ser un Arduino Due que dispone de 54 entradas / salidas

Microcontroller	AT91SAM3X8E
Operating Voltage	3.3V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-16V
Digital I/O Pins	54 (of which 12 provide PWM output)

7.1.2. CONTROLADOR BOTONERA CABINA

En el caso del controlador necesario para la botonera de cabina vemos que existe un botón para cada una de las paradas, o sea, 5 entradas, dispositivos luminosos para cada botón (5 salidas), 2 indicadores de dirección (2 salidas), 1 display que indica la planta alcanzada o planta destino (1 salida). Eso hace un total de 5 entradas y 8 salidas, y se puede escoger un Arduino modelo Mini (similar al modelo Uno pero de menor tamaño), cuyas características son las siguientes:

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage	7-9 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8 (of which 4 are broken out onto pins)

7.1.3. CONTROLADOR DE CABINA

Para el controlador de Cabina realizamos un proceso similar, analizando el número de entradas y de salidas para la elección del tipo de controlador. En el caso de la cabina el accionamiento de la cabina supone una salida al motor o regulador del motor de cabina; el encoder de dicho motor supone una entrada; el switch del operador es una entrada y sirve para tener la señal de puerta abierta-cerrada; los sensores biestable de cabina que sirven para saber el punto de frenado, aceleración o posición de la cabina y suponen en nuestra instalación 3 entradas; la barrera fotoeléctrica de las puertas supone una entrada, y el pesacargas supone otra entrada más. En total se necesitan 8 I/O y un controlador Arduino mini o Uno sería suficiente.

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage	7-9 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8 (of which 4 are broken out onto pins)

7.1.4. CONTROLADOR SEGURIDAD

El Controlador del Paracaídas necesita únicamente de cuatro entradas y de una salida, por lo que el controlador puede ser uno similar al anterior Arduino Uno o mini que por su tamaño y precio se puede usar perfectamente para dicho cometido.

7.1.5. CONTROLADOR GENERAL O MANIOBRA

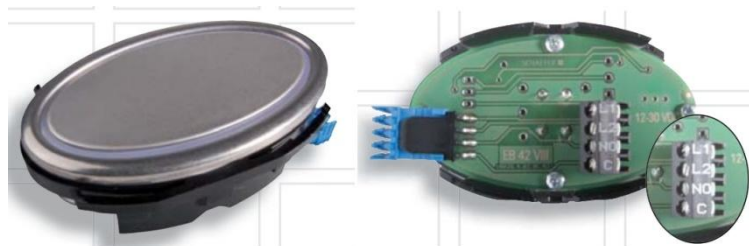
En cuanto al controlador general con el que se comunican todos los demás controladores ya que tiene el programa de la maniobra, se tiene en cuenta que tendrá el mismo número de entradas que de salidas, ya que la comunicación con el resto de controladores será en 2 sentidos, en total serán 10 I/O. Comprobando el tipo de controladores disponibles se ve que el modelo Arduino Mega cumple con los requisitos, y además dispone de más memoria en la que se puede almacenar el programa de la maniobra.

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader

En el caso de necesitar más memoria para almacenar el programa de la maniobra se puede ampliar mediante un modulo con tarjeta SD en la que se podría almacenar el programa de la maniobra.

7.2. DISPOSITIVOS DE INTERFACE CON USUARIO

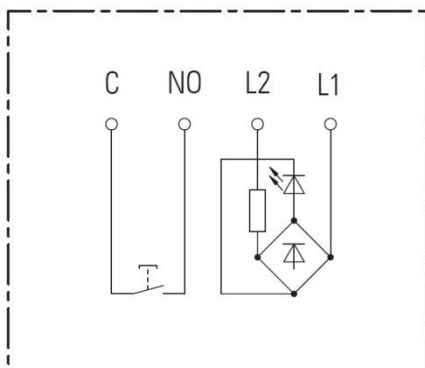
Para la botonera de cabina se ha optado por los siguientes pulsadores de la marca Schaeffer, que disponen de luz indicadora de haber sido pulsados y sirve como interface con el usuario de la cabina.



La leyenda que deben de tener impresa corresponde con el piso o planta de la instalación:

PULSADORES				
Code	Schaefer code	Led	Voltage	Enforcement
W002865	EB 42 IX	Red	30Vac/dc	"0" push button
W002866	EB 42 IX	Red	30Vac/dc	"1" push button
W002867	EB 42 IX	Red	30Vac/dc	"2" push button
W002868	EB 42 IX	Red	30Vac/dc	"3" push button
W002869	EB 42 IX	Red	30Vac/dc	"4" push button

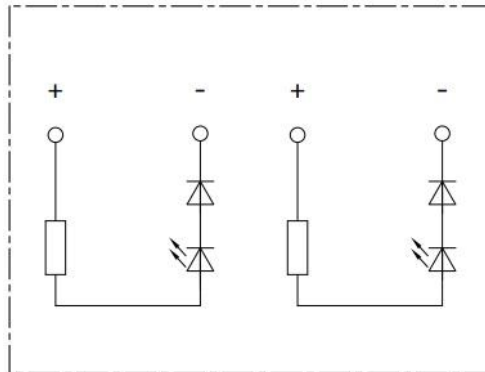
Siendo su diagrama de conexión:



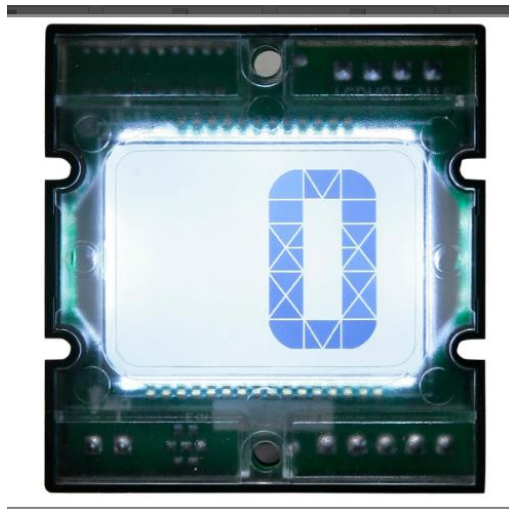
El indicador de sentido de marcha de la cabina será el siguiente:



Cuyo diagrama de conexionado es el siguiente:



En la cabina también se va a colocar un display que indicara la planta actual y en cuanto cierren las puertas la planta de destino



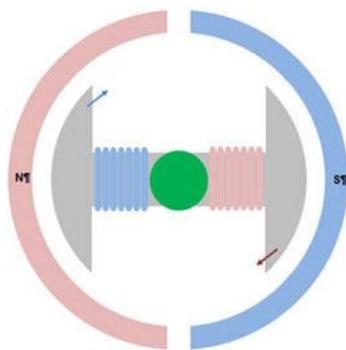
En cuanto a los pulsadores de relleno serán similares solo que dispondrán de 2 pulsadores, uno para cada dirección en función de si se desea bajar o subir respecto a la planta de llamada, salvo en el caso de la primera y de la última planta.



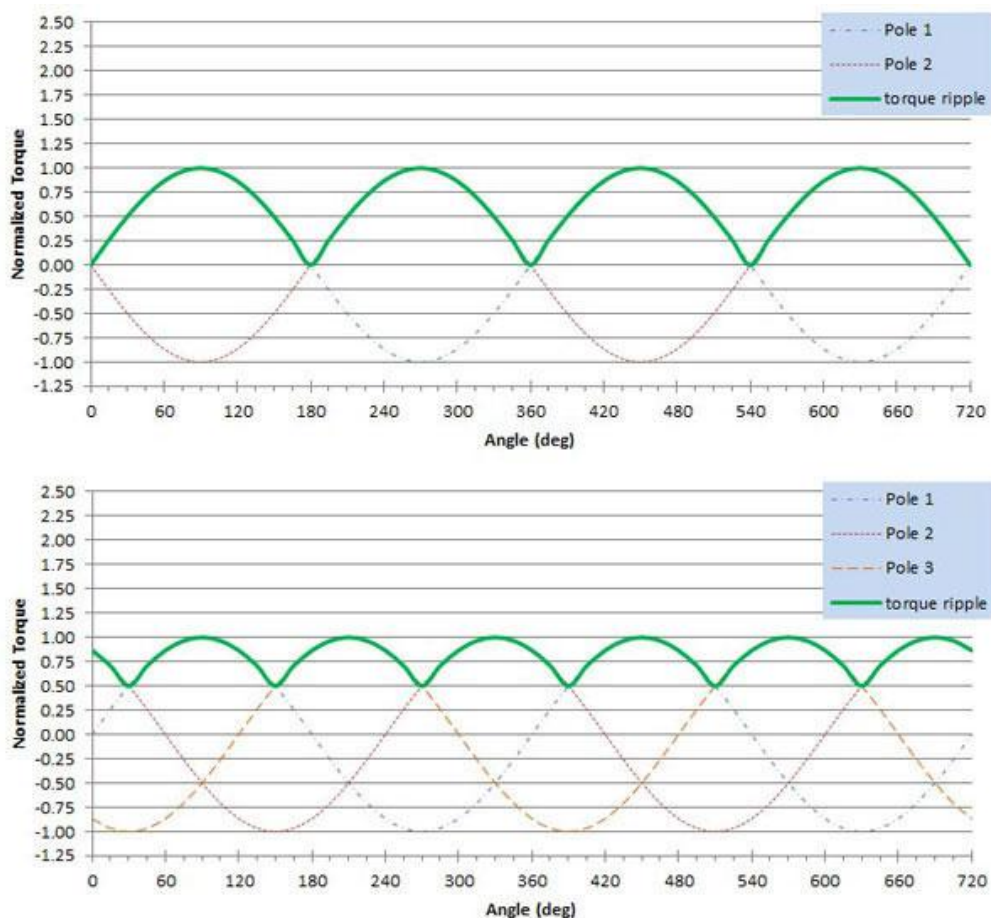
8. INCONVENIENTES EN INSTALACIONES CON MAQUINAS SINCRONAS

En los motores síncronos de imanes permanentes la interacción entre el campo de los imanes del rotor y del campo del estator es la que provoca el movimiento del rotor haciendo que gire. En un mundo perfecto, los ejes de posicionamiento entregue la carga en la ubicación deseada de forma rápida y precisa. Desafortunadamente, la realidad no es tan amable. Esos campos son anisotrópicos, lo que significa que el par que generan varía. Si esto crea o no un problema depende de la aplicación. En este punto, expondremos en qué condiciones se da el cogging torque o rizado de par y las posibles estrategias para poder mitigarlo.

Aunque las características específicas de los motores varían ampliamente, los componentes básicos son un rotor y un estator. Lo más común es que el rotor esté unido a la carga y gire como resultado de la repulsión entre el campo magnético del rotor y el campo magnético del estator. Para mantener el motor girando, la orientación magnética del rotor debe cambiar las direcciones periódicamente. La frecuencia con la que esto ocurre depende del número de polos magnéticos en el rotor / estator, que puede variar de dos a N



La interacción entre los campos magnéticos sigue una curva sinusoidal, lo que significa que varía de forma no lineal en función del ángulo del rotor. El resultado final es una onda en el par máximo como una función del tiempo. Aumentar el número de polos puede reducir el nivel de ondulación del par, pero siempre estará presente hasta cierto punto.



8.1. COMBATIR EL COGGING TORQUE

Los diseñadores de motores tienen una serie de herramientas que pueden usar para combatir el cogging torque o par de rizado. Un enfoque común es inclinar los rotores para que, en lugar de que los dientes crucen el estator en línea recta, se crucen de forma inclinada, lo que hace que el efecto sea más gradual.

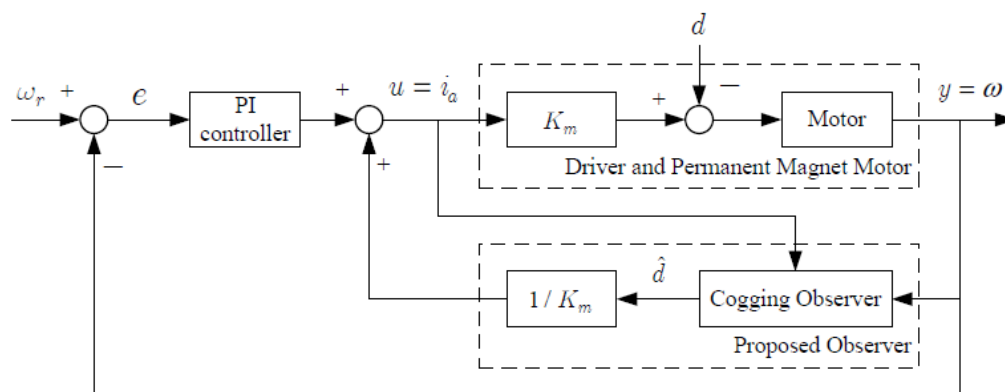
La sabiduría común sostiene que aumentaría el coste del motor pero no necesariamente tiene que hacerlo. En algunos casos, los fabricantes apilan las laminaciones, insertan los revestimientos de las ranuras e insertan las bobinas. Solo entonces sesgan la pila, después de lo cual sueldan la parte a lo largo del diámetro exterior para bloquearla en su lugar. El proceso es esencialmente idéntico a la fabricación convencional, con la excepción de que la operación de soldadura tiene lugar después de que las bobinas estén en su lugar en lugar de antes.

Otra forma de mitigar el efecto del cogging torque es seleccionar una combinación de ranura fraccionada en la que el número de ranuras del estator dividido por el número de polos del rotor sea un número no entero. Como resultado, solo un lado del imán del

estator se alinea con las ranuras del rotor. Los bordes de las ranuras no se alinean con los polos, lo que reduce el par de fricción.

Otra forma de evitar el engranaje es ir con un diseño sin núcleo. Los rotores de los motores sin núcleo están formados por cables torcidos y sin núcleo. Ofrecen una menor inercia e inductancia, así como cero cogging torque. Sin embargo hay contrapartidas. Los diseños sin dientes pueden ofrecer un par más suave, pero eso tiene el precio de un par más bajo en todo el rango de velocidades. Para aplicaciones de contorno y velocidad constante, un motor sin núcleo puede proporcionar los mejores resultados.

Para una aplicación que se mueve a velocidad constante, la frecuencia del cogging torque depende de la velocidad. Al elegir la unidad adecuada y diseñar el lazo de control para minimizar la cantidad de ganancia a esa frecuencia, los diseñadores del sistema pueden minimizar el efecto del rizado. Finalmente, los ingenieros pueden desarrollar un motor que incluya cogging pero que compense el rendimiento mediante algoritmos de control. Esta estrategia se resume en el siguiente esquema, en el que por medio de un control adicional al que regula el motor se pretende compensar el rizado. Para ello se se estudia el modelo dinámico del motor y mediante el análisis del modelo de estado se consigue encontrar la función de transferencia de un regulador que compensa o mitiga el cogging torque.



El problema a resolver se enfoca de la siguiente manera: el objetivo es diseñar un observador tal que

$$\lim_{t \rightarrow \infty} (\hat{d}(t) - d(t)) = 0,$$

Donde d es la señal estimada del cogging torque.



El inconveniente de este enfoque es que para cada motor e instalación sería necesario hallar los valores del regulador que compense el rizado de par, y solo en algunos casos estaría justificado por su coste y dificultad. Se podría implementar un sistema que fuera capaz por si mismo de calcular la función de transferencia del observador y pudiera compensar ese efecto, pero por su complejidad excede el alcance de este TFG.

9. CONCLUSIONES

En la exposición del estado del arte de los accionamientos y sensores de los ascensores se ha visto el gran avance que han experimentado los ascensores en los últimos años debido a las mejoras en la electrónica de potencia y control, así como la mejora en las maquinas eléctricas que se usan actualmente. Este TFG ha pretendido ser una aplicación práctica de las últimas técnicas en regulación de maquinas síncronas asociado al diseño de una maniobra que soluciona inconvenientes de instalaciones similares según estudios a los que he podido acceder.

Como se habrá podido apreciar, los campos que he abordado con este TFG son susceptibles de poder aplicarse en mayor profundidad a los aspectos de un ascensor y mejorar las prestaciones del ascensor propuesto, tanto en la vertiente de prestaciones ofrecidas al usuario como en las prestaciones conseguidas de la maquina.

La regulación de la maquina que se ha planteado se puede llevar mas allá y poder plantear un regulador que afine mas en las prestaciones ofrecidas mediante un regulador que compense en mayor medida las vibraciones que se producen en la maquina síncrona de imanes permanentes y que en ocasiones se llegan a percibir en la cabina.

Por otro lado los controladores usados en la maniobra pueden programarse para ofrecer mayores prestaciones que mejoren el confort del usuario o mejora los intervalos de mantenimiento mediante la comunicación de la maniobra con el centro de asistencia en caso de avería o para poder ofrecer un mantenimiento predictivo en función de la información que procese la maniobra.

10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] "Ascensor - Yaskawa Europe GmbH." [Online]. Available: [https://www.yaskawa.eu.com/es/soluciones/sector/ascensor/..](https://www.yaskawa.eu.com/es/soluciones/sector/ascensor/)
- [2] D. A. Burford, K. Narasimhan, and R. H. Wagoner, "A theoretical sensitivity analysis for full-dome formability tests: parameter study for m , r , and μ ," *Metall. Trans. A*, vol. 22, no. 8, pp. 1775–1788, 1991.
- [3] "Control de movimiento - AVRy Inverter vectorial de control por orientación de campo para motores - Gefran." [Online]. Available: <http://www.gefran.com/es/es/products/239-avry-inverter-vectorial-de-control-por-orientacion-de-campo-para-motores-sincronos-con-recuperacion-de-energia-para-ascensores>.
- [4] "Curso: LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO: UML." [Online]. Available: <https://campusvirtual.ull.es/ocw/course/view.php?id=132>.
- [5] W. Wu, "Disturbance compensation for DC motor mechanism low speed regulation: A feedforward and feedback implementation," in *Decision and Control and European Control Conference (CDC-ECC), 2011 50th IEEE Conference on*, 2011, pp. 1614–1619.
- [6] "GE XXI. Tecnología control variación VVVF." [Online]. Available: <http://www.gexxi.com/elevadores/productos/14/tecnologia-control-variacion-vvfv>.
- [7] "Iniciación variación velocidad - uvigo tv," *mafiadoc.com*. [Online]. Available: https://mafiadoc.com/iniciacion-variacion-velocidad-uvigo-tv_5a09485b1723ddfd76862902.html.
- [8] "La mecánica del ascensor - uvigo tv," *mafiadoc.com*. [Online]. Available: https://mafiadoc.com/la-mecanica-del-ascensor-uvigo-tv_59e035901723dd1a56a74fe6.html.
- [9] "La tecnología de los motores de imanes permanentes - PUBLICACIONES DYNA." [Online]. Available: <https://www.dynapubli.com/noticias-PD/la-tecnologia-de-motores-de-iman-permanentes>.
- [10] Roberto Duran, "Motores sincros," 20:12:38 UTC.
- [11] "Motores sincros y asincros.," *prezi.com*. [Online]. Available: <https://prezi.com/vmqykaqx6uy5/motores-sincros-y-asincros/>.
- [12] "motores-Sincros-0809.pdf." .



Bibliografía

[13] "motores-Sincronos-0809.pdf." .

[14] "Sensores Industriales - uvigo tv - Universidade de Vigo,"
mafiadoc.com. [Online]. Available: https://mafiadoc.com/sensores-industriales-uvigo-tv-universidade-de-vigo_59dccd1c1723ddc93755535c.html.



Relación de documentos

<input checked="" type="checkbox"/> Memoria	135	páginas
<input type="checkbox"/> Anexos	NN	páginas

La Almunia, a 07 de Febrero de 2018

Firmado: Alberto Novella Sanz

Etiquetas para CD/DV



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

Nº TFG:

Nº TFG: 424.17.74

Director:

Javier Esteban
Escaño

Fdo:

Título TFG:

DISEÑO DE MANIOBRA DE ASCENSOR

Autor:

Alberto Novella Sanz

07/02/18



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

Nº TFG:

Nº TFG: 424.17.74

Director:

Javier Esteban
Escaño

Fdo:

Título TFG:

DISEÑO DE MANIOBRA DE ASCENSOR

Autor:

Alberto Novella Sanz

07/02/18



**Escuela Universitaria
Politécnica - La Almunia**
Centro adscrito
Universidad Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

DISEÑO DE MANIOBRA DE ASCENSOR

ELEVATOR MANEUVER DESIGN

Nº TFG: 424.17.74

Autor: Alberto Novella Sanz
Director: Javier Esteban Escaño
Fecha: 07 de Febrero de 2018

