

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROYECTO DE MODERNIZACION DE UN SISTEMA DE ELEVACION PARA USO RESIDENCIAL

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Rojas Huamán, José
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROYECTO DE MODERNIZACION DE UN SISTEMA DE ELEVACION PARA USO RESIDENCIAL

PROFESOR GUÍA: Ing. Alexander Cepeda Msc.
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Frambert Benitez Msc.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Rojas Huamán, José
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2012

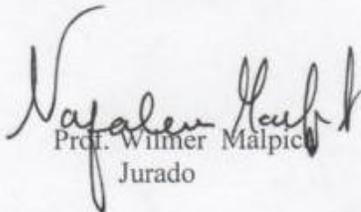
CONSTANCIA DE APROBACIÓN

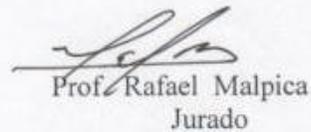
Caracas, 24 de mayo de 2012

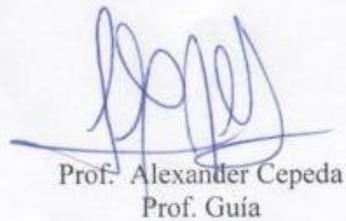
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller José Rojas H., titulado:

“PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE UN SISTEMA DE ELEVACIÓN PARA EL USO RESIDENCIAL”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención Potencia, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Wilmer Malpica
Jurado


Prof. Rafael Malpica
Jurado


Prof. Alexander Cepeda
Prof. Guía

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres que ya no están conmigo, a mi esposa Araceli, mis hijos José Alejandro y Jhoara Andreina

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios sobre todas las cosas.

Este trabajo representa el término de un proyecto que no hubiese podido culminar satisfactoriamente si no es por el apoyo y consejos de muchas personas.

Quiero agradecer especialmente a mi esposa Araceli, mis hijos José Alejandro y Johara Andreina, mi hermano Justiniano, a Elizabeth y amigos, que nunca dejaron de apoyarme durante estos largos años de estudio. Gracias por la paciencia y la confianza que siempre depositaron en mí.

Quiero agradecer a los profesores de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, profesores Pedro Pinto, Nerio Ojeda, Tamara Díaz por sus consejos incondicionales y conocimientos impartidos.

Quiero agradecer a los profesores Alexander Cepeda, Rafael Malpica y Wilmer Malpica por su disposición incondicional a ayudarme en este proyecto.

Quiero agradecer de forma especial al Ing. Frambert Benitez por su total interés en todo lo que concierne a este proyecto.

A mis compañeros de clase que siempre tuvieron la disponibilidad de ayudar y aportar ideas en todos los problemas que se presentaron.

PROYECTO DE MODERNIZACION DE UN SISTEMA DE ELEVACION DE USO RESIDENCIAL

Profesor Guía: Ing. Alexander Cepeda, Msc. Tutor Industrial: Ing. Frambert Benitez, Msc. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Potencia. Institución: Centro Laboral Industria de Ascensores Indas 111 C.A, 98 h. +Anexos.

Palabras Claves: Sistema de tracción, Cable de acero, Motor DC, Cuatro cuadrantes, Sistema Ward Leonard, Modernización de ascensores, Configuración de PLC, Par del motor, Par de la carga.

Resumen: Este trabajo presenta el estudio y análisis básico de componentes principales del Sistema de tracción y de Control de un ascensor, se propone la modernización parcial, sustituyendo motores convencionales de rendimiento estándar por motores inverter duty de alto rendimiento, basándose en la implementación de sistemas de control de ascensores con controladores de lógica programable. En tal sentido, se tomaron en cuenta los sistemas con lógica cableada y sistemas con lógica programable de diferentes ascensores instalados en Caracas tales como Fían, Sabiem, Otis, Schindler, Saizer, Falconi, Sabiem y Hs Kone. Se inició el trabajo inspeccionando diferentes equipos con fallas, seleccionando y categorizando las fallas, realizando mediciones de un sistema en específico y configurando un PLC existente de propósito general en el mercado el cual resultó infructuoso debido al alto costo del número de horas-hombre, luego se tomó un PLC de propósito específico (controlador CEA36) diseñado para control de ascensores. Se acondicionaron las entradas y salidas del PLC, se configuró el PLC y el variador de frecuencia documentando esta propuesta.

La metodología empleada consistió en recabar información de los diferentes sistemas de Control y fuerza motriz de ascensores, visitas al lugar donde están ubicados los diferentes equipos, medición y detección de ascensores con fallas, analizando la lógica cableada de dichos planos, para implementar las entradas y salidas del PLC y en función de la implementación configurar dicho PLC.

La información de interés fue:

- Detalles del sistema de tracción.
- Detalles del sistema eléctrico.
- Mediciones de corriente en los motores.
- Análisis de costo de motores convencionales y modernos.
- Análisis de variadores de frecuencia.

INDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACION	iii
DEDICATORIA	iv
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xii
INDICE DE GRAFICAS	xiv
SIGLAS	xv
INDICE DE PLANOS	xvi
SIMBOLOGIA	xvii
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	4
1.1.-PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.2.-OBJETIVO GENERAL	5
1.3.-OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
1.4.-ANTECEDENTES	5
1.5.-LIMITACIONES	6
CAPITULO II	7
MARCO TEORICO	7
2.1.- Introducción	7
2.2.- Descripción de los componentes básicos de un ascensor convencional, y ascensor moderno	9
2.2.1.- Sala de máquinas	9
2.2.1.1.- Sistema electromecánico	9
2.2.1.2.- Sistema de tracción	10
2.2.1.3.- Sistema eléctrico de fuerza motriz, control, y protección	12
2.2.1.4.- Sistema mecánico de seguridad	17
2.2.2.- Pozo	17
2.2.2.1.- Componentes básicos mecánicos	18
2.2.2.2.- Componentes básicos de seguridad	19
2.2.2.3.- Componentes básicos de control	20
2.2.3.- Pasillo	20
2.2.3.1.- Componentes básicos mecánicos y electromecánicos	21
2.2.3.2.- Protecciones	21
2.3.- Secuencia de Pasos en una Modernización	22
2.3.1.- Adecuación de ascensores	22
2.3.2.- Modernización de ascensores	23

CAPITULO III	26
ESTUDIO DEL SISTEMA DE ELEVACION	26
3.1.- Verificación del debido funcionamiento de un ascensor.	26
3.2.- Identificación de Ascensores en mal estado	28
3.3.- Diagnostico del estado de funcionamiento actual del sistema de elevación de algunos ascensores convencionales.	31
3.3.1.- Sala de máquinas	31
3.3.2.- Pozo	33
3.3.3.- Pasillo	33
3.4.- Análisis de componentes de un sistema de elevación convencional	33
3.4.1.- Sistema Electromecánico	34
3.4.2.- Sistema de Control	44
3.4.3.- Sistema de Seguridad	46
CAPITULO IV	47
PROYECTO DE MODERNIZACION APLICADO A ASCENSORES CONVENCIONALES	47
4.1.- Sistema de tracción	47
4.1.1.- Motor	48
4.1.1.1.- Determinación de la potencia mecánica del motor (P_m)	48
4.1.1.2.- Determinación del par del motor y de la carga	51
4.1.2.- Cables de acero de tracción	56
4.1.2.1.- Elección del tipo y diámetro d del cable de acero (CDA)	56
4.1.2.2.- Cálculo de la tensión máxima del CDA	57
4.1.2.3.- Cálculo del número de CDA	57
4.1.2.4.- Cálculo del coeficiente de seguridad (CS)	60
4.1.3.- Poleas	62
4.1.3.1.- Dimensiones de la polea de tracción	62
4.1.3.2.- Cálculo de la óptima adherencia (α) de los CDA	62
4.1.3.3.- Cálculo de las tensiones T_1 , T_2	63
4.1.3.4.- Cálculo del coeficiente de rozamiento (f)	64
4.1.3.5.- Cálculo de la aceleración máxima (a_{max}) en alcanzar V_n	65
4.1.3.6.- Cálculo del coeficiente de aceleración y desaceleración (C1)	67
4.1.3.7.- Cálculo del coeficiente de desgaste de las gargantas de la polea (C2)	67
4.1.3.8.- Cálculo de h para máxima adherencia de los CDA	68
4.1.3.9.- Cálculo de la presión de los CDA sobre la polea	70
4.2.- Control	71
4.2.1.- Característica de la tensión de alimentación trifásica de frecuencia industrial disponible en Venezuela para ascensores	71
4.2.2.- Dimensionamiento de las protecciones	72
4.3.- Fuerza motriz	72
4.3.1.- Elección del Variable frequency Drive (VFD)	74
4.3.2.- Elección del Programmable Logic Controlle (PLC)	75
4.3.3.- Freno dinámico eléctrico reostático	76

CAPITULO V	78
PROPUESTA DE UNA SOLUCION VIABLE TANTO TECNICA COMO ECONOMICA PARA MODERNIZAR UN ASCENSOR	78
5.1.- Motor	78
5.1.1.- Potencia de salida del motor (P) para accionar la carga	81
5.1.2.- Par nominal del motor (Cm)	82
5.1.3.- Par de la carga (Cc)	82
5.2.- Poleas	83
5.3.- CDA	84
5.4.- VFD	85
5.5.- PLC	85
5.6.- Especificaciones técnicas básicas del control propuesto	85
5.7.- Puesta en marcha del equipo, consideraciones sobre el conexionado del tablero, tierra, transitorios.	85
5.8.- Comparación entre WLC y PLC	86
5.9.- Análisis de costo de consumo de energía eléctrica ascensor convencional	87
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	94
BIBLIOGRAFIA	97
ANEXOS	99

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 2.1.- Diferencia entre elevador y ascensor	7
Tabla N° 2.2.- Clase de relés térmicos	16
Tabla N° 3.1.- Fallas típicas en un ascensor	28
Tabla N° 3.2.- motores de dos velocidades datos técnicos	41
Tabla N° 4.1.- Carga mínima de rotura de CDA para ascensor	57
Tabla N° 4.2.- Condiciones de la carga	58
Tabla N° 4.3.- Espectro de trabajo, tiempo medio de funcionamiento de la carga	59
Tabla N° 4.4.- Tabla de valores del coeficiente mínimo de utilización Z_p	59
Tabla N° 4.5.- Factor empírico de carga mínima de rotura de CDA	60
Tabla N° 4.6.- Coeficientes de seguridad de CDA para ascensores en función de la velocidad	61
Tabla N° 4.7.- Valores de C_1 , C_2	68
Tabla N° 4.8.- Presión de los CDA en función de la velocidad	71
Tabla N° 4.9.- Relaciones matemáticas básicas motores DC y AC	74
Tabla N° 4.10.- Características del edificio y grupo tractor a usar	75
Tabla N° 5.1.- Componentes de un motor DC con fallas típicas, costos	78
Tabla N° 5.2.- Componentes de un reductor con fallas, costos	79

Tabla N° 5.3.- Componentes de un control con fallas, costos	79
Tabla N° 5.4.- Componentes de un motor AC con fallas, costos	80
Tabla N° 5.5.- Características de salida de diferentes motores	82
Tabla N° 5.6.- Comportamiento de la carga en los cuatro cuadrantes	83
Tabla N° 5.7.- Diámetros de la polea existente y nueva	84

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1.- Ascensor mostrando las partes básicas.	8
Figura N° 2.2.- Máquina de ascensor, mostrando las partes básicas.	11
Figura N° 2.3.- Relés	13
Figura N° 2.4.- Tarjeta electrónica.	14
Figura N° 2.5.- Control moderno.	14
Figura N° 2.6.- Fusibles	15
Figura N° 2.7.- Relé térmico Mitsubishi	16
Figura N° 2.8.- Interruptor termomagnético	22
Figura N° 3.1.- Estator, y rotor de un motor asincrónico en mal estado	28
Figura N° 3.2.- Cableado de un Sistema de Control, parte posterior en mal estado	29
Figura N° 3.3.- Sistema de Control DC, donde se muestra un amplificador magnético selector mecánico, generador, y motor DC	29
Figura N° 3.4.- Sistema de Control híbrido	30
Figura N° 3.5.- Sistema de Control y máquina	30
Figura N° 3.6.- Regulador de velocidad, y resortes en mal estado	30
Figura N° 3.7.- Accionamiento Ward Leonard	34
Figura N° 3.8.- Motor DC	38
Figura N° 3.9.- Diagrama de bloques, accionamiento simple AC	38
Figura N° 3.10.- Corona recta y sinfín de un reductor, con salida a 90° (ortogonal)	39

Figura N° 3.11.- Corona helicoidal de un reductor, con salida a 180°	39
Figura N° 3.12.- Motores jaula de ardilla de dos velocidades	40
Figura N° 3.13.- Motor asincrónico con rotor bobinado	42
Figura N°3.14.- Arranque de un motor de rotor bobinado con reóstato de arranque	43
Figura N° 3.15.- Freno tipo I	44
Figura N° 3.16.- Freno tipo II	44
Figura N°3.17.- Freno tipo III	44
Figura N° 4.1.- Sistema de tracción de un ascensor, mostrando sus componentes	48
Figura N°4.2.- Vista de frente y de perfil en perspectiva del sistema de tracción	54
Figura N° 4.3.- Casos extremos de máximo deslizamiento	63
Figura N° 4.4.- Perfiles de canales de poleas de ascensores	65
Figura N° 4.5.- Disposición de la polea de tracción, y de desvío	69
Figura N°4.6.- Resistencia de frenado de el variador de frecuencia	76
Figura N°4.7.- Resistencia de frenado para un ascensor.	77

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica N° 2.1.- Curva de disparo TC de un fusible.	15
Gráfica N° 2.2.- Curvas de disparo de un relé térmico	16
Gráfica N° 2.3.- Curvas de disparo de un interruptor termomagnético weg	22
Gráfica N° 3.1.- Par del motor vs velocidad angular operando en el primer cuadrante	36
Gráfica N° 3.2.- Control del motor DC en los cuadro cuadrantes	37
Gráfica N° 3.3.- Velocidad vs tiempo de un motor asincrónico de dos velocidades	41
Gráfica N° 4.1.- Clasificación NEMA de motores de inducción	49
Gráfica N° 4.2.- Motor de ascensor funcionando en los cuatro cuadrantes	53
Gráfica N° 4.3.- Aceleración en dos paradas contiguas	66
Gráfica N° 4.4.- Máxima aceleración en dos paradas contiguas	66
Gráfica N° 4.5.- Característica Par - velocidad de un motor asincrónico	74

SIGLAS

ANSI: “American National Standards Institute.”

ASME: “American Society of Mechanical Engineers.”

CADAFE: Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico

CEN: Código Eléctrico Nacional.

CEI: “Confédération Européenne de l'Immobilier.”

CENELEC: Comité Europeo de Normalización electrotécnica.

COVENIN: Consejo venezolano de Normas Industriales

DIN: “Deutsches Institut für Normung.”

FACARA: Federación de asociaciones y Cámaras de ascensores de la República Argentina.

FONDONORMA: Fondo para la normalización y certificación de calidad.

IEC: “International Electrotechnical comisión.”

NEMA: “National Electrical Manufacturers Association.”

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

VDE: Verband Deutscher Elektrotechniker

INDICE DE PLANOS

Plano N° 5.1.11.1.- Leyenda.	123
Plano N° 5.1.11.2.- Control CEA36, variador	124
Plano N° 5.1.11.3.- Fuerza motriz	125
Plano N° 5.1.11.4.- Disposición de inductores en el pozo	126
Plano N° 5.1.11.5.- Circuito de seguridad	127
Plano N° 5.1.11.6.- Esquema de llamadas de piso y cabina	128

SIMBOLOGIA

a	Aceleración de la cabina	m/s ²
AC	Corriente alterna	
AV	Alta velocidad	
BV	Baja velocidad	
C _c	Par de la carga	Nm
C _{max}	Par máximo	Nm
C _N	Par nominal del motor	Nm
C _s	Coeficiente de seguridad	
CDA	Cable de acero	
DC	Corriente directa	
d _c	Diámetro del cable rígido	mm
d _{cda}	Diámetro del cable de acero	mm
D _p	Diámetro de la polea de tracción	mm
f	Frecuencia	Hz
g	Gravedad (9,81)	m/s ²
H	Altura del edificio	m
I _N	Intensidad nominal del motor	A
J _c	Momento de inercia de la carga	Kgr.m ²
J _m	Momento de inercia del motor	Kgr.m ²

L	inductancia	H
M_{cab}	Masa de la cabina	Kg
M_{cp}	Masa del contrapeso	Kg
M_{car}	Masa de la carga	Kg
M	Masa de desequilibrio	Kg
MO	Mano de obra	
n	Velocidad del motor	RPM
n_p	Velocidad angular de la polea	RPM
n_r	Velocidad angular de el rotor	RPM
η	Eficiencia	
p	Número de de polos	
pp	Número de pares de polos	
P_e	Potencia eléctrica	W
P_m	Potencia mecánica	Hp
PLC	Program Logic Controller (Programación Lógica Controlada)	
S	deslizamiento	
T	Trabajo	Nm
t_a	Tiempo de arranque del motor	s
T_i	Tiempo de disparo de la protección térmica	s
v	Velocidad del ascensor	m/s

Wb	Flujo magnético	10 ⁸ líneas
WLC	Wired Logic Controller (Controlador de Lógica Cableada)	
ω_p	Velocidad angular de la polea de tracción	Rad/s
ω_r	Velocidad del rotor	Rad/s
ω_s	Velocidad sincrónica	Rad/s
τ	Relación efectiva del reductor (n_p/n_r)	

INTRODUCCIÓN

En estos últimos veinte años, la demanda de servicios de elevadores ha crecido notablemente, principalmente en países en vías de desarrollo. En el caso específico de Venezuela ésta demanda no estuvo acompañada de una expansión y tecnificación adecuada de las empresas que prestan los servicios, con carencia de apoyo técnico, y sin eficiente personal calificado para ejecutar operaciones de servicio y mantenimiento.

En Venezuela no existe una política adecuada a nivel de gobierno para implementar planes de estudio a nivel técnico y superior en materia de automatismos, creándose así una brecha indeseable entre la universidad y las compañías que se dedican a montaje y mantenimiento de ascensores. La renovación de equipos é instalaciones de los sistemas de elevación (retrofitting) solo es ejecutada por las grandes empresas transnacionales, mientras que un gran porcentaje de las empresas no lideres en el mercado, adolecen de todo tipo de información siendo en muchos casos el sentido común lo que los guía.

El propósito fundamental de la existencia de un ascensor en un edificio es prestar un servicio continuo a los usuarios, transportándolos a los diferentes pisos. Esta tarea debe realizarse de la manera más económica posible, y con un nivel aceptable de confiabilidad.

Los usuarios esperan que el ascensor esté siempre disponible, en la práctica esto no es posible, el servicio continuo no siempre es alcanzable debido en parte a los mismos usuarios, y a la compañía que presta el servicio.

Un nivel aceptable de funcionamiento en ascensores implica prestar calidad, y seguridad en el servicio.

.Ante esta realidad, Industria de Ascensores Indas 111 C.A se ha dado a la tarea de investigar, materializar, y documentar lo concerniente a la modernización de un

sistema de elevación, en lo que respecta al sistema de tracción y control. Se planteó, entre otras acciones, identificar las variables que describen la calidad del servicio prestado por las empresas transnacionales, y nacionales. Este trabajo pretende realizar tal identificación, y para ello se procura brindar ciertos lineamientos básicos y consideraciones elementales que se deben de seguir en materia de modernización de elevadores, por lo que se desarrollaran cinco capítulos que serán abordados como sigue:

- **Capítulo I:** Se presenta la justificación para la realización de este trabajo y se indican los objetivos. Además, se señalan las limitaciones que se presentaron durante su desarrollo.
- **Capítulo II:** Este capítulo brinda un sustento teórico a los temas abordados a lo largo del trabajo; además, describe a groso modo los diferentes componentes que conforman un ascensor, como parte del alcance contemplado en el anteproyecto.
- **Capítulo III:** Se diagnostica el estado de funcionamiento de ascensores convencionales tomando como referencia ascensores que presentan un deterioro típico, se corrobora este deterioro con algunas imágenes, se verifica si los equipos cumplen con las normas Covenin y normas internacionales se analiza los elementos principales de la sala de máquina, pozo y pasillos susceptibles de modernizarse.
- **Capítulo IV:** Se realiza el estudio de modernización, presentando el desarrollo que corresponde a un estudio de algunos ascensores, en lo que respecta al Sistema de Fuerza Motriz, y maniobra, levantamiento de plano en algunos casos con el objeto de determinar las diferentes fallas, circuitos de entrada, o elementos involucrados que tienen que ver con el Sistema de Control y fuerza motriz, circuitos de salida a los actuadores.
- **Capítulo V:** Derivado de la información recopilada en el capítulo precedente, se presenta la modernización de un ascensor y se inicia el estudio determinando e implementando las entradas y salidas, tanto principales como

auxiliares, basándose en informaciones de ascensores Fiam, Falconi, Saizer, HS Kone , para luego proponer la configuración a través de un PLC CEA36 , y un variador de frecuencia.

Por último, se presentan las conclusiones a las que se llegaron y las recomendaciones que complementan el trabajo realizado.

CAPÍTULO I

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Venezuela un 70 % del parque de ascensores ha sido instalado por las grandes compañías transnacionales tales como Otis, Schindler, Tayson Grup, HS Kone, Sabiem. Saizer, Falconi, Fiam, Atlas, Fugitec y un 30 % corresponde a empresas no líderes, las cuales no cuentan con personal calificado para ejecutar los correctivos correspondientes a la ocurrencia de fallas en los ascensores y además, no existe en estas Compañías una política adecuada de mantenimiento de equipos.

Debido al alto costo que implica un servicio prestado por las compañías líderes en el mercado, un gran porcentaje de edificios optan por rescindir los contratos y cederlos a compañías cuyos costos de mantenimiento y servicio están muy por debajo, pero en la mayoría de los casos estas empresas no cuentan con personal técnico calificado, como tampoco con un stock de repuestos, lo cual hace que en muchas ocasiones no se logre satisfacer al cliente.

Frente a este escenario, La compañía Indas decide realizar un estudio pormenorizado sobre el mismo, el cual consiste en documentar aspectos generales que conciernen a las diferentes fallas de los equipos, y plantear propuestas de modernización de los ascensores pero teniendo presente siempre la minimización de costos y la fiabilidad de los quipos en lo que respecta a su funcionamiento.

1.2.- OBJETIVO GENERAL

Modernización de un Sistema de Elevación de uso Residencial, para optimizar su funcionamiento y minimizando el uso de complementos de fuerza motriz y control.

1.3.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado de funcionamiento actual del Sistema de Elevación.
- Verificar si el equipo en general cumple con las normas establecidas por COVENIN
- Analizar cada uno de los componentes del Sistema de Elevación, con el objeto de establecer prioridades en la modernización de los equipos
- Realizar el estudio de Modernización que incluye el proyecto de modificación, instalación o cambio de componentes electromecánicos y/o electrónicos.
- Determinar una solución viable tanto técnica como económica para los subsistemas de Potencia y Control, basados en tecnologías electrónicas disponibles en el mercado nacional.
- Documentar la memoria descriptiva y los planos de las etapas de Control y Fuerza motriz para la implementación de la solución propuesta.

1.4.- ANTECEDENTES

Siendo la modernización de ascensores que incluye el RCM,(Reliability-centered maintenance), decisión impuesta por las compañías de ascensores lo que se plantea hoy en día, y no existiendo una documentación con propuestas puntuales La compañía considera significativo este estudio, ya que a largo plazo se conseguirá entre otros la adecuación de los equipos a normas vigentes y la necesaria modernización que si bien es cierto actualmente es una decisión impuesta por los propietarios pero que a corto plazo debido al desabastecimiento de energía eléctrica pudiera el gobierno exigir que los edificios consumidores de energía eléctrica modernicen sus ascensores.

1.5.- LIMITACIONES

Las limitaciones para la realización de este trabajo se centraron esencialmente en tres aspectos:

- La dificultad para la obtención de la información de gestión operativa solicitada a las empresas de ascensores. En algunos casos por la reticencia a brindar tal información.
- La no disposición de documentación adecuada que respalde tal gestión.
- El aspecto económico que afecta a las comunidades de bajos recursos.

Ante este escenario, se procedió a trabajar realizando el levantamiento de plano en el mismo lugar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.- Introducción

Con el fin de brindar un contexto que sirva como referencia al trabajo desarrollado en los capítulos posteriores, a continuación se realizan algunas consideraciones teóricas. El Sistema de Elevación a modernizar, objeto de estudio, es un ascensor eléctrico, para diferenciar de los ascensores hidráulicos u oleodinámicos, la Tabla 2.1 muestra la diferencia básica entre elevador y ascensor

Objeto	Elevador	Ascensor
Legislación	Directiva de máquinas 95/16	Normativa UNE-EN 81-2
Velocidad	0,15 m/s	0,63 m/s - 1 m/s
Pulsador	Constante	Botón y registro llamadas
Teléfono rescate	Opcional	Obligatorio
Puertas de cabina	Opcional	Obligatorio
Mantenimiento	1 vez cada 3 meses	1 vez al mes

Tabla 2.1. Diferencia entre elevador y ascensor según la Norma UNE-EN 81-2 [1].

La diferencia estriba en el mantenimiento y la rapidez de desplazamiento, adicional a esto un elevador no tiene sistema de tracción, usando en reemplazo un tambor, tampoco usa contrapeso, el Sistema de Seguridad de un elevador es limitado y normalmente el elevador se diseña para transportar materiales generalmente pesados. El ascensor, es un aparato elevador instalado para operar permanentemente, que sirve *niveles* definidos, que utiliza una cabina, en la que las dimensiones y constitución permiten evidentemente el acceso de personas, desplazándose al menos parcialmente a lo largo de guías verticales o cuya inclinación sobre la vertical es menor de 15° [2]. La modernización de un equipo implica la actualización pasando previa y necesariamente por adecuar un equipo.

Adecuar un equipo implica modificar una instalación de cierta antigüedad, agregando o reemplazando partes, para mejorar su condición de seguridad, ajustándolo en la medida que la instalación lo permita, a normativas actuales. En este trabajo no vamos a desarrollar adecuaciones, solo citaremos algunas que consideramos importantes y necesarias para proseguir con una modernización.

La modernización es un proceso de actualización tecnológica para aumentar no solo la seguridad si no también las prestaciones y es decidido por los propietarios [3]. La figura 2.1 muestra la configuración básica de un ascensor convencional

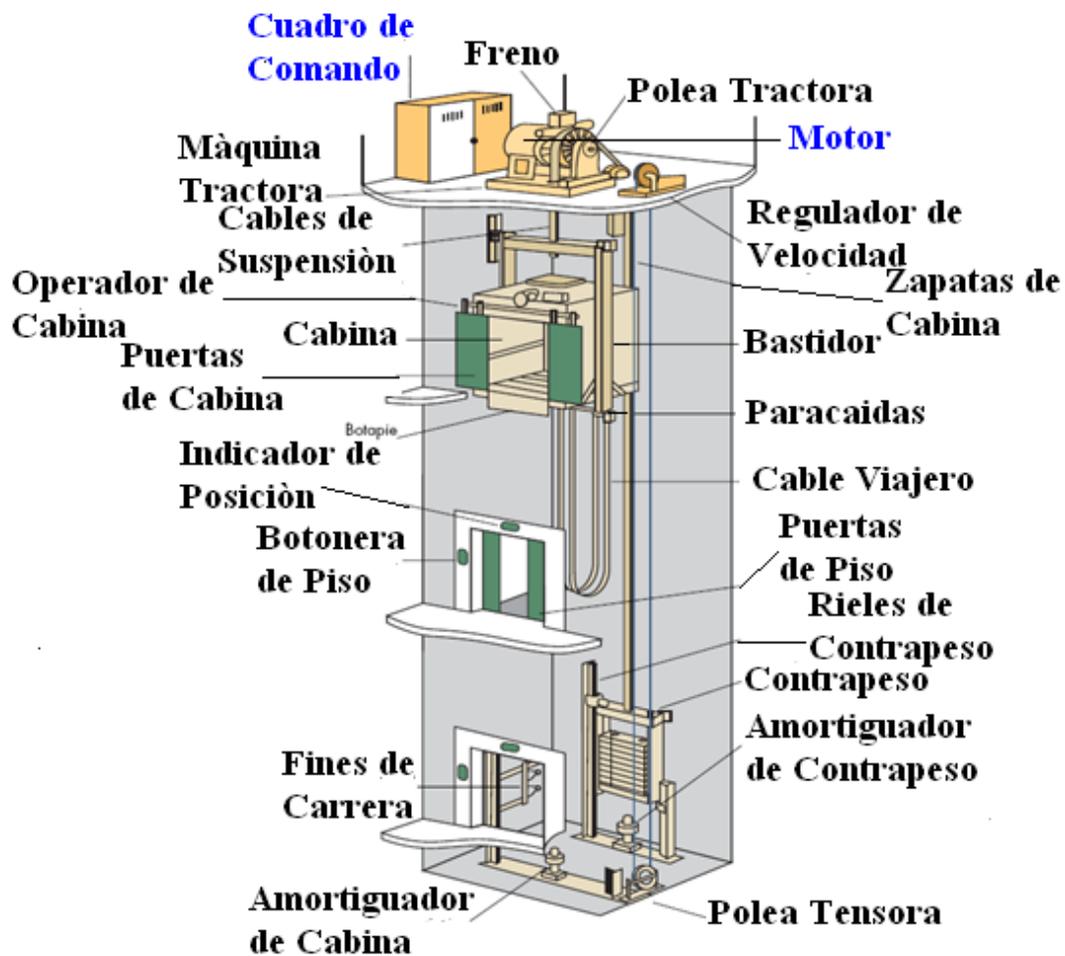


Figura 2.1. Ascensor, mostrando las partes básicas [4].

2.2.- Descripción de los componentes básicos de un ascensor convencional [2] y un ascensor moderno.

2.2.1.- Sala de máquinas [5].

Lugar donde se encuentra el grupo de tracción el control del ascensor, parte de los sistemas de seguridad del sistema en general y de las personas. Normalmente se ubica en la azotea del edificio, pudiendo ubicarse en el sótano.

En el caso de un ascensor de última generación la sala de máquinas se ubica sobre los rieles de la cabina y el control en un lado del último piso.

2.2.1.1.- Sistema electromecánico

Está constituido por el grupo de tracción y es el encargado de producir el movimiento y la parada del ascensor, consta de la máquina propiamente dicha (reductor), el motor eléctrico, el freno, la polea de tracción, polea de desvío y el volante.

a.- Máquina. Sistema reductor encargado de disminuir la velocidad del motor, compuesto básicamente por una corona y un sinfín, que dependiendo del giro del eje de salida (90° o 180°), la corona puede ser recta o helicoidal respectivamente.

b.- Motor eléctrico. Diseñado con características especiales para generar una alto par de arranque y soportar temperaturas mayores de 150° , el motor puede ser DC excitación independiente accionado por un generador o AC generalmente asíncrono de rotor jaula de ardilla o de anillos deslizantes, de una o de dos velocidades.

Los motores modernos se denominan **inverter duty motor**, son motores con características especiales en lo que respecta a su construcción.

c.- Freno electromecánico (freno de fricción.) Dispositivo electromagnético diseñado para actuar automáticamente en el caso de ausencia de la energía eléctrica (parada del ascensor).o en el caso de ausencia de tensión en los circuitos de maniobra (falla del ascensor).

La Norma EN 81 y la Norma Covenin 621-1:2002; 12.3.2 establecen que todo tipo de ascensor DC, o AC debe llevar un freno electromecánico, capaz por sí solo de detener la máquina cuando la cabina marcha a 125% de su velocidad nominal.

Desde el punto de vista mecánico los frenos son elementos de la máquina que absorben energía cinética o potencial disipándose en forma de calor, en el proceso de detener una pieza que se mueve.

Los elementos básicos de un freno electromecánico son:

- **Bobina.** Encargado de generar el campo magnético, cuando circula una corriente DC o AC.
- **Bandas de freno.** Dispositivo encargado de bloquear o desbloquear el tambor de la máquina.
- **Mecanismo de ajuste.** Conformado básicamente por resortes y núcleo de la bobina, encargados de ceder o quitar fuerza al mecanismo de freno.

d.- Freno eléctrico

Característica de los motores DC y AC, cuyo control se realiza mediante un Sistema Ward Leonard y un variador de velocidad respectivamente.

2.2.1.2.- Sistema de tracción

Se denomina así a la disposición adecuada de componentes de tracción a fin de obtener una óptima adherencia de los cables de acero a la polea de tracción, que suspenden la cabina y el contrapeso.

Está compuesto entre otros por elementos como:

a.- Polea de tracción Componente básico de los ascensores eléctricos convencionales, se utilizó por vez primera el año 1903 , sustituyendo a los ascensores con tambor cuyas prestaciones de desplazamiento y velocidad estaba limitado por el tamaño del tambor, la polea de tracción considerado hoy en día como un sistema ideal para ascensores de grandes recorridos y altas velocidades.[2] [6].

La polea de tracción está formado por ranuras, diseñado convenientemente para evitar el deslizamiento de los cables de acero, arrastra estos cables que sujetan la cabina y el contrapeso impulsada por una máquina de accionamiento.

b.- Polea de desvío La función específica de este componente es ubicar los cables de acero de tal modo que no haya deslizamiento, ni presión de los cables de acero sobre la polea de desvío algunas veces se necesitan dos poleas para lograr este objetivo.

c.- **Volante de nivelación (volante de inercia)** [2]. Entre otros la función del volante es el uso en operaciones de mantenimiento, ajuste de la máquina y de limitar la aceleración máxima durante la fase de arranque del motor, de ese modo suaviza las paradas en motores AC de una velocidad y dos velocidades. Su uso ha ido decreciendo con la aparición de los motores inverter duty (motores con características especiales) cuyo control de velocidad se realiza a través de un variador de velocidad), la fig. 2.2 muestra la configuración básica del sistema de tracción, motor, máquina, polea de tracción polea de desvío y volante de inercia

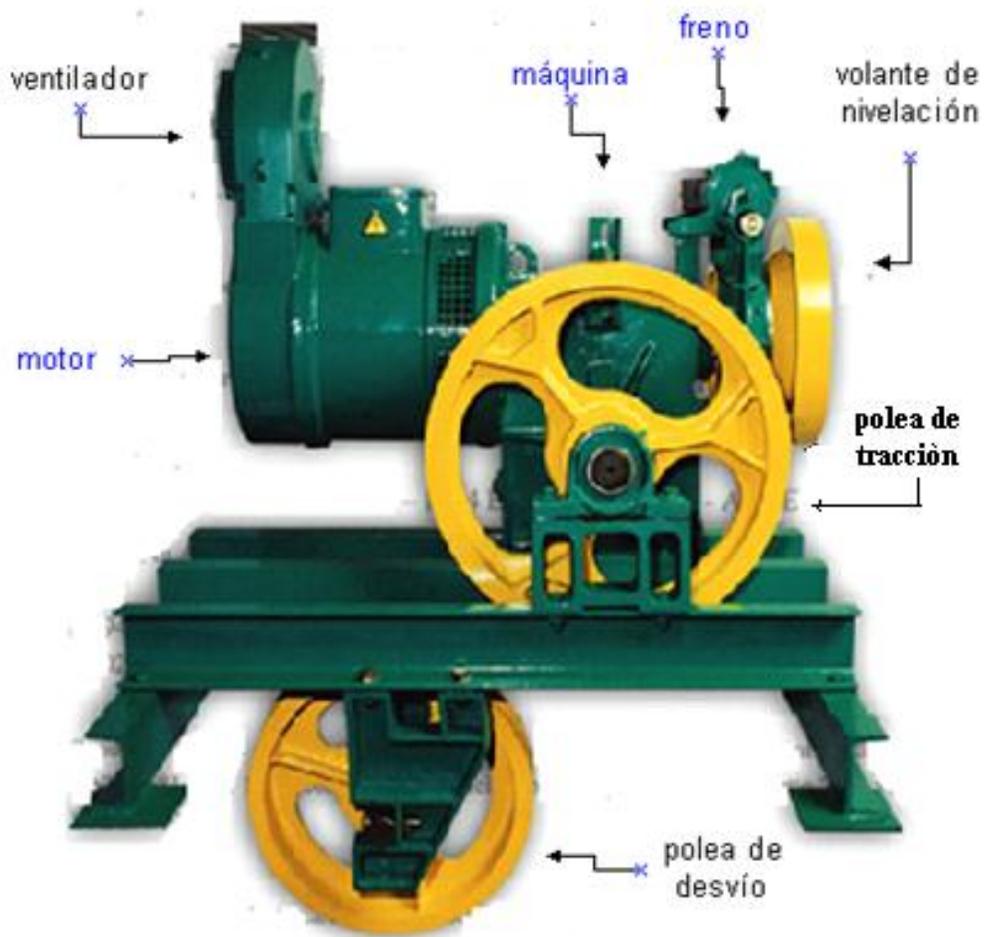


Figura 2.2.- máquina de un ascensor, mostrando las partes básicas [7].

. 2.2.1.3.- Sistema eléctrico de fuerza motriz, control y protección

a.- Fuerza motriz y Control

Constituido por contactores, relés, PLC y variador de frecuencia.

a1.- Contactor

Aparato mecánico de conexión y desconexión eléctrica, accionado por cualquier forma de energía, menos manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, incluso las de sobrecarga, que alimentan el motor de tracción tanto de alta como de baja velocidad.[10].

En el caso de un control convencional se necesita como mínimo 4 contactores, capaces de soportar las altas corrientes de arranque, mientras que en un ascensor moderno solo se necesita uno, con menos capacidad, ya que las corrientes de arranque son bajas.

En ascensores se utiliza para alimentar el motor de tracción tanto de alta como de baja velocidad.

El contactor tiene una sola posición de reposo, de mando no manual, capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito, comprendidas en ellas las de sobrecarga en servicio. No soporta corrientes de cortocircuito IEC 947-4. Los contactores utilizados en ascensores según la norma IEC 158-1 deben ser categoría AC3 donde los contactos principales soportan 5 y 7 veces la corriente nominal y estas corrientes de arranque corresponden a motores jaula de ardilla.

a2.- Variador de frecuencia [11].

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés Variable Frequency Drive) o bien AFD Adjustable Frequency Drive. controla efectivamente la velocidad y el Par del motor, controla la aceleración y la desaceleración consiguiendo de este modo una perfecta nivelación del ascensor en los pisos. El sistema consiste en un rectificador unidireccional de entrada y un inversor reversible de salida que genera alimentación trifásica al motor.

Incluye mayoritariamente un chopper o interruptor para control de la energía regenerada por el ascensor. La energía regenerada excedente es derivada por el

chopper desde el inversor a una resistencia externa de disipación. La tecnología más utilizada es el control Vectorial a Lazo Abierto para ascensores hasta 90 m/min y el control Vectorial a Lazo Cerrado para velocidades mayores (Los valores mencionados son indicativos pues dependerán también del peso de la carga transportada). El dispositivo de retroalimentación de velocidad al variador en lazo cerrado es normalmente un encoder incremental, con un número de pulsos por revolución inversamente proporcional a la velocidad nominal del motor.

a3.- Relés. [12].

Dispositivo diseñado para producir cambios predeterminados y repentinos en uno o más circuitos eléctricos de salida cuando se cumplen con ciertas condiciones en los circuitos eléctricos de entrada que controlan el dispositivo. Caracterizado por manejar bajas corrientes, dependiendo del número de paradas, un ascensor convencional lleva como mínimo 4 relés de 14 pines por parada, mientras que un ascensor moderno no lleva ningún relé por parada.

Los controles modernos, solo incorporan en su diseño un solo contactor, una tarjeta integrada (PLC) y un número limitado de relés en unos casos y en otros, casi ninguno, además se utiliza un variador de frecuencia para el control de la velocidad.

Las características básicas de los relés especialmente para sistemas de ascensores, son el alto rendimiento de conmutación, la figura 2.3 muestra algunos tipos de relés



H-462/464/466



H-468/469



H-472/473

Figura 2.3 Relés [13].

En los controles modernos, dado el tamaño y el tiempo de conmutación de sus contactos, los relés convencionales han sido sustituidos por los SSR (solid state relays) o relés de estado sólido.

a4.- Tarjeta electrónica para control de ascensor moderno.

Es un circuito impreso, unido eléctricamente al resto de la instalación mediante conectores en unos casos y en otros ajustados por tornillos. Hasta el año 70, el sistema de mando funcionaba con relés, tríodos luego se sustituyen por transistores y finalmente por microprocesadores.

La tarjeta electrónica, característica de un control moderno, en el caso específico de un ascensor, es un PLC de propósito específico o general.

El PLC que se incorpora en un ascensor básicamente reemplaza las funciones del selector, normalmente posee entradas y salidas analógicas así como digitales. La siguiente figura muestra los controles modernos de ascensor [14].

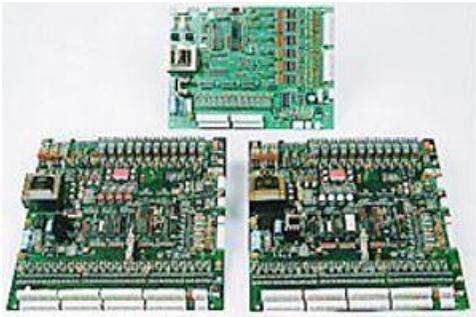


Figura.- 2.4 Tarjeta electrónica [14].



Figura. 2.5 Control moderno [15].

b.- Protecciones

Constituido por dos Sistemas:

Sistema de Protección del usuario, conformado por un lado por dispositivos que controlan la velocidad y el normal funcionamiento del ascensor, (limitadores de velocidad, fines de recorrido.) y por otro constituido básicamente por una debida puesta a tierra (PAT) del sistema en general. Un ascensor moderno debido al uso de componentes electrónicos amerita un tratamiento especial en lo que respecta a la PAT

Sistema de Protección de los diferentes dispositivos que conforman el ascensor tales como motor, cableado principal y protección de las diferentes etapas de control del ascensor. Para cumplir con este requisito es necesario realizar la debida coordinación

de los diferentes elementos de protección tales como interruptores termomagnéticos, relés térmicos, salvamotor y fusibles.

b1.- Fusibles. [16]

Dispositivo de protección de los circuitos eléctricos y se basan en la fusión por efecto de Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil.

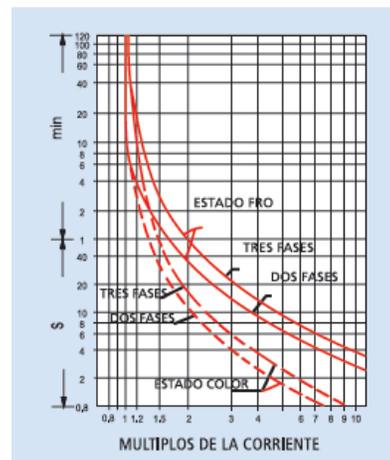
Existen dos tipos de fusibles:

gI (fusible de empleo general) que se utilizan en la protección de líneas, estando diseñada su curva de fusión "intensidad-tiempo" para una respuesta lenta en las sobrecargas y rápida frente a los cortocircuitos.

aM (fusible de acompañamiento de Motor) especialmente diseñados para la protección de motores, tienen una respuesta extremadamente lenta frente a las sobrecargas, y rápida frente a los cortocircuitos. Las intensidades de hasta diez veces la nominal ($10 I_n$) deben ser desconectadas por los aparatos de protección propios del motor, mientras que las intensidades superiores deberán ser interrumpidas por los fusibles aM. La intensidad nominal de un fusible, así como su poder de corte, son las dos características que definen a un fusible, la figura 2.6 muestra un fusible gI, con su correspondiente grafica.



Figura 2.6 Fusible
NH 00 160 A [17]



Grafica. 2.1.- Curvas de disparo TC
de un fusible [17]

b2.- Relés térmicos, [18] [19]

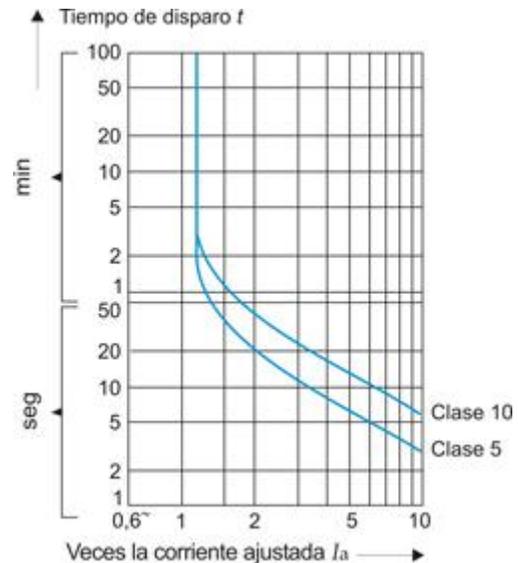
Elemento de protección contra sobrecargas que opera con retardo dependiendo de la corriente según una característica inversa corriente vs tiempo (mayor corriente de falla, menor tiempo de apertura). Instalados para proteger los devanados de alta y baja velocidad del motor, la tabla 2.2 muestra la clasificación de los relés térmicos y la figura 2.7 muestra un relé térmico, con su respectiva curva de disparo

Clase	1,2I _r	1,5I _r	1,2I _r
10A	t < 2h	t < 2m	2 < 20t < 10 s
10	t < 2h	t < 4m	4 < 20t < 10 s
20	t < 2h	t < 8m	6 < 20t < 20 s
30	t < 2h	t < 12m	9 < 20t < 30 s

Tabla 2.2. Tabla corriente vs tiempo inverso [16]



Figura 2.7 Relé térmico Mitsubishi [18].



Grafica 2.2 Curvas de disparo de un relé térmico [19].

b3.- Salva motor (termistor)

Dispositivo que actúa por temperatura; se instala en el devanado del motor, ventilador o en la carcasa de ambos, su función es proteger el devanado estático cuando se produce una temperatura excesiva por fallas en el funcionamiento del motor (mal acople de las tapas del motor, alza de corriente permanente debido a rozamiento entre estator y rotor, conexiones flojas en el circuito de fuerza motriz del motor)

2.2.1.4.- Sistema mecánico de seguridad.

Dentro del conjunto de elementos que componen la instalación de un ascensor, hay algunos elementos del sistema de seguridad que están destinados a actuar sólo en casos de emergencia, es decir, cuando otros componentes de acción permanente e imprescindibles para el uso, por alguna razón fallan y ponen en peligro al equipo y a los usuarios.

Este conjunto de elementos está formado por: el limitador de velocidad ubicado en la sala de máquinas y el paracaídas que se encuentra en el foso y sobre la cabina.

Polea limitadora y regulador de velocidad. [2]

Este dispositivo, junto con el paracaídas (que se encuentra sobre la cabina) solo actúa cuando exista un exceso de velocidad, el principio de funcionamiento y ejecución del mismo fue presentado por vez primera el año 1853 por Elisha G Otis y consistía en un dispositivo que evitaba la caída de la cabina luego de romperse los amarres. Existen dos tipos de regulador de velocidad. Oscilante y centrífugo.

- Oscilante: Se trata de un gatillo oscilante, que actúa cuando se engatilla.
- Centrífugo: En este sistema un resorte se contrae como consecuencia del aumento de la fuerza centrífuga. En ambos sistemas, al actuar impiden la continuación del movimiento, consecuencia de esto debe actuar el paracaídas y el corte total de la energía.

2.2.2.- Pozo

Espacio donde se alojan los rieles de la cabina, contrapeso, cabina, cables de acero, cables rígidos, cables de compensación, cables viajeros. Sensores, finales de carrera y amortiguador, las dimensiones del pozo así como su estado responden a normativas nacionales Covenin, e internacionales EN 81-1

2.2.2.1.- Componentes básicos mecánicos [2]

a.- Cables de acero. [2]

Se denomina cable de acero, al cuerpo resistente formado por varios cordones torcidos en forma helicoidal alrededor de un eje material llamado alma. Todo cable de acero debe responder a características bien definidas que dependerán en cada caso del uso al que será destinado. Las características fundamentales que determinan la elección del cable son:

Resistencia a la tracción del mismo 125 y 190 Kg/*mm*²

- La flexibilidad exigida al cable
- La resistencia al desgaste del cable por rozamiento.
- La resistencia del cable a la acción corrosiva del medio ambiente en el que trabaja.

La elección correcta del tipo de cable a instalar va a depender de la velocidad del motor, la altura del edificio, y la capacidad del motor. La Norma EN 81-1 establece 3 como el mínimo número de cables de acero para un ascensor

b.- Cables de Acero de regulador de velocidad.

Cables de acero flexibles cuyo diámetro superior a 6 mm y con un coeficiente de seguridad mínimo de 8 (norma EN 81)

c.- Cadena de compensación.

Cadena empleada para compensar el peso de los cables de tracción. Cuando la cabina sin carga o el contrapeso se encuentran en una posición extrema.

Las normas establecen el uso de cadenas de compensación para edificios cuya altura sean mayores de 50 m.

d.- Cables viajeros

Conductor extra flexible de cobre recocado aislado con PVC especial de 75° de gran flexibilidad y resistencia mecánica.

Construcción por grupos separables mediante hilos de nylon, cubierta de color gris.

Identificados de conductores numerados y conductor de tierra color verde.

Modelos

- TVVB: estándar

- TVVBG: con cable de acero para grandes recorridos.
- TVVBP: estándar con cables blindados.
- TVVBPG: con cable de acero y blindados

e.- Cabina.

Elemento portante del ascensor guiado por cuatro zapatas, formado básicamente por una caja metálica, bastidor y operador de cabina, su función es transporta personas y carga.

f.- Contrapeso. [2]

El contrapeso es la parte más pesada de todos los componentes, guiado por cuatro zapatas, su presencia es importante debido a que equilibra la carga a transportar ayudando de este modo al motor de tracción, y además permite la adherencia entre los cables y la la polea.

g.- Operador de cabina.

Formado por un motor encargado de abrir y cerrar la puerta de cabina y piso, un mecanismo de seguridad de las puertas de cabina y un sistema de control para regular la velocidad del motor.

h.- Patín retráctil.

Dispositivo electromecánico que desbloquea la puerta de piso, ha sido sustituido por pinzas que actúan mecánicamente denominados pantógrafos, que son más confiables que el patín retráctil.

Se usa en ascensores de alta velocidad, pero debido a su bajo costo de mantenimiento y el poco ruido que genera se puede usar en ascensores de baja velocidad.

2.2.2.2.- Componentes básicos de seguridad

Paracaídas.

Dispositivo que conjuntamente con el regulador de velocidad actúa sosteniendo a la cabina cuando los cables de acero se liberan de la base de ajuste y la cabina inicia la caída libre. Existen dos tipos de paracaídas, instantáneo y progresivo, los primeros se utilizan para ascensores menores de 1 m/s y como su nombre lo indica, una vez

accionado detiene la cabina en forma instantánea. El progresivo se utiliza en velocidades mayores de 1 m /s con el objeto de prever las consecuencias que podrían padecer los usuarios con una detención brusca.

2.3.2.3.- Componentes básicos de control

En ascensores convencionales y modernos la señal de control que llega al Sistema de control a relé y al PLC, provienen de la sala de máquinas (motor), foso (cabina) y pasillo (puertas de piso), la detección del estado en general se hace a través de sensores, conmutadores, fines de carrera, inductores, microsuiches y elementos biestables.

a.- Finales de recorrido. Encargado de desconectar la energía cuando el ascensor se pasa de nivel en los extremos, estos dispositivos no son auto recuperables es decir necesitan de una persona para reponerse.

b.- Conmutadores de estado permanente. Encargados de desconectar la energía eléctrica, cuando se detecte una falla en el porta zapatas y en el paracaídas del ascensor

c.- Fococélula

Dispositivo electrónico que cambia de estado (ON.OFF) al interrumpirse un haz de luz, su función es controlar la apertura de la puerta de cabina

d.- Costado móvil

Dispositivo electromecánico encargado de abrir la puerta ante la presencia de un obstáculo cuando la puerta de cabina se está cerrando.

e.- .- Contactos reiter

Son dispositivos encargados de controlar, la posición del ascensor, el estado de las puertas de piso, cabina y sobrepeso, son de dos modalidades auto recuperables y no recuperables

2.2.3.- Pasillo

Denominado a las partes frontales de las puertas de piso, incluyendo los mecanismos de sujeción.

2.2.3.1.- Componentes básicos mecánicos y electromecánicos.

a.- Puertas de piso.

Junto con la puerta de cabina constituye la seguridad de las personas. Por la forma como se controla Existen tres tipos de puertas manuales, semiautomáticas y automáticas y por la forma como abre y cierra son de apertura lateral, apertura central y basculante.

b.- Cabezales

Componente de la puerta de piso, su función es sujetar las puertas de piso, mediante cuatro rulos provistos de rolineras, sirve como corredera y además está dotado de elementos de seguridad de las personas. Dependiendo del peso de las puertas de piso, tipo de corredera uso de los ascensores los rulos pueden ser de hierro, bronce o recubiertos en plástico

2.2.3.2.- Protecciones

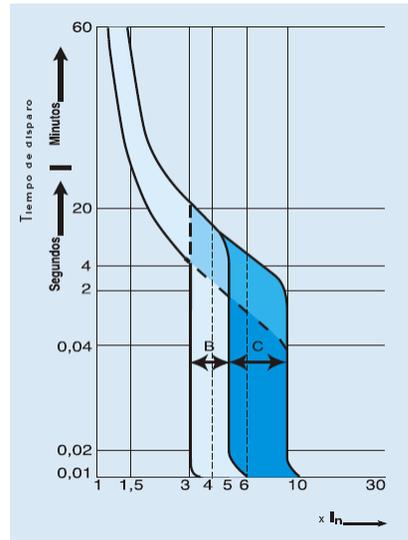
Interruptores termomagnéticos (ITM) [21]

Elemento de maniobra y protección cuya capacidad de ruptura a la tensión de servicio deberá ser igual o mayor a la corriente de cortocircuito en el punto de su utilización. Los (ITM) protegen el Sistema eléctrico de fallas de cortocircuito y sobrecarga, garantizando su funcionamiento normal. Un Sistema de protección de ascensor consta de dos interruptores, uno ubicado en el tablero principal, encargado de proteger los conductores que van desde el tablero principal hasta la sala de máquinas y el otro ubicado en la sala de máquinas encargado de proteger el conductor del motor.

Los interruptores deberán instalarse en serie sala de máquina, (terraza) tablero principal (Pb) La figura 2.8 muestra un interruptor con su respectiva gráfica curvas de disparo B y C respectivamente.



Figura 2.8 Interruptor termo magnético FI Cutler Hammer [21]



Grafica. 2.3 Curvas de disparo de un interruptor Weg. [22]

2.3.- Secuencia de pasos de una Modernización [3]

La modernización debe aplicarse a:

- Ascensores AC que durante muchos años han sido objeto de prácticas de mantenimiento inadecuados ocasionando daños irreparables en la máquina, el Sistema de Control y demás componentes del Sistema en general.
- Ascensores DC que gozan de un mantenimiento adecuado, pero representan un alto costo (alto costo de carbones tanto para el generador como para el motor, reparaciones del generador y motor sumamente costosos y lo más importante que los equipos DC y sus componentes están discontinuados)
- Ascensores AC cuyas máquinas son de rotor bobinado.

La modernización comprende la adecuación como etapa previa y necesaria y se aplica como se menciona a equipos convencionales que se encuentran en mal estado, cuyo mantenimiento tanto técnica como económicamente no es viable.

2.3.1.- Adecuación de ascensores.

La sugerencia, el cambio le corresponde en unos casos a la Empresa que va a ejecutar los trabajos en el ascensor.

Adecuar un ascensor consiste en modificar una instalación de cierta antigüedad, agregando o reemplazando partes para mejorar su condición de seguridad ajustándolo en la medida que la instalación lo permita, a normativas actuales.

Surge de Leyes u ordenanzas impuestas por la autoridad de control.

En ella también se fijan los elementos y los plazos en que estos se deben cumplir.

Componentes típicos a tomar en cuenta:

- Cambio de puertas de cabina y de piso.
- Cambio de elementos de bloqueo de puertas (tijeras, patín retráctil)
- Cambios de fotocélula, costado móvil.
- Reacondicionamiento de paracaídas.
- Adicionar lingotes al contrapeso o a la cabina dependiendo del caso.
- Mecanismo de reapertura de puertas automáticas.
- Cambio de fines de carrera.
- Montaje de pesadores de sobrecarga.
- Instalación de llamada preferencial para uso de bomberos.
- Inspección del sistema de protección, fuerza motriz, detección de fallas, corrección.

2.3.2.- Modernización de ascensores.

Responde a una necesidad y decisión propia del edificio, a la intención de mejorar la calidad y prestaciones, por obsolescencia de componentes, etc.

Modernizar un ascensor es un proceso de actualización tecnológica y/o estética, tendiente a aumentar su eficiencia y seguridad.

Para ello se requiere:

- Incorporar nuevos componentes.
- Sustituir componentes deteriorados.
- Mejoramiento estético de la cabina.

Logrando entre otros:

✚ Beneficios económicos tales como:

- Ahorro de energía eléctrica
- Disminución de la cantidad de reparaciones.
- Aumento del valor del edificio.
- Menor desgaste de componentes mecánicos y eléctricos.
- Uso de repuestos de menor costo ya que los repuestos son normalizados de estándares industriales.

✚ Beneficios en la Seguridad tales como:

- Permite incorporar cerraduras de doble contacto.
- Maniobra de accionamiento en inspección sobre el techo de la cabina.
- Maniobra de rescate en caso de incendio.
- Múltiples y permanentes chequeos de los circuitos de seguridad antes del inicio y durante la marcha.
- Función de control de accesos.
- Monitoreo por computadora de los ascensores.

✚ Beneficios en el Servicio tales como:

- El diagnóstico electrónico facilita las tareas de reparación y mantenimiento reduciendo tiempos fuera de servicio.
- Mayor confort de viaje (programable a gusto del propietario)
- Exactitud en la nivelación.

✚ Beneficios en las prestaciones tales como:

- Optimización de la atención de las llamadas disminuyendo los tiempos de espera y aumentando la capacidad de transporte.
- Flexibilidad en la programación.
- Mayor calidad de vida para personas con capacidades diferentes.
- Diagnóstico de fallas mediante códigos de fácil lectura.
- Mejor señalización.
- Posibilidad de incorporar servicios adicionales, tales como:

Servicio independiente, servicio de evacuación de emergencia por incendio, emergencia por corte de energía eléctrica, maniobra sabática, maniobras especiales a medida de las necesidades del edificio, restricción de acceso, limitando la posibilidad de ingreso de personas no autorizadas a sectores determinados o anulación de paradas en determinados horarios.

Pasos:

- 1.- Inspección general del ascensor (sala de máquina, pozo y pasillo)
- 2.- Clasificar las fallas por orden de importancia, tal como se describe en el capítulo siguiente.
- 3.- Determinar y priorizar la modernización del equipo.
- 4.- El cambio de la máquina, motor, Control no debe bajo ninguna circunstancia en lo que respecta a características eléctricas ser la misma, de ser así dejaría de ser una modernización. La modernización implica tal como se menciona en los diferentes capítulos una serie de ventajas y esto no es posible si cambiamos con elementos de características similares, de allí la necesidad del estudio de los dispositivos, realizado por un especialista.
- 5.- Las pruebas de los elementos cambiados una vez concluido la modernización es de suma importancia así lo establece las reglamentaciones tanto nacionales como internacionales.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DEL SISTEMA DE ELEVACION

Con el objeto de tomar una mejor decisión en materia de modernización de ascensores, se deben de seguir los siguientes pasos: verificación del debido funcionamiento del ascensor, identificación de ascensores en mal estado, diagnóstico de fallas del equipo averiado y por ultimo un análisis de los componentes involucrados en una modernización.

3.1.- Verificación del debido funcionamiento de un ascensor

El funcionamiento de un ascensor involucra a todos los componentes ubicados en sala de máquinas, pozo y pasillo y se rige por la Norma Covenin 621-1:2002 y Norma internacional EN 81-1, UNE 100153IN. Siendo múltiples las fallas en un ascensor, ocasionados por un mantenimiento inadecuado y en otras por negligencia del usuario solo abordaré en este capítulo las fallas más importantes.

Fallas generales importantes y típicas

A continuación se presenta un glosario de definición y estado de piezas observadas en los ascensores de edificios haciendo referencia a las Normas sobre la existencia de estos dispositivos en perfecto estado.

Nro	DEFICIENCIAS IMPORTANTES	NORMA COVENIN	NORMA INTERNACIONA
001	Ruidos en la máquina, base de la maquina en mal estado, desbalance		UNE 100153 IN Sección 3.3.2
002	Maquina con excesivo juego en el sin fin y/o corona	2294-85 Sección 6.1.7	
003	Motor con ruido y vibraciones	ISO 108-16-1	
004	Mecanismo de freno defectuoso	621-1:2002 Sección 12.4.2	
005	Bandas de freno, tambor con aceite		
006	Poleas de tracción y desvío deteriorados	621-1:2002 Sección12.2	

007	Cables de tracción en mal estado	621-1:2002 9.2.2	
008	Excesivo deslizamiento entre los cables y la polea de tracción, disminución de la adherencia.	621-1:2002 Sección 9.3.1	
009	Inexistencia de cadenas de compensación para edificios con velocidades > de 2,5 m/s.		MIE-AEM 1 Sección 9.6
010	El equipo presenta fallas con mucha frecuencia.		
011	El ascensor funciona con puertas abiertas.	621-1:2002 Sección 7.7.2	
012	No hay alarma de emergencia sobre la cabina.		ITC-MIE.AEM 1 8.17.3/8.17.4
013	Ruidos de la cabina en el foso cuando está en funcionamiento el ascensor.	ISO 2631-2 IRAM 4078-2	
014	Ausencia de costado móvil en cabina	621-1:2002 Sección 7.5.1	
015	Chapas guarda pie inexistentes.	621-1:2002 Sección 8.4	
016	Ausencia de costado móvil en cabina	621-1:2002 Sección 7.5.1	
017	Chapas guarda pie inexistentes	621-1:2002 Sección 8.4	
018	Patín retráctil en mal estado		
019	Ausencia de llamada preferencial	2241-90 Sección 4.1	
020	Limitador (regulador) de velocidad	621-1:2002	

	en mal estado	Sección 9.8.1	
021	No hay fotocélula en la cabina.	621-1:2002 Sección 7.5.2.1.3	
022	Limitador (regulador) de velocidad no funciona	621-1:2002 Sección 9.8.1	
023	No funciona el paracaídas de la cabina.	621-1:2002 Sección 9.7.1.1	
024	Contactores en mal estado.		EN-60947-4.1
025	Ausencia de coordinación de protección en los motores.	CEN-2004 Sección 620.62	

Tabla 3.1. Fallas típicas en un ascensor [8].

3.2.- Identificación de ascensores en mal estado

A continuación se muestran imágenes de diferentes piezas, correspondientes a diferentes marcas de ascensores, mostrando en algunos casos piezas en mal estado que corresponden a máquinas de ascensor. El estado en que se encuentra indica el total abandono de los ascensores por falta de mantenimiento.



Figura 3.1. Estator y rotor de un motor asincrónico en mal estado [8].



Figura 3.2. Cableado de un Sistema de Control, parte posterior en mal estado [8].

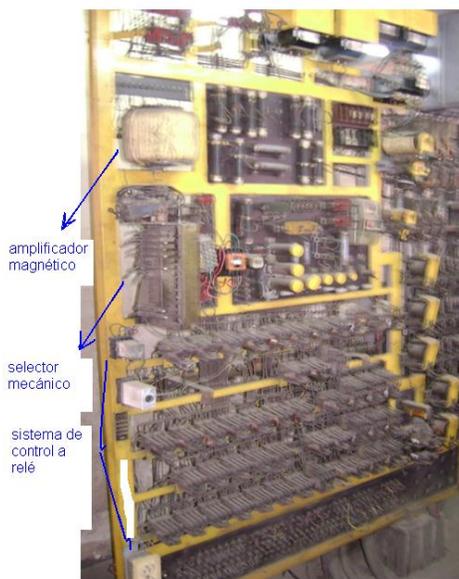


Figura 3.3. Sistema de Control DC, mostrando un amplificador magnético, selector mecánico, generador y motor DC averiados [8].

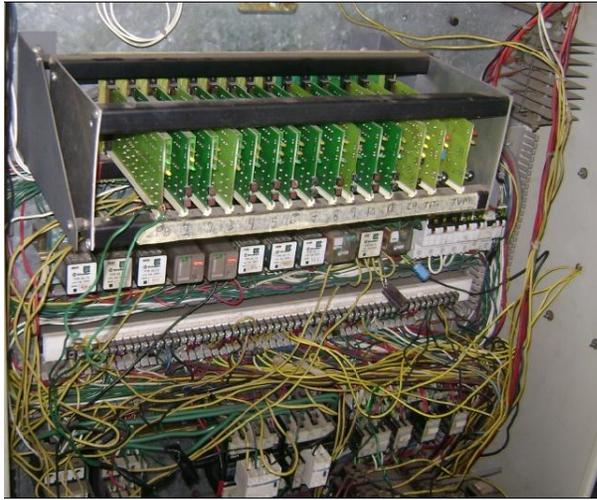


Figura 3.4. Sistema de Control híbrido con fallas [8].



Figura 3.5. Sistema de Control y máquina obsoleto [8].



Figura 3.6. Regulador de velocidad y resortes en mal estado [8].

3.3.- Diagnóstico del estado de funcionamiento actual del sistema de elevación de algunos ascensores convencionales.

Antes de empezar es importante señalar que el diagnóstico realizado, es sobre ascensores convencionales con múltiples fallas y la selección se realizó tomando en cuenta las siguientes premisas:

- Que posea la información necesaria para modernizar el equipo, (máquina, control y dispositivos de seguridad)
- Que la modernización del equipo sea inminente.

A continuación se presenta un diagnóstico general sobre el funcionamiento de los diferentes bloques que conforman un elevador convencional.

3.3.1.- SALA DE MAQUINAS.

Para realizar un diagnóstico en la sala de máquinas debemos de tomar en cuenta cada uno de sus componentes, considerando que un sistema de tracción (ST) es el conjunto de componentes constituidos por bancada, motor eléctrico, máquina, freno, reductor, polea de tracción, polea de desvío y cables de acero de tracción que se describen a continuación.

a.- Bancada. Estructura de hierro o de concreto donde descansa la máquina, la función específica de la bancada es soportar el sistema motriz en la posición en que se garantice la tracción de los cables de acero y aislar al edificio de las vibraciones, logrando de este modo la estabilidad de la máquina.

La aparición de vibraciones y ruido que se transmite al edificio a través de los cables de acero obedece entre otros a fallas en la bancada ocasionadas por el vencimiento disparejo de las gomas de acople máquina, bancada.

b.- Cables de acero. (CDA). El CDA instalado debe garantizar una vida útil para el cual fue diseñado, si el tensado del CDA no es parejo o el tipo de CDA no es el apropiado ocasionará desgastes de ranura de polea en forma desigual y envejecimiento prematuro de los CDA. Si este no se adhiere convenientemente a la polea habrá deslizamiento o presión de los cables sobre la polea.

c.- Polea de tracción (PT). Si el canal de la polea no está diseñado convenientemente o el diámetro de la polea no se ajusta a lo establecido en la Norma Covenin y Norma EN 81.1, tendremos graves problemas de deslizamiento, fatiga y abrasión en el CDA.

d.- Polea de desvío (PD): La polea de desvío gira sobre un eje el cual posee un canal de lubricación, debido a la presencia del polvo los canales se tapan perdiendo la lubricación, funcionando con anomalías la polea de desvío y el CDA, el cual se desliza sobre la polea sufriendo un deterioro o un desalineamiento, un mal montaje de la polea de desvío ocasiona un mal funcionamiento del sistema PT, PD y CDA.

e.- Reductor: En máquinas de ascensores se utiliza el reductor corona-sinfín, diseñados para lograr una alta disipación de calor. Las superficies de apoyo corona sinfín están mecanizados para obtener una perfecta planicidad, reduciendo así el ruido. La falta de mantenimiento (carencia de lubricante) ocasiona el desgaste de la corona y por ende un traqueo o golpe y deslizamiento en las paradas del ascensor.

f.- Motor eléctrico: Las fallas en motores de inducción para ascensores son múltiples clasificándose en fallas de montaje y fallas de mantenimiento

Fallas de montaje

- Motor desalineado.
- Motor desbalanceado.
- Sobredimensionamiento del motor.

Fallas de mantenimiento.

- Carencia de lubricación en los cojinetes
- Conexiones eléctricas flojas
- Sistema de ventilación externa inadecuado.
- Cuando se rebobina y no se usa el aislante adecuado que soporta altas temperaturas (clase F, 155°C, Norma NEMA)

g.- Freno electromagnético: Dispositivo que actúa por fricción constituido por una bobina y dos bandas de fibra que abrazan el tambor que acopla el motor con el reductor. Este componente actúa solamente cuando el motor se desconecta de la red. Los ajustes de presión y el control del núcleo de la bobina se realizan mediante

resortes. Un mal funcionamiento del conjunto se traduce en deslizamientos de la cabina en las paradas, recalentamiento del reductor y el motor.

h.- Controles de maniobra: Los controles de maniobras utilizan lógica cableada, están constituidos por relés electromecánicos; los cuales debido al desgaste de sus componentes mecánicos y a un mantenimiento inadecuado; no cumplen con las necesidades que los ascensores requieren para atender un tráfico intenso. No responden eficientemente a las llamadas, a las maniobras y a la lógica del equipo.

3.3.2.-POZO

a.- Cabina: Una falla en las zapatas de cabina ocasiona una abertura desigual entre el quicio de la cabina (ranura inferior donde se aloja las zapatas de puertas) y el piso obligando a actuar mal los dispositivos de cierre y abrir puerta

b.- Operador de cabina: La falla frecuente en los operadores es el control del motor de puerta de dispositivos que continuamente se desajustan por acción de apertura y cerradura.

3.3.3.- PASILLO

a.- Servicio de bomberos: Un gran porcentaje de ascensores no cuentan con este servicio, contraviniendo la norma Covenin 2241-90, que establece que todo edificio con una altura mayor o igual a 25 m deberá disponer como mínimo de un ascensor con llamada preferencial para uso de bomberos, en otros casos existe pero no cumplen con la normativa Covenin 1018, que hace referencia a la presurización del pozo.

3.4.- Análisis de componentes de un sistema de elevación convencional

Con el objeto de describir el funcionamiento de cada uno de los equipos importantes para su mejor comprensión En este estudio solo abordaremos los dispositivos convencionales correspondientes a sala de máquina, foso y pasillo que técnicamente, pueden ser reemplazados por dispositivos modernos, materia de estudio en el siguiente capítulo, los demás elementos omitiremos debido a su irrelevancia en una modernización.

3.4.1.- Sistema Electromecánico.

⚡ Accionamiento DC

El Sistema utilizado en ascensores para controlar la velocidad actualmente obsoleto es el Sistema Ward Leonard. Este accionamiento está constituido por varias máquinas, un grupo convertidor AC/DC, compuesto por un motor asincrónico, y de un generador de corriente continua de excitación independiente, un motor DC de excitación independiente y una excitatriz para alimentar los circuitos de excitación, la figura 3.7 muestra un diagrama de este accionamiento

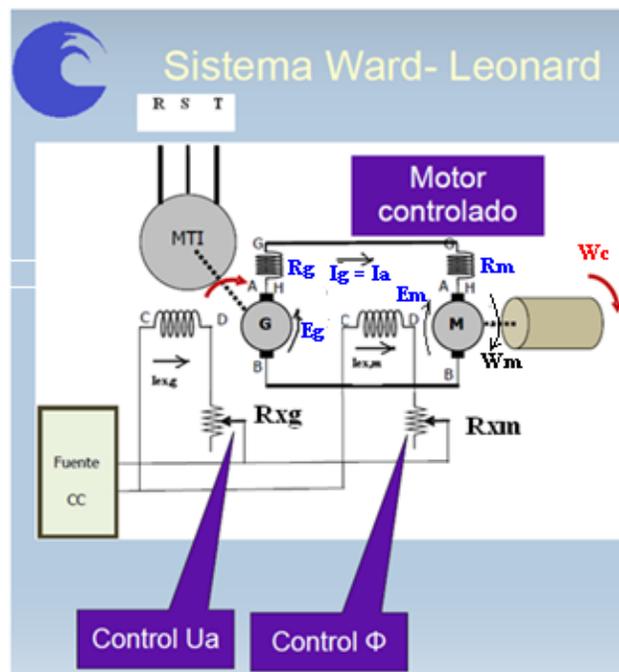


Figura 3.7. Accionamiento Ward Leonard [23].

Es de vital importancia el estudio del control de velocidad del motor DC, por que servirá como base para estudiar el control de velocidad del motor de inducción.

Las expresiones matemáticas que corresponden al diagrama del control de velocidad Ward Leonard del motor DC (figura 3.7), se presentan a continuación:

$$-E_g + I_a(R_g + R_m) + E_m = 0 \quad (3.1)$$

$$E_m = K_m * \Phi_m * \omega_m \quad (3.2)$$

$$C_m = K_m * \phi_m * I_a \quad (3.3)$$

Sustituyendo. I_a de (3.1), y (3.2) en (3.3) tenemos

$$C_m = - \frac{K^2 * \phi_m^2}{R_g + R_m} \omega_m + \frac{K * \phi_m * E_g}{R_g + R_m} \quad (3.4)$$

Donde

E_g, E_m : Fuerza electromotriz del generador y del motor, respectivamente [V]

R_g, R_m : Resistencia del inducido del generador y del motor, respectivamente [Ω]

C_m , Par del motor [Nm]

ω_m , Velocidad del motor DC [rad/s]

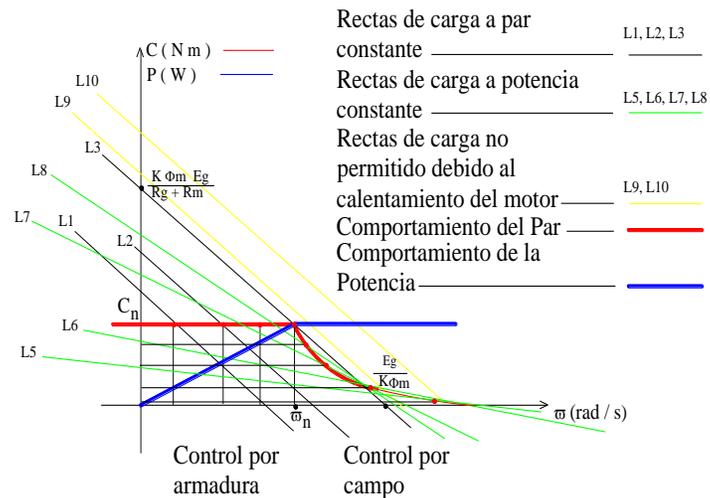
ϕ_m , Flujo magnético del motor [Wb]

I_a , Corriente de armadura en el inducido [A]

K_m, K_g : (K): Constantes que dependen del número de polos, número de conductores, y la cantidad de ellos en paralelo, del rotor del motor y el generador respectivamente, que por simplificar los cálculos podemos asumir iguales.

La gráfica 3.1, Par del motor (C), velocidad angular (ω) correspondiente a la ecuación (3.4) representa el control de la velocidad del ascensor en el primer cuadrante para trayectos largos, donde las rectas paralelas L1, L2 y L3 corresponden a la aceleración del motor mediante la variación de la tensión de armadura hasta su valor nominal, región donde el par C es constante (línea horizontal de color rojo) y no se puede seguir aumentando la tensión, rectas de color amarillo (rectas L9, L10) debido a que el motor está diseñado para ese nivel de tensión, para seguir aumentando la velocidad por encima del valor nominal, el control se realiza reduciendo el flujo magnético del motor, (rectas de color verde L8, L7, L6 y L5), en esta región el par decrece inversamente con la velocidad del motor ω_m (línea asintótica de color rojo)

Control de la velocidad de un motor DC para trayectos largos, mediante el Sistema Ward Leonard



Gráfica 3.1 Control del motor DC en un cuadrante C vs ω

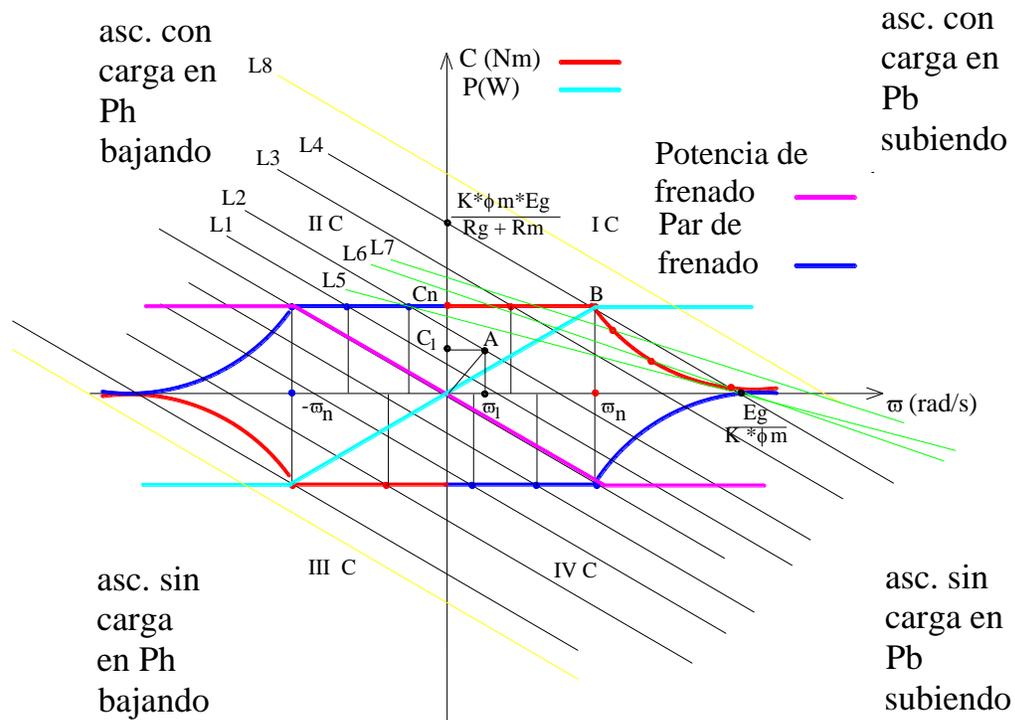
El control de la velocidad mediante el Sistema Ward Leonard en los cuatro cuadrantes grafica 3.2 se realiza cambiando de sentido de giro al motor, (cuadrante III) es decir variando de sentido a la corriente de armadura, el control de la máquina como motor para acelerar la velocidad hasta su velocidad nominal (cuadrantes I y III) se realiza de la siguiente forma se varia la corriente de campo del generador (inserción de resistencias en el campo del generador), manteniendo constante la corriente del campo del motor, con esta operación se varía la tensión de armadura, hasta su valor nominal. Si los trayectos son largos y se desea aumentar la velocidad hasta un 10% de la velocidad nominal ya no se puede aumentar la tensión de armadura (el motor se puede averiar), lo que se hace es debilitar el flujo manteniendo constante la corriente de campo del generador y variando la corriente de campo del motor (inserción de resistencias en el campo).

Para controlar la velocidad antes de llegar a la velocidad nominal el control se hace por armadura (rectas L3, L4) Cuando los trayectos son largos y se desea aumentar la velocidad del motor por encima de su velocidad nominal no podemos hacer mediante el aumento de la tensión de armadura, (recta L8) por que el motor se calentaría debido a un aumento de la tensión, en estas circunstancias se controla disminuyendo el flujo (control por campo) logrando aumentar la velocidad. (rectas L7, L6, L5)

Cuando los trayectos son cortos no hace falta llegar a la velocidad nominal, el control se efectúa por variación de la tensión de armadura (rectas L1, L2)

En los cuadrantes II y IV donde el ascensor está con carga y está bajando (cabina y carga pesa más que el contrapeso) o el ascensor está vacío en Pb y está subiendo (el contrapeso pesa más que la cabina) debemos frenar el motor.

La gráfica 3.2 muestra el ascensor trabajando en los cuatro cuadrantes; cuadrantes I y III la máquina trabaja como motor, cuadrantes II y IV la máquina trabaja como freno.



Gráfica 3.2 Control del motor DC en los cuatro cuadrantes.



Figura 3.8. Máquina y Motor DC [8].

La característica importante de este motor en el transporte vertical es:

- Manejo de grandes cargas
- Control de la velocidad utilizando pocos recursos

Las desventajas que presenta este motor es:

- Acondicionamiento de la señal DC
- Alto costo de mantenimiento
- Tamaño del motor, y mayor costo.
- Alto consumo de energía eléctrica sobre todo en los arranques.

✚ Accionamiento simple AC

Está constituido por un motor AC, y reductor (engranajes)

La figura muestra un diagrama de bloque de un accionamiento simple.

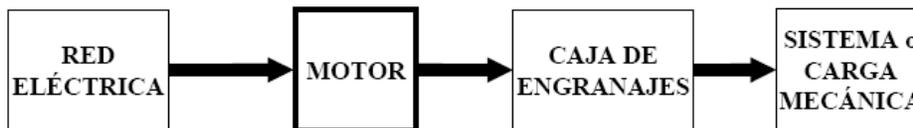


Figura 3.9. Diagrama de bloques, accionamiento simple AC [8]

✚ Reductor

Este mecanismo (que se usa también en los accionamientos DC) se compone de un tornillo cilíndrico hiperbólico (gusano o sinfín) y de una rueda (corona) de diente helicoidal cilíndrica o acanalada. Es muy eficiente como reductor de velocidad, dado

que una vuelta del tornillo provoca un pequeño giro de la corona. Es un mecanismo que tiene muchas pérdidas por roce entre dientes, esto obliga a utilizar metales de bajo coeficiente de roce y una lubricación abundante, se suele fabricar el tornillo (gusano, o sinfín) de acero Cr, Ni y la corona de bronce.

El ajuste axial y longitudinal de la corona y el sinfín, es un aspecto de suma importancia que se debe tener presente a la hora de evaluar el funcionamiento de la máquina, un ajuste inadecuado se traduce en ruidos en la máquina y disminución de la eficiencia de la máquina.

La función específica del reductor es de disminuir la velocidad del motor y dependiendo del tipo de piñón (helicoidal o recto) girar la salida del eje rotacional, de lineal a cuadratura respectivamente

La figura 3.10 y la figura 3.11 muestran dos tipos de engranajes.



Figura 3.10. Corona recta y sinfín de un reductor, con salida a 90° (ortogonal) [9].



Figura 3.11. Corona helicoidal de un reductor, con salida a 180° [9].

✚ Motor AC asincrónico de dos velocidades con rotor jaula de ardilla.

Un estudio pormenorizado sobre motores AC lo podemos encontrar en la fuente bibliográfica [32], en este estudio solo nos abocaremos a aspectos resaltantes asociados con el funcionamiento.

a.- El tipo de arranque que se utiliza para motores menores de 20 Hp es de arranque directo el cual presenta altos picos de corriente 6 hasta 8 veces la corriente nominal, estas altas corrientes de arranque generalmente producen fluctuaciones de tensión que no solo dañan el motor, si no también otros equipos conectados a la barra de

alimentación. Una práctica usual mantenido durante años a efecto de minimizar las altas corrientes de arranque es sobredimensionar la potencia del motor, evitando así el relativo calentamiento y deterioro del aislante, sin tener en cuenta que esta práctica lo que hace es disminuir la eficiencia del motor.

b.- Con variaciones de la polea de tracción entre 40 y 80 cm y velocidades desde 1 m/s hasta 2,5 m/s, obedeciendo a normativas Covenin, EN 81-1 el único motor que puede ser utilizado en ascensores de dos velocidades debe tener necesariamente una relación de polos de 4/16, esta situación restringe el uso del motor y encarece el producto.

Generalmente los motores son de diseño B y C clasificación NEMA, equivalente al diseño N y H clasificación IEC respectivamente, por lo tanto sus características eléctricas son:

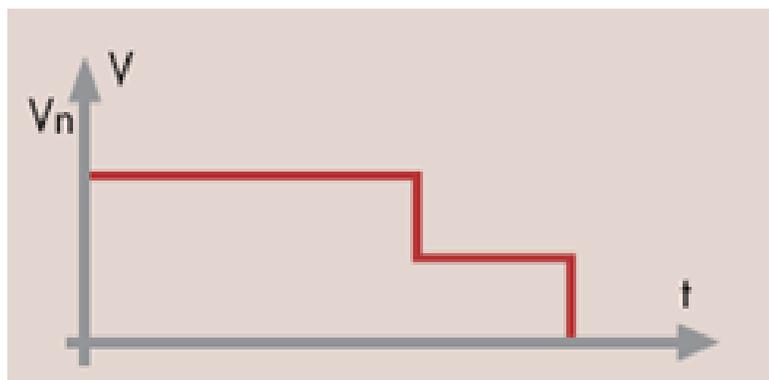
- Corriente elevada en el arranque (3,5 hasta 4In).
- Corriente elevada en el cambio de alta a baja velocidad.
- Aumento de las pérdidas en el rotor, debido al volante de inercia.
- Necesidad de ventilación forzada.
- Pérdidas en la aceleración y en la desaceleración.
- Pérdidas mecánicas elevadas, debido al reductor.

La figura 3.12 muestra un motor AC asíncrono de dos velocidades.



Figura 3.12. Motores jaula de ardilla de dos velocidades [8].

La grafica 3.3 muestra el arranque directo y la parada en dos estados de un motor asíncrono de dos velocidades.



Gráfica 3.3. Velocidad vs tiempo de un motor asincrónico de dos velocidades [24].

La tabla 3.2 muestra los datos eléctricos estándar de motores asincrónicos jaula de ardilla de dos velocidades, utilizados en ascensores.

DATOS DE MOTORES 2 VELOCIDADES

POTENCIA (HP)	5.5	7	10	12	15	20	25	30
POLOS	4 16							
VELOCIDAD EN VACIO	1500 375							
INTENSIDAD (A)	9	13	18	21	27	36	45	54

Tabla3.2. motores de dos velocidades datos técnicos [25].

Las características generales eléctricas de los motores de dos velocidades son:

Tensión de alimentación expresado en voltios [V]

Frecuencia de operación [Hz]

Tipo de conexión Y/ Δ , o Δ /Y

Potencia en AV (P_{AV}) / Potencia en BV (P_{BV}) [Kw]

Velocidad del devanado de AV/ velocidad del devanado de BV [RPM]

Corriente nominal en AV(I_{NAV}) / corriente nominal en BV (I_{BV}) [A]

Corriente de arranque en AV (I_{arrAV}) / corriente de arranque en BV(I_{arrBV}) [A]

Par nominal en AV (C_{NAV}) / par nominal en BV (C_{NBV}) [Nm]

Par de arranque en AV / par de arranque en BV [Nm]

Inercia del estator GD_e^2 expresados en $[Kg.m^2]$

Inercia del rotor GD_r^2 expresados en $[Kg.m^2]$

Factor de potencia ($\cos \phi$)

Grado de Protección [IP xx]

Clase de aislamiento [F]

Temperatura de operación [$^{\circ}C$]

Las características y deficiencias del motor asincrónico de dos velocidades utilizados en ascensores convencionales de rendimiento estándar se mejora con el uso del nuevo motor denominado **Inverter duty** el cual será tratado en el siguiente capítulo.

✚ Motor AC asincrónico de dos velocidades con rotor bobinado

La figura 3.13 muestra un motor con rotor bobinado, donde se muestra los anillos deslizantes.



Figura 3.13 Motor asincrónico con rotor bobinado [8].

Estos motores también descontinuados debido al alto costo de su mantenimiento se caracterizan por presentar un alto Par de arranque, tal como muestra la gráfica 3.14

La ventaja de este tipo de motor en ascensores es el manejo de grandes cargas y el control del par de arranque a través de resistencias que se introducen en el bobinado del rotor. Estos motores no pueden arrancar en directo (devanados retóricos cortocircuitados), es necesario insertar en el devanado retorico resistencias que se cortocircuitan progresivamente a la vez alimentar en directo el estator con la tensión de red, la figura 3.14 muestra el arranque de un motor asincrónico rotor bobinado, el

control se diseña de tal modo que en el arranque en el rotor se inserta R1, y R2 segundos después entra KM11, insertando solo R1 cortocircuitando R2, finalmente entra KM12 quedando cortocircuitado las resistencias R1. Se observa en la figura que en el arranque la impedancia en el rotor es alta, al ser la tensión constante la corriente disminuye, aumentando el par, en la última etapa la resistencia solo es debido al rotor, lo que indica un aumento de la corriente y por lo tanto una disminución del par.

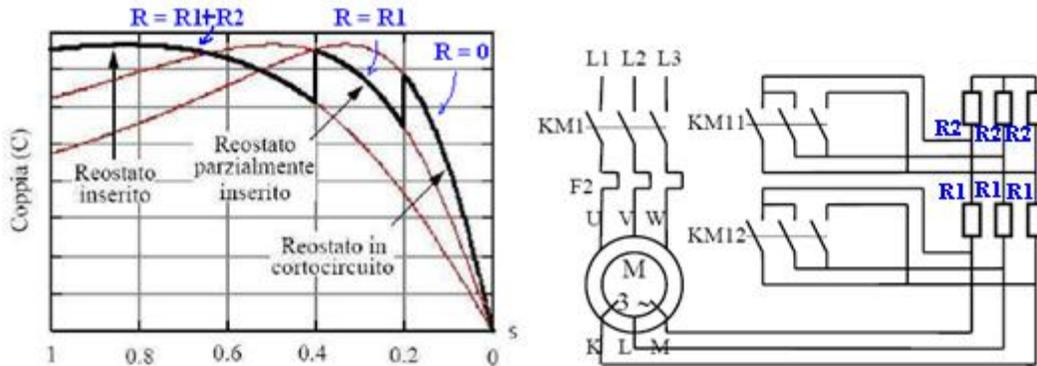


Figura 3.14. Arranque de un motor de rotor bobinado con reóstato de arranque [33].

⚡ Freno electromecánico.

Elemento que cumple su función automáticamente cuando se desenergiza su respectivo control. [EN 81-1]

Componente básico y necesario en un motor de ascensor, tanto convencional como moderno, dispositivo capaz de modificar el estado de movimiento de un sistema mecánico mediante fricción, pudiendo inclusive detenerlo completamente, absorbiendo la energía cinética de sus componentes y transformándolo en energía térmica.

El freno en un ascensor, en lo que respecta a su funcionamiento tiene que ser 100% confiable, no es fácil a pesar de existir normas y cálculos garantizar a plenitud su óptimo funcionamiento. El avance de la tecnología ha podido reducir el riesgo de fallas, optimizando así el funcionamiento.

Existen varios tipos de freno, por el lugar donde se ubica o actúa y la forma y número de bobinas en que está constituido.

Freno tipo I, formado por una bobina cilíndrica y dos bandas de freno, que cuando actúan abrazan el tambor que es solidario al rotor del motor, tal como se muestra en la figura 3.15.

Freno tipo II, formado por dos bandas de freno y tres bobinas cilíndricas, que dependiendo de la alimentación disponible pueden conectarse en serie o en paralelo, tal como se muestra en la figura 3.16.

Freno tipo III, No usa bandas de freno, está constituido por una bobina de disco, que actúa sobre un disco solidario al rotor del motor tal como se muestra en la figura 3.17. Estos tipos de freno actúan por fricción electromecánica, consecuente con la norma EN 81-1 que establece que el par de frenado debe ser capaz de frenar una carga equivalente al 125% de la carga nominal y de bloquearlo después de la parada.

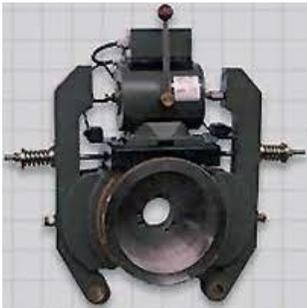


Figura 3.15 Freno tipo I [8].



Figura 3.16 Freno tipo II [8].



Figura 3.17 Freno tipo III [8].

3.4.2.- Sistema de Control

✚ Aparata eléctrica de maniobra y protección

Es el conjunto de aparatos de conexión y apertura asociados con aparatos de control, de medida, de protección y de regulación accesorios, envolventes y soportes correspondientes destinados, en principio, a la maniobra de aparatos.

Constituido por seccionadores, interruptores, contactores, interruptor termomagnético, relé térmico para el bobinado en AV y en BV del motor, salvamotor, fusibles.

Sistema de fuerza motriz

Constituido básicamente por:

- **Contactores y relés**

Aparatos de maniobra eléctrica para circuitos de fuerza, es considerado como un elemento de conmutación, en condiciones normales puede conectar, desconectar corrientes inclusive hasta un cierto nivel de sobrecarga.

Los contactores que se utilizan en los ascensores convencionales se caracterizan por su robustez mecánica y además los contactores direccionales tienen bloqueadores mecánicos. Estos contactores cada año debido a su vetustez y a su alto grado de obsolescencia y al no contar con el reemplazo de sus partes han ido desapareciendo del mercado.

La función es de energizar y desenergizar el motor de tracción y el motor de operador de puerta.

Sistema de maniobra.

Selector electromecánico

Dispositivo cuya función específica es censar la posición de la cabina durante el viaje, con el objeto de tomar acciones de cambios de velocidad en las paradas.

Existen varios tipos de selector

Selector mecánico que utiliza un disco dentado que trabaja con dos cadenas, una cadena que va desde la sala de máquina hasta el foso y la otra que sincroniza a una rueda provisto de microsuiches su función es censar la posición de la cabina en el pozo.

Selector a relé que utiliza sensores magnéticos en el foso y relés en la sala de máquina que corresponden a cada piso, allí se registran las llamadas y la posición de la cabina.

3.4.3.- Sistema de seguridad

Limitador de velocidad:

Dispositivo mecánico constituido por dos poleas, ubicados el uno en la sala de máquinas y el otro en el pozo, unidos por un cable de acero de 6 mm de diámetro, solidario a la cabina mediante un dispositivo de acñamiento denominado paracaídas que actúa deteniendo el ascensor en las siguientes circunstancias:

- Exceso de velocidad de la cabina.
- Desalineación de la cabina consecuencia de un desgaste de las zapatas o ausencia de las zapatas.
- Desajuste del paracaídas.

La norma Covenin, y la norma internacional EN 81-1 establecen que el diámetro de la polea del limitador de velocidad (D_{pl}) y el diámetro del cable del limitador (d_{cl}) debe cumplir con la siguiente relación $\frac{D_{pl}}{d_{cl}} \geq 30$

Paracaídas:

Mecanismo que permite la detención de la cabina por fricción entre la cuña del paracaídas y las guías de la cabina, el paracaídas se acciona cuando el limitador de velocidad actúa. Al actuar el paracaídas desconecta eléctricamente el sistema de control.

Por el tiempo en que actúa existen en el mercado dos tipos de paracaídas, de acción instantánea y de acción progresiva, utilizándose este último en ascensores cuya velocidad es mayor de 1 m/s

El paracaídas progresivo debe actuar cuando la velocidad de bajada del coche o del contrapeso exceda un 25 % de la velocidad nominal (Norma EN 81-1)

CAPÍTULO IV

PROYECTO DE MODERNIZACION APLICADO A ASCENSORES CONVENCIONALES

La modernización se realiza en la sala de máquinas, pozo y pasillo y consiste en cambiar componentes, que en unos casos están deteriorados y son de alto grado de obsolescencia, el reemplazo por la misma no es posible debido a la escasez de la pieza en el mercado, en otros casos los dispositivos a cambiar presentan muchas fallas y además su mantenimiento representa un alto costo.

En este capítulo determinaremos, los elementos que ameritan el cambio y desarrollaremos algunas consideraciones, así como cálculos asociados con dichos cambios que son relevantes. En la práctica en la mayoría de casos no se cuenta con datos, tablas e informaciones de los fabricantes de partes mecánicas, constituyendo una dificultad para el desarrollo de los cálculos, en estos casos se aplica el método de la prueba y error garantizando la aplicación y el normal funcionamiento de dichas partes.

4.1.-Sistema de tracción

Un sistema de tracción moderno en ascensores última generación aplicado a construcciones nuevas implica la eliminación de la sala de máquinas y el uso de motores sincrónicos gearless.

En este proyecto se propone modernizar ascensores existentes convencionales sin eliminar la sala de máquina, utilizando motores de alto rendimiento invertir duty de una sola velocidad.

El Sistema de Tracción objeto de estudio y cambio es de tracción eléctrica e indirecta, denominado así porque la carga se acopla al motor a través de un reductor de velocidad y además tiene una sola polea de desvío tal como se muestra en la figura 4.1

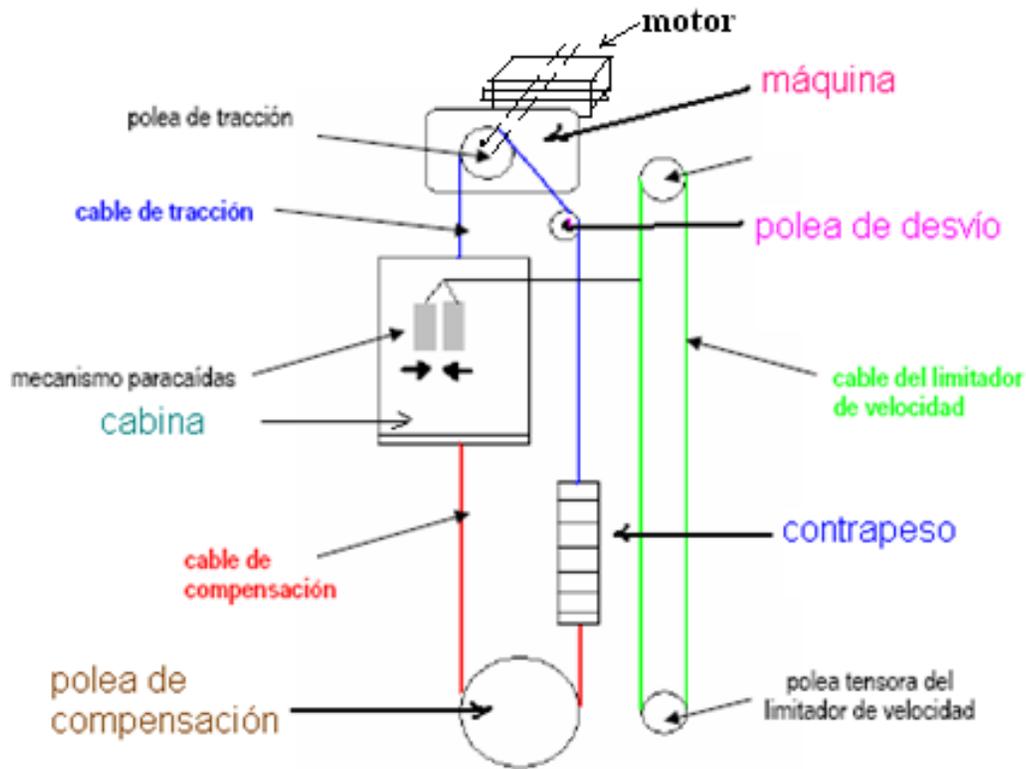


Figura 4.1 Sistema de tracción de un ascensor, mostrando sus componentes [8]

4.1.1.- Motor

Independientemente del tipo de motor a elegir, ya sea convencional de dos velocidades o inverter duty de una velocidad, teniendo presente que la velocidad de ambos pueden perfectamente ser controlados con un variable frequency drive (VFD) variador de frecuencia con las limitaciones de rendimiento a baja frecuencia, y el calentamiento en el motor convencional; El dimensionamiento del motor es de suma importancia en una modernización por lo que iniciaremos este estudio con el cálculo de la potencia del motor para accionar la carga.

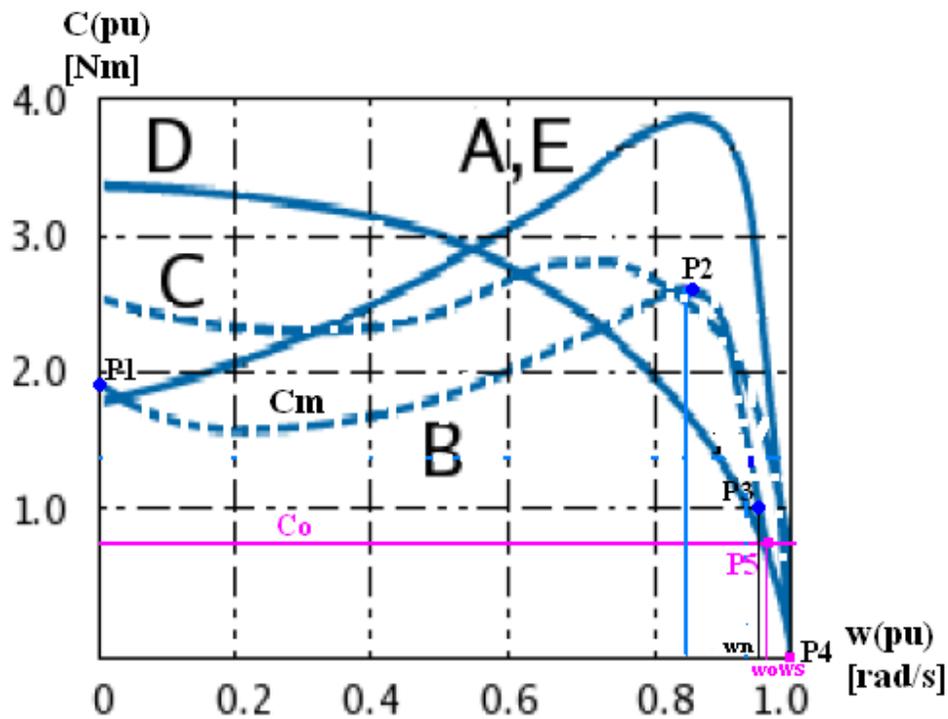
4.1.1.1.- Determinación de la potencia mecánica del motor (P_m)

Los fabricantes de las máquinas de inducción, proporcionan datos del motor a través de su catálogo, placa de características y manuales de diseño. Dichos datos pueden diferenciarse principalmente como:

- Datos de construcción: tipo de diseño, altura del eje, peso del rotor, peso de la máquina, tipo de aislamiento y otros aspectos constructivos.

- Datos eléctricos: tensión, intensidad, potencia, factor de potencia, velocidad y par en cuatro puntos de funcionamiento P1, P2, P3 y P4 correspondientes a Par de arranque (C_a), par máximo (C_{max}), Par nominal (C_n) y velocidad de sincronismo (ω_s) respectivamente

Los puntos mencionados en las líneas a trozos clasificación B y C Norma Nema [39] mostrados en la Grafica 4.1 son los puntos típicos de funcionamiento del motor mientras que el punto P5 representa una condición particular de carga con par de carga C_o a calcular que como se observa siempre será menor o igual que el par nominal dado por el fabricante.



Gráfica 4.1 Clasificación NEMA de motores de inducción [26]

La potencia que figura en la placa del motor corresponde a la potencia de salida P (potencia en el eje) Norma Nema MG1 sección 10.38 y es la potencia que debe desarrollar el eje del motor, que gira a la velocidad angular del eje del rotor (ω_r) cuando se aplica el voltaje y la frecuencia nominales en los terminales del motor, con un factor de servicio (FS) de 1,0.

Se define la potencia mecánica, o potencia en el eje del motor como:

$$P_m = \frac{T}{t} = \frac{F \cdot d \cos \varphi}{t} = \frac{M \cdot g \cdot d}{t} = M \cdot g \cdot v$$

$$M = M_{cab} + M_{car} - M_{cp}$$

$$M_{cp} = M_{cab} + 50\% M_{car} \text{ [Kg], Norma EN 81-1}$$

Donde,

T, trabajo [N m]; t, tiempo[s]; g, gravedad [$9,81 \frac{m}{s^2}$]; d, desplazamiento [m]

M, masa de desequilibrio = 50% M_{car} ; M_{car} , masa de la carga [Kg]; v, velocidad [m/s]

$P_m = M \cdot g \cdot v$ es la potencia en el eje del motor, esta relación es función de la masa de desequilibrio y la velocidad, no toma en cuenta la eficiencia del reductor, que por lo general es del orden del 50%, la fuerza de rozamiento de las guías (alineación), condiciones de rugosidad de los rieles, presión de las zapatas, ajuste de los paracaídas, alineación de la máquina, acople del motor a la máquina y ajuste de las bandas de freno. Por lo tanto tenemos que considerar un factor que represente la potencia que se requiere para accionar estos elementos. Este factor es F1. En la práctica su valor está entre 0,5 y 0,6; es un criterio del diseñador. En este trabajo su valor es de 0,6 tal como se expresa en las diferentes ecuaciones, finalmente.

$$P_m = \frac{0,5 \cdot M_{car} \cdot g \cdot v}{F_1} \text{ [W]} \quad (4.1)$$

Esta potencia está relacionado con la potencia de entrada P_e mediante la eficiencia del motor (η_m), dato proporcionado por el fabricante y necesario para dimensionar la aparamenta eléctrica

En la literatura bibliográfica [27] también encontramos la siguiente ecuación empírica

$$P_m = \frac{M_t \cdot v}{102} * \frac{1}{\eta_a \cdot \eta_v \cdot \eta_p \cdot N} * X \text{ [Kw]} \quad (4.2)$$

Donde,

$$M_t = M + M_{cda}$$

M, masa de desequilibrio [Kg]

M_{cda} , masa de los cables de acero [Kg]

v, velocidad [m/s]

η_a , Rendimiento de la máquina (0,8... 0,9)

η_v , Rendimiento debido al ángulo de abrazadura (0,9)

η_p , Rendimiento de la polea (0,98) [27]

N, Número de poleas de tracción. (1 ò 2)

X, Factor de seguridad (1,1) en caso de una sobrecarga eventual

Ver ejemplo de aplicación en el Anexo C

Para el debido uso de las ecuaciones (4.1) (4.3), los pesos de la cabina y contrapeso deben de cumplir con las especificaciones que establece las Normas Covenin 621:2002 y EN 81-1

Para determinar si el motor es capaz de mover la cabina y la carga es necesario verificar que el par nominal del motor (dato del fabricante o calculado con la ecuación 4.4) sea mayor que el par de la carga.

4.1.1.2.- Determinación del par del motor y par de la carga

A objeto de analizar la carga, y la potencia necesaria para mover la carga hace necesario determinar las masas de la cabina, contrapeso, cables de acero.

Glosario

BK, ancho de la cabina [m]

TK, profundidad de la cabina [m]

Hc, altura de la cabina [m]

M_{car} , masa de la carga [Kg]

M_{cp} , masa del contrapeso [Kg]

M_{cab} , masa de la cabina [Kg]

ρ_{Pb} , densidad del plomo ($11,57 \text{ gr/cm}^3 = 11,57 * 10^3 \text{ Kg/ m}^3$)

Para calcular la masa de la cabina, podemos partir calculando la masa del contrapeso (M_{cp}), el contrapeso está formado por lingotes de Plomo (Pb), cuyas dimensiones son a [m] de lado; b [m] de lado y c [m] de altura , por lo tanto los lingotes representa un volumen (V) de $a*b*c [m^3]$.

$$M_{cp} = \rho_{Pb} * V \text{ [Kg]}$$

$$M_{cp} = M_{cab} + 0,5 * M_{car} \text{ Norma EN 81-1}$$

$$M_{cab} = M_{cp} - 0,5 * M_{car} \text{ [Kg]}$$

a.- Par nominal del motor (C_N)

Es un dato del fabricante o se calcula utilizando la definición de potencia mecánica.

$$C_N = \frac{P_m}{\omega_r} \tag{4.3}$$

$$\omega_r = \frac{2 * \pi * f_1}{pp} (1 - S) \text{ [rad/s]} \tag{4.4}$$

Donde,

ω_r es la velocidad angular del rotor [rad/s], por lo general ω_r se conoce como velocidad angular del motor ω_m , para distinguir de la velocidad sincrónica del campo magnético en el estator (ω_s)

f_1 , frecuencia de alimentación (60 Hz)

pp , número de pares de polos del motor.

S , deslizamiento del motor, por lo general en motores de alta eficiencia está entre 1 y 6 %

b.- Par de la carga (C_c)

Consideraciones

Los motores de fabricación europea Norma IEC están diseñados para operar a 50 Hz, por lo tanto los datos que figuran en las características de placa del motor, deben referirse a 60 Hz, manteniendo constante el pp , y el diámetro de la polea (D_p)

Cálculos para 50 Hz

Para calcular la velocidad angular de la polea (ω_p) aplicamos las siguientes relaciones, utilizando los datos del catalogo del motor (v , r_p).

$$v = \omega_p * r_p \tag{4.5}$$

Donde,

v es la velocidad tangencial de la polea [m/s], r_p es el radio de la polea [m]

Cálculos a 50 y 60 Hz

Tomando en cuenta que:

$$\frac{n}{f} = \text{cte} \tag{4.6}$$

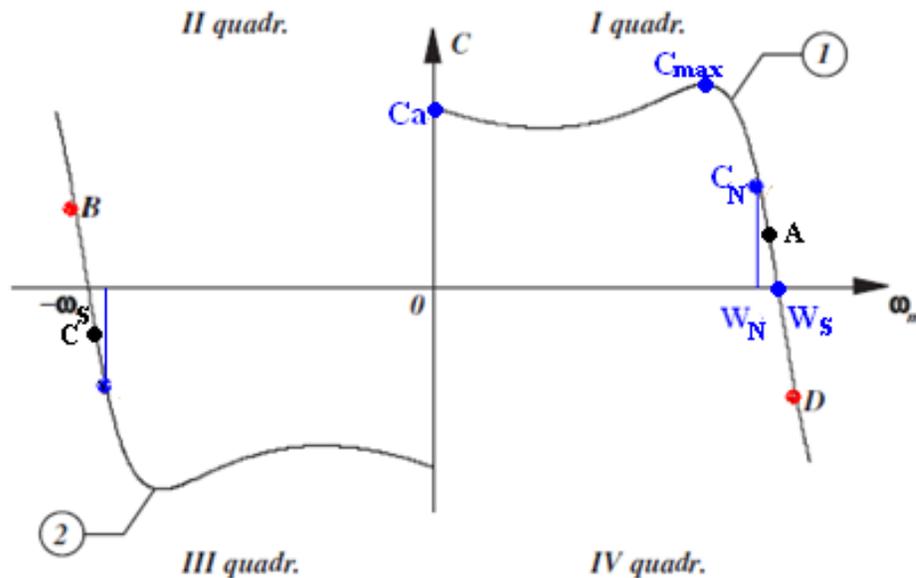
(n/f) a 50 Hz = (n/f) a 60 Hz

Cálculos a 60 Hz

$$\tau * \omega_r = \omega_p \quad (4.7)$$

τ , es dato del fabricante y es la relación de reducción efectiva del reductor (n_p/n_r); n_p , número de vueltas de la polea, número de vueltas del rotor

Con el objeto de calcular el par de la carga y comparar con el par dado por el fabricante ec (4.1) Podemos considerar los valores de par nominal C_N ; par de arranque C_a ; par máximo C_{max} ; velocidad sincrónica ω_s , proporcionados por el fabricante y la clasificación del motor ya sea B o C Norma Nema, o N y H Norma IEC, podemos obtener una gráfica aproximada tal como aparece en la gráfica 4.2. Así calcularemos el par en los diferentes cuadrantes (puntos A, B, C, D) y comparar con el par nominal, la grafica 4.2 que corresponde a un ascensor subiendo a plena carga (cuadrante I, motor) y bajando sin carga (cuadrante III, motor); y los cuadrantes II y IV corresponden al régimen de frenado del ascensor con carga bajando y ascensor sin carga subiendo.



Gráfica 4,2 Motor de ascensor funcionando en los cuatro cuadrantes [28]

Cálculo del par en los diferentes cuadrantes [28]

b1.- Cálculo del par cuando la máquina trabaja como motor

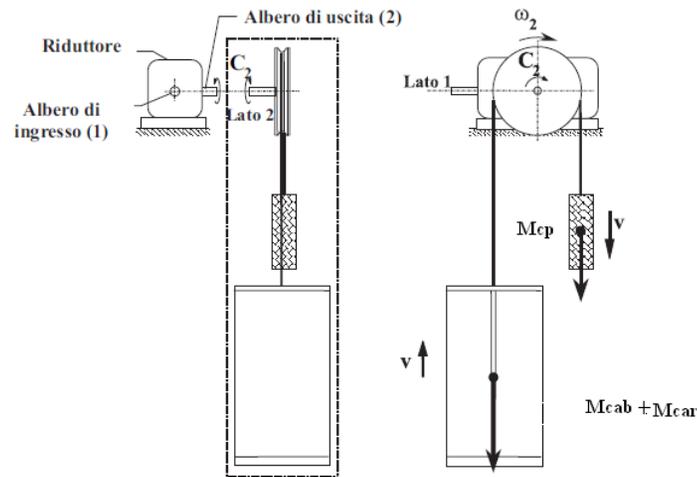


Figura 4.2 Vista de frente y de perfil en perspectiva del sistema de tracción.[28]

Balance de potencia en los cuatro cuadrantes [28]

$$P_m = P_{cd} + P_p \quad (4.8)$$

Donde

$$P_m = C_m * \omega_m \quad (4.9)$$

$$P_{cd} = (p - p_q) v \quad (4.10)$$

$$P_p = P_e (1 - \eta) \quad (4.11)$$

P_m , Potencia mecánica del motor [W]

C_m , Par del motor [Nm]

ω_m , velocidad angular del rotor [rad/s]

P_{cd} , potencia debido a la carga desequilibrada

p , estado de la cabina en peso, cabina sin carga (p_{sc}), cabina con carga (p_{cc})

p , peso ($M * 9,8 \text{ m/s}^2$) [N]

$$P_{sc} = p_{cab}$$

$$P_{cc} = p_{cab} + p_{car}$$

p_q , peso del contrapeso

$$P_e = P_m + P_p \quad (4.12)$$

P_e , Potencia de entrada del motor

P_p , Potencia debido a las pérdidas en el motor [W]

p , peso no equilibrado [N]

p_{car} , peso de la carga

p_{cab} , peso de la cabina

p_{cp} , peso del contrapeso

$M_{cp} = M_{cab} + 0,5 * M_{car}$ [2], Norma EN 81-1

w_p , velocidad angular del eje de salida del reductor expresados en [rad/s]

v , velocidad tangencial de la polea [m/s]

R_p , radio de la polea de tracción [m]

η , rendimiento de la máquina trabajando como motor

η_g , rendimiento de la maquina trabajando como generador

La eficiencia η del motor se define como la relación de la potencia mecánica P_m y la potencia eléctrica o potencia de entrada P_e

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} \quad (4.13)$$

Relacionando las ecuaciones (4.12) y (4.13), obtenemos la ecuación (4.14)

$$P_p = \frac{P_m}{\eta} (1 - \eta) \quad (4.14)$$

La expresión $\frac{1-\eta}{\eta}$ puede aproximarse a $1 - \eta$ para η mayores que 0,8 y tomando en cuenta (4.9) obtenemos

$$P_p = C_m * \omega_m (1-\eta) \quad (4.15)$$

Sustituyendo las ecuaciones (4.9), (4.10) y (4.11) en (4.8) obtenemos:

$$C_m * \omega_m = (p-p_q)*v + (1-\eta)* C_m * \omega_m \quad (4.16)$$

Relacionando las ecuaciones (4.5) y (4.7) y sustituyendo en (4.16) obtenemos

$$C_m = \frac{\tau * D}{\eta * 2} (p - p_q) \text{ Valido en los cuadrantes I y III} \quad (4.17)$$

b2 Cálculo del par cuando la máquina trabaja como generador [28]

En este caso la eficiencia del motor es η_g y además la potencia eléctrica P_e es igual a $(p_q - p)v$, estableciendo la relación de potencia tenemos:

$$C_m * \omega_r = (p-p_q)v + (1-\eta_g) (p_q - p)v \quad (4.18)$$

Sustituyendo (4.5) y (4.7) en (4,18) obtenemos

$$C_m = \frac{\tau * \eta_g * D}{2} (p - p_q) \text{ Valido en los cuadrantes II y IV} \quad (4.19)$$

Tomamos el mayor valor de par calculado, y comparamos con el par obtenido en la ecuación 4.4, correspondiente al par de diferentes motores, el par más cercano por encima corresponderá al motor exigido por la carga en lo que a par respecta. Calculados los cuatro puntos, también podemos aplicar la ecuación (4.5) para hallar la velocidad tangencial del ascensor y comparar con el valor nominal.

4.1.2.- Cables de acero de tracción

La Norma EN 81 establece un mínimo de carga de rotura a la tracción entre 1200 y 2000 MPa para los alambres y recomendando usar en ascensores alambres: generalmente de acero trefilado al horno, las recomendaciones de las diferentes normas es que en ascensores solo se debe usar los tipos de cables de acero Seale, Warrington y Filler Wire, de preferencia el preformado

4.1.2.1.-Elección del tipo y diámetro d del cable de acero (CDA)

La Norma Covenin1720 recomienda el uso de CDA para ascensor con características dados en la tabla 4.1 y sugiere la nominación como

Cable d - t*19-(9/9/1) – (126 – 180)

d, diámetro del cable a elegir [mm]

t, número de torones

La misma Norma establece el mínimo diámetro (d) de los cables de acero de tracción que es de 8 mm y además que cumpla con la relación dado por la ec. 4.28

La tabla 4.1 muestra la carga mínima de rotura para los diferentes cables de acero utilizados en ascensores

Diámetro Nominal (mm)	Clase Dual 120 - 180 Kg/mm ²				Clase Dual 140 - 180 Kg/mm ² Clase sencilla 160 Kg/mm ²			
	Clasificación				Clasificación			
	6 X 19	8 X 19	6 X 25	8 X 25	6 X 19	8 X 19	6 X 25	8 X 25
6	1.810	1.810	1.810	1.810	1.810	1.810	1.810	1.810
8	2.970	2.570	2.970	2.570	3.230	2.860	3.230	2.860
9	4.000	3.500	---	---	---	3.780	---	---
9,5	4.100	3.750	4.100	3.750	---	4.000	---	---
10	---	4.000	---	4.000	5.050	4.480	5.050	4.480
11	5.500	4.860	5.500	5.150	6.110	5.420	6.110	5.420
12,7	---	6.600	---	6.600	---	7.100	---	---
13	7.200	6.800	7.200	6.800	8.530	7.570	8.530	7.570
14,5	---	8.400	---	8.400	---	9.760	---	---
15,5	11.500	10.050	11.500	10.050	---	10.910	---	---
15,9	11.500	10.050	11.500	10.050	---	11.400	---	---
16	11.800	10.030	11.800	10.300	12.900	11.500	12.900	11.500
19	---	14.500	---	14.500	18.200	16.200	18.200	16.200
22	---	---	---	---	24.500	21.700	24.500	21.700

Tabla 4.1 carga mínima de rotura de cables de acero para ascensor (Covenin 1720-98)

4.1.2.2.- Cálculo de la tensión máxima del cable de acero

Se define la tensión máxima del cable de acero a la fuerza que soporta el cable al ocurrir la máxima elongación, sin deformarse

$$T_{\max} = g * \frac{(M_{car} + M_{cab})}{i} * F_s [N] \quad (4.20)$$

Otra forma de calcular la tensión máxima es:

$$T_{\max} = g * \frac{(M_{car} + M_{cab} + M_{cp})}{i} [N] \quad (4.21)$$

Fs = factor de seguridad = 1,8

i = nro de tiros de los cables de acero n/1, 1/1, 2/1, 4/1.

4.1.2.3.- Cálculo del número de cables de acero [34]

El diámetro del cable a utilizar como mínimo debe ser de 8mm Norma Covenin, lo que indica la posibilidad de elegir cualquier diámetro dependiendo de la ranura de la polea de tracción o la disponibilidad en el mercado

Procedimiento para determinar el número de cables

a.- Determinación del grupo de trabajo

Para determinar el grupo de trabajo tenemos que tomar en cuenta dos variables, el espectro de carga y el tiempo medio de funcionamiento por día de trabajo.

- **Determinación del Espectro de carga**

Se evalúa en base a cuatro condiciones de servicio tal como se muestra en la tabla 4.2

A Ligero	C Pesado
Carga máxima: ocasionalmente	Carga máxima: frecuentemente
Carga moderada: regularmente	Carga moderada: regularmente
Carga muerta: pequeña	Carga muerta: grande
B Medio	D Muy pesado
Carga máxima: frecuentemente	Carga máxima: regularmente
Carga moderada: regularmente	Carga muerta: muy grande
Carga muerta: media	

Tabla 4.2 Condiciones de la carga [34]

Un ascensor en un edificio puede considerarse como medio

- **Tiempo medio de funcionamiento ´por día de trabajo**

$$t = \frac{2 \cdot H \cdot N \cdot T}{V} \quad [\text{Normativa FEM 9.511}] \quad (4.22)$$

H = altura del edificio [m]

N = nro de ciclos /hora (un ciclo se considera como un viaje de ida y otro de vuelta)

T = tiempo de trabajo [horas] durante 24 horas (día y noche)

V = velocidad del ascensor [m/s]

Con los valores de espectro de carga (elección de acuerdo al comportamiento de la carga) y el tiempo medio t calculado (se toma el entero superior a t) buscamos en la Tabla 4.3, el valor M(X) que corresponda a espectro de carga, t

Espectro de carga	Tiempo medio de funcionamiento (horas por día)					
	0.5	1	2	4	8	16
LIGERO			M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m
MEDIO		M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m
PESADO	M3 1Bm	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m	
MUY PESADO	M4 1Am	M5 2m	M6 3m	M7 4m		

Tabla 4.3 Espectro de trabajo, tiempo medio de funcionamiento de la carga [34]

b.- Cálculo del diámetro mínimo del cable (d_{go}) [mm] [UNE 58-120-91]

$$d_{go} = C1\sqrt{S} \quad (4.23)$$

$$C1 = \sqrt{\frac{Z_p}{K' * R_0}} \quad (4.24)$$

S = tensión máx. del cable [N]

Z_p = coeficiente mínimo de utilización practica que se ubica en la Tabla 4.5, con el dato obtenido en la Tabla 4.4

K' = factor empírico de carga mínima de rotura, para el caso del cable de acero Seale 6*19 es de 0.3309 (tabla 2 UNE 36-710-84) Tabla 4.6

R_0 = Resistencia mínima a la tracción (N/mm^2), que para el mismo caso es de 1770 Mpa

Tabla 1, UNE 58-120-91/1

Grupo de clasificación	Valor Z_p
M. 1	3,15
M. 2	3,35
M. 3	3,55
M. 4	4,0
M. 5	4,5
M. 6	5,6
M. 7	7,1
M. 8	9,0

Tabla 4.4 Tabla de valores del coeficiente mínimo de utilización Z_p [34]

Tabla 2 UNE 36-710-84

Valores numéricos de los coeficientes K y K'

1	2	3	4	5	6	7
Composición del cable	Coeficiente de masa del cable		K ₂ K ₁	Coeficiente para la carga de rotura efectiva del cable		K' ₂ K'
	Alma textil	Alma de acero		Alma textil	Alma de acero	
	K	K ₂		K'	K' ₂	
6 X 7	0,3574	0,3931	1,10	0,3322	0,3588	1,08
6 X 19 6 X 37	0,3460 0,3460	0,3806 -	1,10 -	0,3073 0,2948	0,3319 -	1,08 -
6 X 19 Seale 6 X 19 Relleno	0,3726 0,3802	0,4099 0,4182	1,10 1,10	0,3309 0,3377	0,3574 0,3647	1,08 1,08
6 X 36 W.Seale 6 X 41 W.Seale	0,3802	0,4182	1,10	0,3299	0,3563	1,08
6 X 24	0,3184	-	-	0,2802	-	-
17 X 7 34 X 7	0,3828 0,3902	- -	- -	0,3186 0,3122	- -	- -

Tabla 4.5 Factor empírico de carga mínima de rotura de CDA Seale

$d_{go} = C1 \sqrt{T_{max}}$, T_{max} [N] calculados con las ecs. (4.42) o (4.43);

Con el valor de d_{go} , se calcula el área total A_{to} , se fija el diámetro d del cable a utilizar, se calcula el área A y finalmente se calcula el número de cables

c.- Cálculo del número de cables de tracción

$$\text{Nro de cables} = \frac{A_{to}}{A} \tag{4.25}$$

4.1.2.4.- Cálculo del Coeficiente de seguridad (CS) (EN 81.1)

Se define el CS como la relación entre la resistencia a la rotura mínima garantizada del cable y la carga o fuerza de trabajo a la cual ésta sujeto, es decir

$$CS = \frac{CRM}{CT} \tag{4.26}$$

CRM es la carga de rotura mínima del conjunto de ramas de cables de acero que sostienen la cabina y la carga, por lo tanto

$$CRM = i \cdot N \cdot CRM_{un\ cable}$$

i = relación de cables de tracción.

N = número de ramas de cables de acero que sostienen la cabina

CT es la carga de trabajo (suma de las masa de la carga y de los cables de acero)
 $CRM_{un\ cable}$ = carga de rotura mínima de un cable y se rige por la tabla 4.1 Norma Covenin 1720:1998. El coeficiente de seguridad de cables de acero para ascensores es función de la velocidad, la siguiente tabla corresponde a factores mínimos de seguridad Norma Oficial Mexicana (NOM 053-SCF1-2000 Elevadores Eléctricos)
 En ascensores el coeficiente de seguridad es mayor que 12 tal como se observa en la Tabla 4.6

Velocidad de cable m/s	Factor mínimo de seguridad		Velocidad de cable m/s	Factor mínimo de seguridad	
	Pasajeros	Carga		Pasajeros	Carga
0,25	7,60	6,65	3,25	10,85	9,65
0,38	7,75	6,85	3,50	11,00	9,80
0,50	7,95	7,00	3,75	11,15	9,90
0,65	8,10	7,15	4,00	11,25	10,00
0,75	8,25	7,30	4,25	11,35	10,10
0,87	8,40	7,45	4,50	11,45	10,15
1,00	8,60	7,65	4,75	11,50	10,20
1,12	8,75	7,75	5,00	11,55	10,30
1,25	8,90	7,90	5,25	11,65	10,35
1,50	9,20	8,20	5,50	11,70	10,40
1,75	9,50	8,45	5,75	11,75	10,45
2,00	9,75	8,70	6,00	11,80	10,50
2,25	10,00	8,90	6,25	11,85	10,50
2,50	10,25	9,15	6,50	11,85	10,55
2,75	10,45	9,30	6,75	11,85	10,55
3,00	10,70	9,50	7,00-10,00	11,90	10,55

Tabla 4.6 Coeficientes de seguridad de CDA para ascensores en función de la velocidad

También se puede calcular FS como:

$$CS = \frac{M_{es}}{M_{tcda}} \quad (4.27)$$

$$M_{es} = M_{cab} + M_{car} + M_{tcda}$$

M_{es} , masa total de la carga ($M_{cab} + M_{car} + M_{tcda}$)

M_{tcda} , masa total de los cables de acero ($M_{cda} [Kg/m] * L[m] * i * n$)

n, número de cables de acero

i, relación de tiro

L, longitud del cable de acero

4.1.3.- Poleas

4.1.3.1.- Dimensiones de la polea de tracción

El diámetro de la polea y el diámetro de los cables de acero guardan la siguiente relación

$$\frac{D_p}{d_{cda}} / 40 \quad (4) \quad (\text{Norma EN 81}), D_p [\text{mm}], d_{ct}[\text{mm}] \quad (4.28)$$

D_p , diámetro de la polea de tracción [mm]

d_{ct} , diámetro del cable de tracción [mm]

4.1.3.2.- Cálculo de la óptima adherencia (α) de los CDA [31][37][38]

Los límites del ángulo α son 90° (máximo deslizamiento y mínima presión de los cables de acero) y 180° (mínimo deslizamiento y máxima presión de los cables de acero).

Cualquier ángulo comprendido entre 90 y 180° pudiera servir pero no garantiza un óptimo deslizamiento, ni la presión adecuada de los cables de acero.

El ángulo α se calcula considerando los casos más desfavorables de tensión, los coeficientes de rozamiento c y f tal como expresa la ecuación 4.30

La figura 4.3 muestra los casos donde ocurre el mayor deslizamiento de los cables de acero sobre la polea.

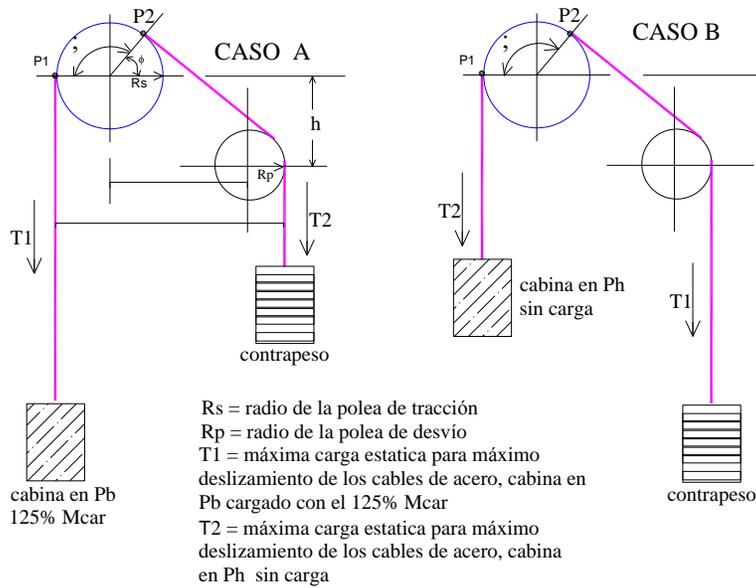


Figura 4.3 Casos extremos de máximo deslizamiento

$$\frac{T_1}{T_2} * C_1 * C_2 \leq e^{f * \alpha} \quad (4.29)$$

$$\alpha_{min} = \frac{\ln\left(\frac{T_1 * C_1 * C_2}{T_2}\right)}{f} \quad (4.30)$$

α = *ángulo de abrazamiento* es el ángulo formado por el centro de la polea y los puntos de tangencia de los cables de acero y la polea tal como se muestra en la figura

4.1.3.3.- Cálculo de las tensiones T1, T2

Caso A: Cabina llegando a la parte mas baja con una carga igual al 125 % M_{car}

$$T_1 = \frac{(1.25 * M_{car} + M_{cab} + M_{cda}) * gn}{i} \quad [N] \quad (4.31)$$

$$T_2 = \frac{(M_{cp} + M_{cda}) * gn}{i} \quad [N] \quad (4.32)$$

$$i = \frac{(N^\circ \text{ de ramales de cables de acero})}{2}$$

Caso B: Cabina vacía situado llegando a la parte más alta

$$T1 = \frac{(Mcp+Mdda)*gn}{i} \text{ [N]} \quad (4.33)$$

$$T2 = \frac{(Mcab+Mg)*gn}{i} \text{ [N]} \quad (4.34)$$

Se compara T_1/T_2 en ambos casos, tomamos la relación mayor la que es más desfavorable.

4.1.3.4.- Cálculo del coeficiente de rozamiento (f)

$$f = \mu * \frac{4*(1-\text{sen}\frac{\delta}{2})}{\pi-\delta-\text{sen}\delta} \text{ Para gargantas semicirculares con entalla} \quad (4.35)$$

$$f = \mu * \frac{1}{\text{sen}\frac{\gamma}{2}} \text{ Para gargantas trapezoidales} \quad (4.36)$$

$$f = 4\mu * \frac{\text{sen}\frac{\beta}{2}}{\beta+\text{sen}\beta} \text{ Para gargantas semicirculares} \quad (4.37)$$

f = coeficiente de rozamiento de los cables en las gargantas de la polea, el cual es función del coeficiente de fricción μ del material de la polea (Hierro fundido)

β = ángulo de la garganta semicircular con ranura [rad]

γ = ángulo de la garganta trapezoidal [rad]

δ = ángulo del arco cortado por la ranura de la garganta semicircular [rad]

$\mu = 0,09$, μ es el coeficiente de rozamiento del cable de acero sobre de polea.

La siguiente figura muestra los diferentes perfiles de las poleas que se utilizan en tracción de los ascensores.

La garganta semicircular con ranura correspondiente a la ec. 4.47 es la que mas se utiliza por que mejora la adherencia y evita el rozamiento y la deformación del fondo de la garganta figura 4.4 tipo b

En la literatura técnica no existen tablas o formulas para calcular los ángulos β , γ y δ en forma directa, estos ángulos deben de cumplir con los requerimientos de presión dado por la ec. 4.49 o la tabla 4.8

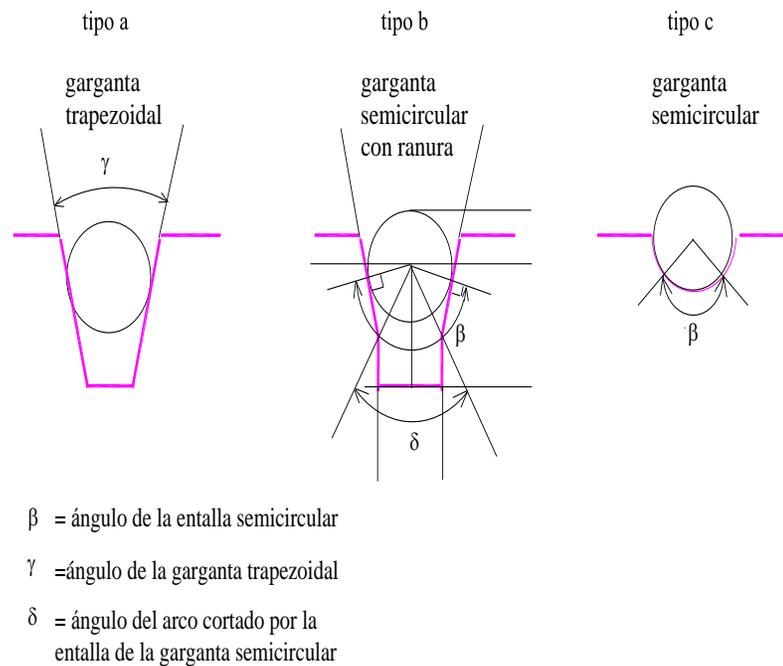
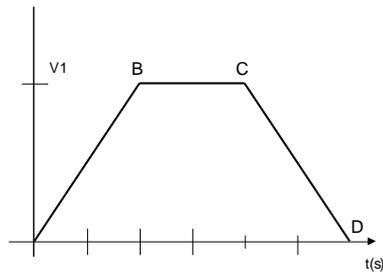


Figura 4.4 Perfiles de garganta de poleas de ascensor

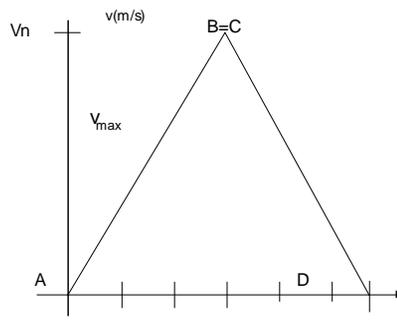
4.1.3.5.- Cálculo de la aceleración máxima (a_{max}) en alcanzar V_n

La gráfica 4.3 muestra la velocidad vs tiempo de un ascensor, recorriendo la distancia más corta entre piso y piso donde se nota la aceleración y la desaceleración, (tramos AB y CD respectivamente) además la grafica muestra el tramo BC que corresponde a la velocidad V_1 menor que la velocidad nominal

La gráfica 4.4 muestra la máxima aceleración entre dos pisos contiguos. Donde se nota que se llega a la velocidad nominal pero inmediatamente empieza la desaceleración. En la práctica esta gráfica no es posible debido a que por lo general las aceleraciones y desaceleraciones se hacen en el espacio correspondiente a las puertas, recorriendo con velocidad nominal el espacio entre puerta y puerta



Gráfica 4.3 Aceleración en dos paradas contiguas



Gráfica 4.4 Máxima aceleración en dos paradas contiguas

Cálculos para obtener la máxima aceleración

De las leyes de la cinemática clásica:

$$x = v_0 * t + \frac{1}{2} * a * t^2 \quad (4.38)$$

$$v_f^2 = v_0^2 + 2 * a * x \quad (4.39)$$

$$v_0 = 0$$

$$v_f = \sqrt{2 * x * a} \quad (4.40)$$

En la grafica N° 2, $x = h/2$ por lo tanto

$$v_f = \sqrt{h * a}$$

$$a_{\max} = \frac{v_f^2}{h} \quad [30] \quad (4.41)$$

h , distancia entre pisos (m).

La aceleración máxima calculado en la ec. (4.41) es solo una referencia para introducir en el variador los valores de aceleración y desaceleración en forma indirecta.

La aceleración y desaceleración de un motor es función de la Inercia del motor (J), la potencia mecánica (M), la velocidad del motor n (RPM).

La ecuación que relaciona estas variables con la aceleración, el tiempo de aceleración es la ecuación mecánica dado por:

$$C = J * \alpha + C_R * \omega \quad (4.42)$$

Donde

C , Par del motor [N m]

J, Inercia del motor [Kg m²]

α , Aceleración angular del motor [rad/s²]

C_R, Coeficiente de rozamiento del eje del motor [N m s]

ω , Velocidad angular del motor [rad/s]

La solución de la ecuación diferencial (4.42) expresa el tiempo de arranque del motor, dado por

$$\omega = \frac{c}{c_R} (1 - e^{-t/\tau_m})$$

Donde

τ_m , constante de tiempo del motor (J/C_R)

La aceleración máxima bajo ninguna circunstancia será menor de 0,5 m/s² [29]

4.1.3.6.- Cálculo del coeficiente de aceleración y desaceleración (C1)

$$C1 = \frac{g_n + g}{g_n - g} \quad (4.43)$$

C₁, Coeficiente de aceleración y desaceleración que depende de la gravedad nominal, la velocidad nominal y la distancia mínima entre pisos.

4.1.3.7.- Cálculo del coeficiente de desgaste de las gargantas de la polea (C2)

C₂, Coeficiente que varía de acuerdo al desgaste del perfil de la garganta de la polea.

A, Angulo de abrazamiento

g_n , Aceleración de la gravedad = 9,8 m/s²

$g = 0$ para ascensores de dos velocidades.

C₂ = 1 para poleas con garganta semicircular

C₂ = 1,2 para poleas con garganta trapezoidal

Tabla 2.7 Valores de C_1 y C_2 según la deceleración						
Deceleración en $m/s^2 a$	Trapezoidal			Semicircular con entalla		
	C_1	C_2	$C_1 C_2$	C_1	C_2	$C_1 C_2$
0.70	1.1536	1.2	1.3843	1.1536	1	1.1536
0.75	1.1654	1.2	1.3985	1.1654	1	1.1654
0.80	1.1776	1.2	1.4131	1.1776	1	1.1776
0.85	1.1900	1.2	1.4280	1.1900	1	1.1900
0.90	1.2020	1.2	1.4424	1.2020	1	1.2020
0.95	1.2144	1.2	1.4573	1.2144	1	1.2144
1.00	1.2270	1.2	1.4724	1.2270	1	1.2270
1.05	1.2397	1.2	1.4876	1.2397	1	1.2397
1.10	1.2525	1.2	1.5030	1.2525	1	1.2525
1.15	1.2656	1.2	1.5187	1.2656	1	1.5187
1.20	1.2787	1.2	1.5344	1.2787	1	1.2787
1.25	1.2920	1.2	1.5500	1.2920	1	1.2920
1.30	1.3055	1.2	1.5666	1.3055	1	1.3055
1.35	1.3191	1.2	1.5829	1.3191	1	1.3191

Tabla 4.7 Valores de C_1 y C_2 [2]

g, Aceleración y desaceleración del motor en el arranque y en la parada respectivamente. Esta aceleración se calcula para el caso más crítico, es decir la aceleración para alcanzar la velocidad nominal en la distancia mas corta entre piso y piso

La velocidad nominal de un elevador de pasajeros está definido por la potencia del motor, que es un dato del fabricante.

4.1.3.8.- Cálculo de h para óptima adherencia de los CDA [2]

La óptima adherencia de los CDA es de suma importancia en un sistema de tracción para ascensor y depende de la disposición geométrica de PT, PD y forma de los canales de la PT

Expresión de la altura h en función del ángulo Φ y la proyección horizontal de la distancia entre centros de poleas.

La figura 4.5 muestra la disposición geométrica básica de la polea de tracción y polea de desvío

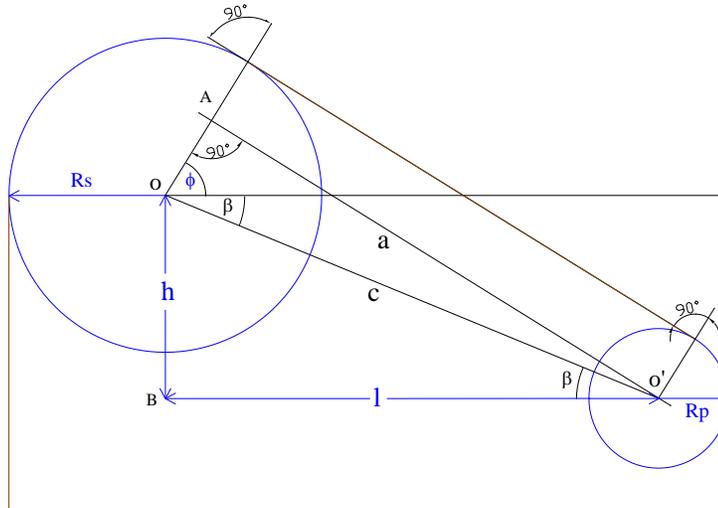


Figura 4.5 Disposición de la polea de tracción y de desvío [2]

Triángulo rectángulo OAO'

$$\text{sen}(\phi + \beta) = \text{sen } \phi \cos \beta + \text{sen } \beta \cos \phi \text{ (I)}$$

$$\text{sen}(\phi + \beta) = \frac{a}{c} \text{ (II)}$$

Triángulo rectángulo OBO'

$$\cos \beta = \frac{l}{c} \quad \text{sen } \beta = \frac{h}{c}$$

h = distancia vertical entre centro de poleas

l = proyección horizontal de la distancia entre centros de poleas

ϕ = ángulo suplementario de α (ángulo de abrazadura)

Igualando I y II, sustituyendo valores y dividiendo entre h tenemos:

$$\frac{l}{h} \text{sen } \phi + \cos \phi = \frac{a}{h} \text{ (III)}$$

$$\cos(\phi + \beta) = \cos \phi \cos \beta - \text{sen } \phi \text{sen } \beta \text{ (IV)}$$

$$\cos(\phi + \beta) = \frac{R_s - R_p}{c} \text{ (V)}$$

Igualando IV y V, sustituyendo valores y dividiendo entre l tenemos

$$\cos \phi + \frac{h}{l} \text{sen } \phi = \frac{R_s - R_p}{l} \text{ (VI)}$$

III –VI

$$\frac{l}{h} \operatorname{sen} \emptyset + \frac{h}{l} \operatorname{sen} \emptyset = \frac{a}{h} - \frac{R_s - R_p}{l} \quad (\text{VII})$$

$$\operatorname{sen} \emptyset (l^2 + h^2) = al - h(R_s - R_p)$$

$$c = \sqrt{l^2 + h^2} \quad a = \sqrt{c^2 - (R_s - R_p)^2}$$

$$\operatorname{sen} \emptyset = \frac{l \sqrt{l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2} - h(R_s - R_p)}{l^2 + h^2} \quad (\text{4.44})$$

$$(l^2 + h^2) \operatorname{sen} \emptyset + h(R_s - R_p) = l \sqrt{l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2}$$

$$((l^2 + h^2) \operatorname{sen} \emptyset + h(R_s - R_p))^2 = l^2 (l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2)$$

$$\begin{aligned} ((l^2 + h^2) \operatorname{sen} \emptyset)^2 + 2h(l^2 + h^2) \operatorname{sen} \emptyset (R_s - R_p) + (h(R_s - R_p))^2 \\ = l^2 (l^2 + h^2 - (R_s - R_p)^2) \end{aligned}$$

Simplificando

$$(l^2 + h^2) (\operatorname{sen} \emptyset)^2 + 2h \operatorname{sen} \emptyset (R_s - R_p) + (R_s - R_p)^2 = l^2$$

$$l^2 (\operatorname{sen} \emptyset)^2 + h^2 (\operatorname{sen} \emptyset)^2 + 2h \operatorname{sen} \emptyset (R_s - R_p) + (R_s - R_p)^2 = l^2$$

$$h^2 (\operatorname{sen} \emptyset)^2 + 2h \operatorname{sen} \emptyset (R_s - R_p) + (R_s - R_p)^2 = l^2 - l^2 (\operatorname{sen} \emptyset)^2$$

$$(h \operatorname{sen} \emptyset + (R_s - R_p))^2 = l^2 (1 - (\operatorname{sen} \emptyset)^2)$$

$$h \operatorname{sen} \emptyset + (R_s - R_p) = l \sqrt{1 - (\operatorname{sen} \emptyset)^2}$$

$$h = \frac{l \sqrt{1 - (\operatorname{sen} \emptyset)^2} - (R_s - R_p)}{\operatorname{sen} \emptyset} \quad (\text{4.45})$$

si $R_s = R_p$

$$h = l \cot \emptyset \quad (\text{4.46})$$

La posición de la polea mantendrá este ángulo ajustándose l y h a las dimensiones del foso y ubicación del contrapeso.

4.1.3.9.- Cálculo de la Presión de los CDA sobre la polea de tracción

$$P = \frac{T}{n * d * D_t} * \frac{3\pi}{2 \operatorname{sen} \frac{\delta}{2}} \quad \text{Para poleas con garganta trapezoidal} \quad (\text{4.47})$$

$$P = \frac{T}{n * d * D_t} * \frac{8 \cos \frac{\delta}{2}}{\pi - \delta - \operatorname{sen} \delta} \quad \text{Para poleas con garganta semicircular}$$

con ranura (4.48)

$$P = \frac{T}{n * d * D_t} * \frac{8}{\beta + \text{sen}\beta} \text{ Para poleas con garganta} \quad (4.49)$$

semicircular sin ranura

$$P_{max} < \frac{12,5 + 4 * v}{1 + v} \text{ ver tabla 4.8} \quad (4.50)$$

Pmax = presión específica del cable expresado [MPa]

T = tensión estática del cable en [N] constituido por:

Peso del cable, peso de la cabina, peso de la carga en el piso más bajo.

d = diámetro de los cables [mm]

D_t = diámetro de la polea de tracción [mm]

n = Nro de cables.

v = velocidad de la cabina. [m/s]

Máxima presión específica en los cables	
Vc (m/s)	Pmáx. (MPa)
0,50	9,67
0,63	9,21
0,75	8,86
1,00	8,25
1,20	7,86
1,50	7,40
1,60	7,27
1,75	7,09
2,00	6,83

Tabla 4.8 Presión de los CDA en función de la velocidad [20]

4.2.- Control

4.2.1.- Características de la tensión de alimentación trifásica de frecuencia industrial disponible en Venezuela para ascensores.

Tensión de alimentación trifásica 208 [V]

Frecuencia de operación 60 [Hz]

Los motores de fabricación europea Norma IEC son fabricados para 230 /460 V, 50 Hz, mientras que los motores Norma Nema son fabricados para 208/ 360 V 60 Hz

Si la tensión y la frecuencia disminuyen o aumenta respectivamente en igual proporción, no varían las condiciones magnéticas. El motor desarrollará aproximadamente el mismo par, mientras que la velocidad de rotación y la potencia varían en la misma proporción que la frecuencia, un 20 %, si la tensión es 208 V, y la frecuencia 60 Hz

4.2.2.- Dimensionamiento de las protecciones

Interruptor termomagnético (ITM)

El Código Eléctrico Nacional /CEN 430.2) para Sistemas de velocidad variable establece que las protección tendrá un valor no menor del 115 % del valor de placa del convertidor. o variador.

$$P = \sqrt{3} * V * I_n * \cos\phi$$

$$P_e = \sqrt{3} * V * I_n * \cos\phi$$

Se calcula I_n

El CEN Fondonorma 2004 en la sección 430-52 establece el ajuste de dispositivos de protección de cortocircuito y de falla a tierra de los circuitos ramales de motores y fija el ajuste en 300% y 175% para fusibles e interruptores automáticos respectivamente.

Por lo tanto:

$$\frac{I_a}{I_n} = 1,75 \text{ para interruptores termomagnéticos.}$$

El ITM será de $1,75 I_n$, con capacidad de cortocircuito $>$ de 6 KA

4.3.- Fuerza motriz

En motores DC, El control de la velocidad, se realiza insertando resistencias en el circuito de excitación y en el circuito de campo, en motores AC asincrónicos jaula de ardilla, el control de la velocidad se realiza de diversas formas, siendo el control electrónico el mas eficiente, el cual se realiza mediante diversos métodos

A) Control Escalar:

- Control Voltaje - Frecuencia (V/F).

- Control de la corriente del estator y de la frecuencia del deslizamiento o simplemente Control del Deslizamiento.

B) Control Vectorial:

Método Indirecto.

- Control por Campo Orientado (FOC)

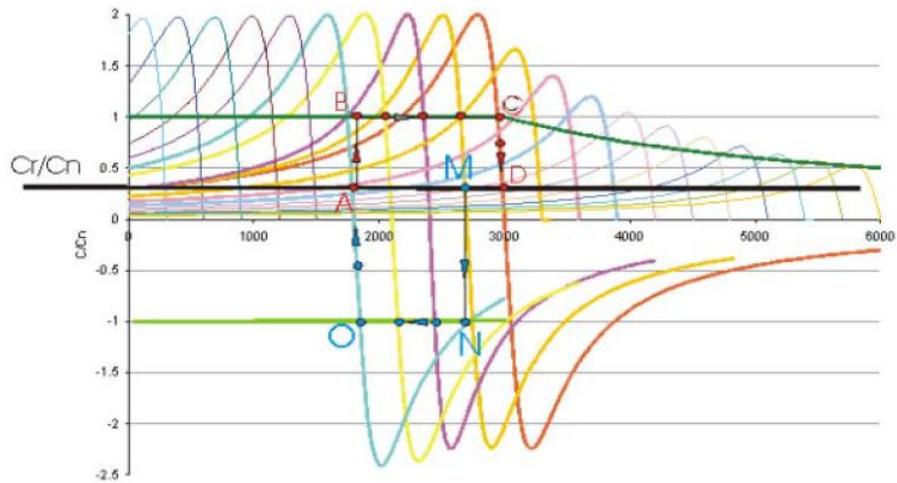
Método Directo.

- Control sin Sensores. (Sensorless).
- Control Directo del Par. (DTC), patentado por ABB

Las técnicas de control V/F están basadas en los modelos estáticos del motor de inducción para la operación a flujo constante. Con el fin de generar la mayor relación posible de par por ampere en la corriente del estator y de aquí la mejor utilización de la capacidad de corriente que pueda entregar el accionamiento, el flujo debe permanecer constante y cercano a su valor nominal sin importar que las condiciones de operación no sean constantes. Con el fin de trabajar a flujo constante, para cada condición de operación se pueden ajustar dos parámetros controlables, como lo son la amplitud y frecuencia del voltaje de alimentación

La estrategia de control vectorial consiste en extrapolar la técnica de control de motores de corriente continua al ámbito de los motores de inducción. Para ello y debido a que una máquina de corriente alterna carece de dos bobinados desacoplados, se recurre al modelo de referenciar el sistema trifásico alterno de corrientes estáticas a un sistema de coordenadas no estacionario que gira sincrónicamente con el campo magnético rotórico. En este nuevo sistema de referencia, las corrientes estáticas son tratadas como vectores rotantes, de ahí el nombre de control vectorial o control de campo orientado [41]

La grafica 4.5 muestra un control escalar ((v/f) constante) con la máquina trabajando en el primer y cuarto cuadrante de la curva C vs ω como motor y freno respectivamente..



Gráfica 4.5 Característica Par - velocidad de un motor asíncrono [35]

La región de par constante corresponde a variaciones de tensión y frecuencia tal que su cociente sea 208/60, hasta llegar a la tensión nominal, el cual ocurre a la frecuencia base y la región de potencia constante corresponde a la variación de la frecuencia pero a tensión nominal constante, reduciéndose el flujo.

La tabla 4.9 muestra las relaciones matemáticas básicas que corresponden al comportamiento del par (C) y la velocidad (n) de motores DC y AC, que justifica la grafica 4.5

Tipo de motor	Par ,(C) [N m]	Φ [wb]	P [W]	E [V]
DC	$K_{DC} * \phi * I_a$	$K_2 * I_e$	$E * I_a$	$K_1 * \phi * \omega$
AC	$K_{AC} * \phi * I_2$	$K_{AC} * \frac{V}{f}$	$C * \omega$	$K_{AC} * \phi * f$

Tabla 4.9 Relaciones matemáticas básicas motores DC y AC

4.3.1.- Elección del Variable Frequency Drive (VFD) variador de frecuencia

La elección del uso del variador en un ascensor se realiza en función de la altura del edificio, tipo de edificio y de la velocidad, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.3 Grupos tractores utilizados por los aparatos elevadores según su velocidad y tráfico y aplicaciones		
Clase de instalación	Velocidad de régimen m/s	Grupo tractor
Edificios de viviendas bajos	hasta 0.70 m/s	con reductor y motor asíncrono de una velocidad
Edificios de viviendas altos y oficinas	desde 0.70 a 1 m/s	con reductor y motor asíncrono de dos velocidades
Edificios de oficinas y comerciales, hospitales (montacamillas)	desde 1 m/s a 2.5 m/s	con reductor y con variador de frecuencia o motor de corriente continua con convertidor c-a
Edificios de oficinas y comerciales con tráfico intenso	mayor de 2.5 m/s	tracción directa y con variador de frecuencia
Almacenes y talleres montacargas o elevadores mixtos de grandes cargas, y a veces montacamillas de hospitales	hasta 0.70 m/s	con reductor y motor asíncrono de una o dos velocidades o con variador de frecuencia

Tabla 4.10 Características del edificio y grupo tractor a usar [2]

Para elegir la capacidad del variador no debemos basarnos en la potencia que figura en la placa, debe calcularse en función de la carga tal como se hace en el inicio de este capítulo y comparar con los cálculos a partir de la corriente medida, considerando un factor de potencia de 0,75 y una eficiencia del 80%

La capacidad del VFD para ascensores debe ser por lo menos un 10% más que los valores medidos en el motor, a plena carga subiendo y en vacío bajando.

Cada fabricante recomienda el variador apropiado así como el valor de la resistencia, tomando en cuenta las características del motor a emplear el cual fue previamente calculado.

El sobredimensionamiento del variador trae como consecuencia la no protección integral del motor y el subdimensionamiento del variador se manifiesta dañándose ante una sobrecarga.

4.3.2.- Elección del Programmable Logic Controlle (PLC) controlador lógico programable

La función específica del PLC es generar la señal de inicio de la rampa de aceleración y desaceleración del convertidor, sincronizar las llamadas y generar la orden para que el variador inicie y pare el motor. La elección del PLC a usar en ascensores debe contar por lo mínimo con un software de configuración y Manual de referencia para diseñar el respectivo control con el propósito de disminuir la dependencia Compañía

de ascensores- Compañía que vende los PLCs. Los PLCs que se instalan en ascensores son de propósito específico, por lo tanto no requiere técnicas de programación o graficet.

4.3.3.- Freno dinámico eléctrico reostático

Se llama así al hecho de controlar la velocidad del motor que se mueve por acción de la inercia del movimiento, bajo esta circunstancia el motor actúa como freno, esta energía remanente no puede regresar a la red en forma directa, si no que se disipa en forma de calor en resistencias que se calientan y perfectamente pueden ser reutilizados en estufas y calentadores o también ser almacenados en un banco de condensadores o baterías.

La figura 4.6 muestra la conexión de una resistencia en el circuito de rectificación, la resistencia solo actuará cuando aparece en los terminales DC una sobretensión, consecuencia del trabajo del motor como freno es decir en el 2do y 4to cuadrante en un sistema de coordenadas Par vs velocidad, tal como se explicó en el control DC

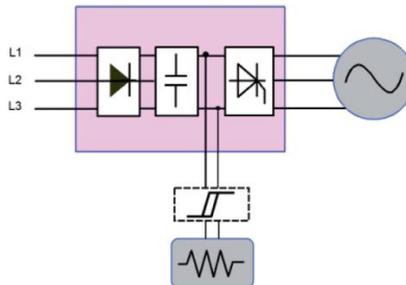


Figura 4.6 Resistencia de frenado de un variador de frecuencia. [36]

Ilustraremos con un ejemplo la aplicación de este tipo de freno.

De la polea del ascensor penden dos cargas, de un lado una carga fija equivalente al peso de la cabina más el 50% del peso de la carga y del otro lado el peso de la cabina y una carga variable, que oscila entre 0 y máxima carga

Habrán ocasiones ya sea en subida o en bajada dependiendo de, si la cabina está con carga ó sin carga, en que el par resistente tenga el sentido contrario a la velocidad del motor, en estas circunstancias la velocidad del motor tiende a aumentar, esta velocidad debemos controlar, el motor estaría trabajando como generador con el estator conectado a la red. Esta energía que se crea a consecuencia del motor

funcionando como generador es devuelta a la red, es decir se regenera o simplemente se absorbe por una carga resistiva que la convierte en calor frenando de este modo el motor.

Para hacer uso de esta resistencia de frenado es necesario un control que justamente proporciona el variador, a diferencia del control convencional que no los tiene.

Cada fabricante diseña la resistencia de frenado de acuerdo al circuito intermedio que tiene el variador

$$R_f = \frac{V_c^2}{1,027(T_B - 0,2 T_M)\eta_1} [40] \quad (4.51)$$

Donde

$$V_c = 1,86 V_L$$

V_L , tensión de línea [V]

R_f , Resistencia de frenado que actúa cuando se desarrolle el frenado regenerativo [ζ]

V_c , Tensión DC en el circuito rectificador [V]

T_B , Par de frenado [Kg m]

T_M , Par nominal del motor [kg m]

η_1 , Velocidad del motor en el momento en que empieza la desaceleración [RPM]

Se puede considerar un valor aproximado de la resistencia de frenado utilizando la siguiente relación

$$R_f = \frac{V_c^2}{P_m} [40] \quad (4.52)$$

Donde

P_m , potencia mecánica [W]

La figura 4.7 muestra diferentes tipos de resistencias de frenado para diferentes tipos de VFD



Figura 4.7 Resistencia de frenado para un ascensor [36]

CAPÍTULO V

PROPUESTA DE UNA SOLUCION VIABLE TANTO TECNICA COMO ECONOMICA PARA MODERNIZAR UN ASCENSOR

En este capítulo se dan a conocer los detalles más resaltantes que se deben proponer para llevar a cabo la modernización de un ascensor. Este desarrollo se basa en las investigaciones realizadas en los capítulos II, III, IV y anexos.

5.1.- Motor

En el cap.III presentamos ascensores con diferentes fallas y desarrollamos el diagnostico correspondiente.

En el cap. IV analizamos los componentes a cambiar, en este capítulo plantearémos un criterio de acciones a tomar en base a la necesidad de reparar o cambiar componentes.

Las tablas (5.1), (5.2) y (5.3) muestra como referencia un motor DC de 20 Hp con sus partes deterioradas, costos de reparación y acciones a tomar sin modernizar.

Partes	Acción correctiva Sin modernizar	Costo aproxima- do (Bs F) sin MO
Inducido	Reparación	25.000,00
Inductor	Reparación	25.000,00
Colector	Rectificación	10.000,00
Portacarbonos	Cambio	10.000,00

Tabla 5.1 Componentes de un Motor DC con fallas típicas, costos MO, mano de obra

La tabla 5.2 muestra los componentes de un reductor con fallas y acciones a tomar sin modernizar

Partes	Acción correctiva Sin modernizar	Costo aproxima- do (Bs F) sin MO
Corona	Cambio	35.000,00
Sinfn	Cambio	25.000,00
Bujes	Cambio	5.000,00
Rolineras	Cambio	5.000,00
Polea de tracción	Reparación	5.000,00

Tabla 5.2 Componentes del reductor con fallas y costos

La tabla 5.3 muestra los componentes de un control con fallas

Partes	Acción correctiva sin modernizar	Costo aproxima- do (Bs F) sin MO
Contactores (6)	Cambio	12.000,00
Cableado	Cambio	5.000,00
Resistencias (3)	Cambio	15.000,00
Selector	Cambio	25.000,00

La tabla 5.3 Componentes de control con fallas y costos

Acción correctiva modernizando el ascensor

Se trata de un motor corriente continua, donde las reparaciones son altamente costosas, las Tablas (5.1), (5.2) y (5.3), muestra los costos aproximados de las reparaciones de sus componentes, si solamente el inducido o el inductor se encuentran averiados se justifica plenamente modernizar el equipo y más aún si el generador y el control presenta fallas.

Componentes a modernizar:

Considerando que la máquina se encuentra en perfecto estado:

a.- cambio del sistema Ward Leonard por un motor AC inverter duty de una velocidad

b.- Cambio del control por un PLC

c.- Inclusión de un variador de frecuencia de 25 Hp

Costo aproximado del motor, variador y el PLC, sin considerar MO

Bs F 80.000,00

Si la máquina no se encuentra en perfecto estado:

Costo aproximado de la máquina, motor, poleas, freno, variador y el PLC, sin considerar MO

Bs F 150.000,00

Se plantea modernizar el sistema de tracción considerando solamente los altos costos de reposición, no estamos tomando en cuenta el ahorro que representa en consumo de energía y mantenimiento.

La tabla 5.4 muestra como referencia los componentes de un motor AC de 12 Hp de dos velocidades con fallas, costos de reparación y acciones correctivas a tomar sin modernizar.

Partes	Acción correctiva sin modernizar	Costo aproximado en BS F son MO
Estator	Rebobinado	12.000,00
Rotor	Cambio	30.000,00
Rolineras	Cambio	2.000,00
Bujes	Cambio	2.500,00

Tabla 5.4 Componentes de un motor AC con fallas y costos

Los costos de reparación de la máquina y el control averiados son un 20 % menos que el del motor DC de 20 Hp

Acción correctiva modernizando el ascensor

Se trata de un motor AC de dos velocidades, donde las reparaciones son relativamente costosas, menores a los costos del motor DC la Tabla (5.4), muestra los costos aproximados de las reparaciones de sus componentes, cambiar el motor por un inverter duty aparentemente no se justifica desde el punto de vista del costo inicial, sin embargo si tomamos en cuenta el consumo de energía eléctrica y los bajos costos de mantenimiento y reparación el cambio es justificable tal como se demuestra al final de este capítulo y en el anexo D

Elementos a modernizar:

Si la máquina se encuentra en perfecto estado:

- a.- cambio del sistema motor AC de dos velocidades por un motor inverter duty de una velocidad
- b.- Cambio del control por un PLC
- c.- Inclusión de un variador de frecuencia

Si la máquina no se encuentra en perfecto estado:

- a.- Cambio de la máquina, incluyendo la bancada y el motor
- b.- Cambio del control por un PLC
- c.- Inclusión de un variador de frecuencia

Para realizar los cambios correspondientes a la modernización, necesariamente se realizan los cálculos definidos en el capítulo IV.

5.1.1.- Potencia de salida del motor (P) para accionar la carga

Paso 1

Se utiliza la relación de potencia mecánica definida en el cap. IV, para ello se necesitan los siguientes datos: M_{car} [Kg]; g , gravedad = 9,8 m/s; v [m/s]; $F_1 = 0,6$; 1 Hp = 746 [W].

$$P = \frac{0,5 * M_{car} * g * v}{F_1 * 746} [Hp] \tag{5.1}$$

Paso 2

Se busca en las diferentes tablas de motores (Anexo A), la potencia que corresponde a la potencia calculada y la velocidad dada, el valor de la potencia a elegir debe ser mayor que el calculado en (5.1)

Paso 3

Con el objeto de utilizar los datos del motor encontrado en las tablas del anexo A, se construye una tabla conteniendo información adicional de los motores con potencia igual o mayor tal como muestra la tabla 5.5

Tipo de motor	V(m/s)	Carga (Kg)	Tiro	τ	η	D _p (mm)	P(Hp) AC1-AC2	P(Hp) VVVF
GM42S	1	630	1/1	1/43	0.71	560	10	9
GM35	1	630	1/1	2/55	0.8	360	9	8
GM42	1	630	1/1	1/43	0.71	560	10	9
FYJ180	1	630	1/1	2/55	0,61	620		9
Weg	1	630	1/1	2/55	0.87	360		10

Tabla 5.5 Características de salida de diferentes motores

Weg no comercia máquinas para ascensor, pero los motores weg inverter duty conjuntamente con los variadores de frecuencia Weg resultan efectivamente ventajosos en términos de eficiencia energética y atractivas en términos de costos, el uso de motores weg representan una buena opción para acoplar a una máquina que se encuentra en perfecto estado. La tabla del anexo A7 correspondiente a motores weg son para 380 V, en Venezuela el nivel de tensión es de 208 V por lo que este motor perfectamente puede ser utilizado conectando en delta, solo que la corriente de línea será lo que figura en la tabla multiplicado por $\sqrt{3}$

5.1.2.- Par Nominal del motor C_m

$$C_m = \frac{P}{\omega_r}; \quad (5.2)$$

Donde ω_r es la velocidad angular del rotor [rad/s] a 60 Hz, Norma Nema, si el motor es Norma IEC 230 V 50 Hz se debe considerar el factor multiplicador (1,2) tal como se explica en el capítulo IV

5.1.3.- Par de la carga (C_c)

Para determinar el par de la carga es necesario conocer la masa de la cabina (M_{cab})

Se procede tal como se explica en el cap. IV

Se calcula el par de la carga en los cuatro cuadrantes Par-velocidad utilizando las dos ecuaciones siguientes:

$$C_c = \frac{\tau * D}{\eta * 2} (p - p_{cp}) \text{ Valido en los cuadrantes I y III} \quad (5.3)$$

$$C_c = \frac{\tau * \eta g * D}{2} (p - p_{cp}) \text{ Valido en los cuadrantes II y IV} \quad (5.4)$$

Finalmente se compara el mayor de los Pares en los cuatro cuadrantes con el valor del par nominal ec (5.2), este par debe ser mayor, que el par mayor calculados por las ecuaciones (5.3) (5.4) de no ser así se busca otro motor con mayor par que satisfaga esta condición.

Con el objeto de facilitar los cálculos de las ecuaciones (5.3) (5.4) se construye la siguiente tabla 5.6:

Cuadrante	condición	P [N]	(P - P _{cp}) [N]
I (motor)	Sube con carga	P _{cab} + P _{car}	P _{cab} + P _{car} - P _{cp}
II (generador)	Baja con carga	P _{cab} + P _{car}	P _{cab} + P _{car} - P _{cp}
III (motor)	Baja sin carga	P _{cab}	P _{cab} - P _{cp}
IV(generador)	Sube sin carga	P _{cab}	P _{cab} - P _{cp}

Tabla 5.6.- Comportamiento de la carga en los cuatro cuadrantes C - ω

Para obtener los valores de par en el motor se debe tener en cuenta

- La potencia se mantiene mas o menos constante
- El par disminuye aproximadamente en un 20% a 60 Hz 1800 RPM, para motores 50 Hz 1500 RPM
- Se considera un deslizamiento aproximadamente del 3% dado que los motores inverter duty son de alta eficiencia.

5.2.- Poleas

a.- Diámetro de la polea

El sistema de tracción determinado incluye una polea de tracción y de desvío con diámetros de diferente medida que la polea anterior, por lo tanto se tiene que calcular los diferentes parámetros asociados con las poleas y los cables de acero para lograr un

optimo funcionamiento, se hace una tabla conteniendo las medidas, para así poder utilizar los datos, tal como muestra la tabla 5.7

Polea	Diámetro externo(mm)	Diámetro interno(mm)
Polea de tracción anterior	420	100
Polea de tracción nueva	360	120
Polea de desvío anterior	400	100
Polea de desvío nueva	360	120

Tabla 5.7 Diámetros de la polea existente y nueva

El diámetro de la polea es función de la velocidad del ascensor y la velocidad angular del rotor, Las Normas internacionales establecen la siguiente relación:

$$\frac{D_p}{d_{cda}} / 40 \quad (4) \quad (\text{Norma EN 81}) \quad (5.5)$$

D_p , diámetro de la polea de tracción [mm]

d_{cda} , diámetro del cable de acero [mm]

Dado el diámetro de la polea se encuentra el diámetro del cable de acero máximo que satisfaga la relación 5.5, el diámetro del CDA no puede ser menor de 8 mm Norma Covenin

c.- Cálculo de la óptima adherencia de la polea de tracción (α)

Al cambiar la máquina y la bancada es necesario realizar los cálculos concernientes a mínimo deslizamiento de los CDA mínima presión de los CDA por lo tanto se procede tal como se define en el cap IV

Calculo de α_{\min} .T1/T2, C1, C2, f

5.3 Cables de acero (CDA)

No siempre se cambia por que presenta problemas de fatiga y abrasión, en algunos casos los CDA se encuentran relativamente nuevos pero uno de ellos está mal tensado ejerciendo mayor presión sobre la polea hasta el punto de ir gastando los canales en forma desigual, si esta anomalía no se corrige a tiempo polea y CDA tendrán que cambiarse, la razón de realizar cálculos sobre el número de CDA a utilizar obedece a que la polea generalmente se diseña con uno o dos canales libres, con el objeto de utilizar dichos canales ante imprudencias de las compañías de mantenimiento de no tensar los CDA tal como recomienda la Norma Covenin

5.4.- VFD

En el mercado nacional encontramos varios tipos de variadores usados en ascensores tales como:

Danfoss, Yaskawa, Mitsubishi, Weg, Mentor, Hitachi. Se elige El variador que tiene representación técnica y costo razonable y además que sea de propósito específico.

5.5.- PLC

En Venezuela los PLCs que se comercian son: procedentes de Uruguay, Argentina, con menos uso PLCs de procedencia europea (PLC Norma)

El PLC CEA51FA cuenta con una serie de especificaciones, y características de entrada y salida fácilmente configurables.

El PLC a utilizar puede ser cualquiera siendo el costo del PLC y el costo del tiempo hombre máquina en la programación el que limita su uso.

5.6.- Especificaciones Técnicas básicas del Control propuesto

Sistema de control con PLC CEA36 y variador de frecuencia Yaskawa G7

Características generales del Control:

a.- Software, y comunicación

Completamente configurable en obra, mediante un PC, software CEA-36 PCW y operador digital ubicado en la parte frontal del variador.

5.7.- Puesta en marcha del equipo, consideraciones sobre el conexionado del tablero, tierra, transitorios.

Todo tablero de Control para ascensores maneja una sección de potencia y otra de baja señal o electrónica, ambas señales son alimentados por transformadores separados. El

común de ambos transformadores (0V) se unen al negativo del puente rectificador y este a su vez a la masa del sistema en general, el cual debe estar conectado al neutro del sistema y esté conectado a tierra en algún punto del sistema, todo esto con el objeto de proteger al usuario y también tener una referencia de voltaje.

La masa del sistema incluye botoneras de cabina y pasillo, todo elemento metálico que es parte del equipo y todos deben unirse con conductores, en el caso que se encuentren aislados.

Como el tablero maneja dispositivos de desconexión estamos ante la presencia de transitorios, una forma de minimizar estos efectos es:

Instalar supresores de arco en los dispositivos almacenadores de energía tales como patín retráctil, bobina de freno, contactores.

Estos supresores son por lo general dispositivos en serie como condensadores cuya capacidad oscile entre $1\mu\text{F}$ y $3,3\mu\text{F}$ con tensiones por lo menos el doble de la tensión de trabajo y resistencias cuyos valores estén entre 15Ω y 100Ω , 5W .

5.8.- Comparación entre WLC, Wired Logic Controller (Controlador de Lógica Cableada) y Lógica programada PLC, Program Logic Controller (Programación Lógica Controlada), en ascensores

Ventajas:

No existen ventajas sustanciales, a menos que el ascensor haya tenido el mantenimiento adecuado. La lógica cableada que usa el ascensor convencional solo es fácil de manipular y de entender cuando se trata de controlar ascensores de dos pisos.

Desventajas

- Los componentes ocupan un gran volumen.
- Los componentes básicos (relés) solo permiten dos funciones enclavamiento, y negación, muy propensos a cambiar de estado si no se tiene el mantenimiento adecuado
- Dado al reducido número de funciones que hace el relé aumenta el uso de este componente en los controles dificultando su interpretación en los planos

Ascensor moderno

Las ventajas de modernizar un sistema de control con PLC son múltiples entre ellas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos sobre control de ascensores.
- Posibilidad de hacer modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varios ascensores utilizando el mismo PLC como maestro.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Posibilidad de aumentar la memoria o desechar el PLC, pudiendo utilizarse en equipos de menor capacidad.

Las desventajas con:

- El costo inicial para su implementación.
- La relativa capacitación técnica para la configuración de los softwares PLC y Variador.

En el anexo D presentamos un caso típico de una modernización, en este capítulo solo abordamos el mismo ejemplo analizando el consumo de energía de un ascensor convencional.

5.9.- Análisis de costo por consumo de energía eléctrica ascensor convencional **Características técnicas del motor convencional**

P_m , ilegible

η_m , 0.82

10,91 [Kw] calculado

F_p (0,7)

208 [V] medido

I_n , 43 [A] medido

I_a , 129 [A] medido

v_n , 1 m/s medido

Características del edificio

$H = 42$ m

Características de funcionamiento del ascensor

Tomando en cuenta 3 horas pico de funcionamiento del ascensor a razón de 30 viajes/h, y considerando en las siete horas restantes un promedio de 20 viajes tendremos

Número de arranques en 10 horas = 110

t_a , tiempo de arranque (2 s)

Consideremos 25 días de funcionamiento del ascensor en un mes

10 h es el tiempo promedio de funcionamiento del ascensor en 24 h

Consumo de energía (CE)

Cantidad de Kw h consumidos en un mes de un ascensor

$$CE = 10,91 \text{ Kw} * 10 \text{ (h/d)} * (25 \text{ d/mes}) = 2727,5 \text{ Kwh/mes}$$

Cantidad de Kw h consumidos en un arranque (CE_{arr})

$$CE_{arr} = \sqrt{3} * 208 * 129 * 0,7 [W] * \frac{1 [Kw]}{1000 [W]} * \frac{2 [s]}{arr} * \frac{1h}{3600 [s]} = 0,018 \text{ Kwh/arr}$$

Cantidad de Kw h consumidos en 110 arranques/d durante 25 d ($CE_{arr,m}$)

$$CE_{arr,m} = (0,018 \text{ Kwh/arr}) * (110 \text{ arr/d}) * (25 \text{ d/mes}) = 49,7 \text{ Kw/mes}$$

Cantidad de Kw h consumidos en 4 fluorescentes de 25 W en un mes (CE_f /mes)

$$CE_f / \text{mes} = 0,1 \text{ Kw} * (24h/d) * (30d/mes) = 72 \text{ Kwh/mes}$$

Los Kwh consumidos por este ascensor, sin tomar en cuenta otras cargas como tomacorrientes y luces en el pozo y sala de máquina, que eventualmente se usan es de 2849,2 Kwh por cada ascensor, lo que indica que el consumo por los dos ascensores es de 5698,4 Kwh

Costo

Considerando el edificio, como vivienda de alto consumo aplicamos las tarifa vigente tipo T-03 del sector eléctrico, regulados por el Ministerio de Energía y Petróleo (MEP), publicados en Gaceta Oficial N° 37.415 del 03 de Abril de 2002.

Tarifa T-03

Sin tomar en cuenta el factor de ajuste de precios (FAP) y el cargo por ajuste de combustible y energía (CACE)

Los montos se establecen en Bs antiguos y al final haremos la reconversión

Consumo > de 500 KWh/mes. Con derecho a 500 KWh/mes con un costo de Bs 41202, el resto del consumo a Bs 111,16 por cada Kwh. Corriente alterna, 60 Hz.

Costo = Bs 41202 + Bs. 111,16 / (KWh/mes) * 5198 KWh/mes = Bs antiguos 619056,53, lo que equivale a Bs F 619

CONCLUSIONES

- 1.- El sobredimensionamiento de los motores convencionales sobre todo aquellos con más de 20 años de servicio se atribuye al bajo rendimiento del motor observándose en las placas de los diferentes motores un deslizamiento hasta el 15% (1275 RPM a 50 Hz, 4 polos).
- 2.- Sobredimensionar el motor implica que el motor trabaja con cargas muy por debajo de su carga nominal, esta diferencia de potencia que no se emplea se reparte en pérdidas eléctricas, magnéticas y mecánicas.
- 3.- El mantenimiento de un motor es mínimo su tiempo de vida depende del mantenimiento del Sistema Electromecánico en general, prácticas de mantenimiento ineficaces y/o ninguna práctica acortan el tiempo de vida del motor de allí que cuando un motor se deteriora es importante detectar la causa del deterioro del motor
- 4.- Cuando un motor está en funcionamiento y se verifica que no hay concordancia entre los valores de corriente medidos y el de placa cuando el ascensor baja con carga y sube sin carga (cuadrantes II y IV de la curva C vs ω respectivamente), lo mas probable es que los pesos del contrapeso y la cabina no cumplen con las Normas establecidas por Covenin.
- 5.- Cuando un motor está en funcionamiento y se verifica que si hay concordancia entre los valores de corriente medidos y el de placa cuando el ascensor baja con carga y sube sin carga (cuadrantes II y IV de la curva C vs ω respectivamente), lo mas probable es que los pesos del contrapeso y la cabina si cumplen con las Normas establecidas por Covenin solo que se verifica un deslizamiento de la cabina en las paradas debido a problemas en la máquina, problemas en las ranuras de la polea de tracción, problemas en la altura del centro de poleas de tracción y desvío.
- 6.- Las fallas de mayor incidencia en un motor de ascensor son el deterioro del bobinado del estator, que en la mayoría de los casos es por desgaste del eje del rotor a la altura de las chumaceras del rotor, en otras por un mal dimensionamiento de las protecciones que no actúan cuando se produce una falla en la alimentación del motor.

7.- La modernización de ascensores implica previa y necesariamente una adecuación del equipo a las normativas existentes en materia de seguridad de los usuarios.

Para que un ascensor sea considerado como modernizado no basta con eliminar el sistema de control y reemplazar por un PLC, si no que necesariamente debe incorporarse un variador de frecuencia, sobre todo en ascensores mayores de 15 pisos, y velocidades superiores a 1m/s, con un sistema de ventilación forzada es posible trabajar con la alta velocidad del motor asincrónico existente, para luego cambiar por un motor inverter duty si así lo amerita el caso.

8.- Un Sistema de Control a relé donde el diseño es redundante y además el mantenimiento se realiza ajustando la presión de los relés y limpiando los contactos de los relés, es propenso a fallar continuamente constituyendo una buena razón para cambiar el Sistema a relé por PLC.

9.- El avance de la Electrónica de Potencia en estos últimos 20 años ha solventado el problema del control de velocidad de los motores asincrónicos generando una gran demanda de variadores en la industria y en los ascensores. Consecuentemente las compañías han aumentado la producción de motores inverter duty y variadores de frecuencia lográndose de ese modo mantener constante los costos y en algunos casos una tendencia a bajar los costos. Por lo tanto es importante aprovechar el avance de la tecnología con las bondades que representa, sustituyendo motores convencionales de rendimiento estándar por motores inverter duty de alto rendimiento y la inclusión del VFD en el control de velocidad del motor.

10.- Al comparar las corrientes de placa de un motor de rendimiento estándar, con los valores de corriente medidos en un motor de alto rendimiento se observa una reducción tanto en el arranque como en régimen normal lo que indica un mejoramiento del factor de potencia constituyendo un aporte a las disposiciones del Ejecutivo en materia de Ahorro de Energía que exige a los edificios reducir el consumo de energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

Con la intención de que este trabajo tenga un aporte que vaya más allá de las conclusiones, a continuación se plantean algunas recomendaciones que complementan lo hasta ahora expuesto.

- 1.- Actualización de ascensores, adecuación de los ascensores en concordancia con las normativas de Covenin, bajo los lineamientos de Sencamer.
- 2.- No es recomendable bajo ningún punto de vista que al tener un motor de rendimiento estándar (IE1) averiado en el rotor y el estator se determine el cambio del motor por otro igual, la recomendación es cambiar el motor por motores de alta eficiencia (IE2) (motores inverter duty)
- 3.- Este cambio implica necesariamente tomar en cuenta los costos del VFD, y el PLC, que inicialmente son superiores a la decisión de cambiar el motor por otro igual de dos velocidades, pero a un corto plazo se van compensando los costos constituyendo al final un ahorro de dinero.
- 4.- Modernización de ascensores, con el objeto de disminuir los costos de energía eléctrica, mejorar la calidad de vida de los usuarios y aumentar la seguridad de las personas.
- 5.- A la hora de implementar o cambiar las diferentes partes debe tenerse en cuenta el correcto dimensionamiento con todas las limitaciones que impone los diferentes métodos de cálculo, un sobredimensionamiento como ocurre en un gran porcentaje trae como consecuencia la disminución de la eficiencia del sistema en general y por ende un aumento en los costos operativos.
- 6.- Dado que la sustitución de los motores convencionales por motores inverter duty representan un ahorro de energía eléctrica, y acentuándose más aún esta diferencia con la utilización de motores gearless (motores sin engranaje) a casi el 50 %, se recomienda a las compañías realizar un estudio económico de la utilización de motores sincrónicos gearless en ascensores.

7.- En la elección del PLC y el Variador de velocidad, debemos de preferencia elegir los PLCs, y variadores de propósito específico, porque de este modo se logra minimizar el número de acciones y resultan siempre más confiables porque siempre el diseñador se ajusta a las recomendaciones del fabricante.

8.- El montaje y las precauciones de puesta en marcha del PLC y el variador recomendados por el fabricante es necesario tomar en cuenta la seguridad del equipo y las personas, por lo cual deben de ser instalados por personas calificadas.

9.- Finalmente al diseñar el circuito de entradas del PLC y el variador, las señales procedentes del PLC no deben de ninguna manera llegar directamente a los puntos de Forward run/stop y Reverse run/stop del variador, sino que deben de proceder de contactos de relé, asociados con la seguridad de las personas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mar Gual Tarrada, Definición de Elevador, Ascensor y Diferencias.
< <http://blog.gmveurolift.es/?p=186> >.España. Consultado el 12/10/2011.
- [2] Antonio Miravete *Transporte Vertical* (libro) Servicio de Publicaciones Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza. España.1.996
- [3] Facara, Actualización de Ascensores 1er Congreso Nacional de Transporte Vertical Septiembre 2009 Vol 1. .Argentina.
- [4] Barahona Z., Alejandro., Sistema de elevación para edificio de espacio reducido. Tesis Universidad Politécnica de Cataluña. España 2011.
- [5] Ascensores con sala de maquinas, y sin sala de máquinas
<<http://www.ascensores-satel.com/ascensores.htm>>. Consultado el 12/10/2011
- [6] Antonio Miravete *Los transportes en la ingeniería industrial* (libro) Servicio de Publicaciones Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza. España. 1996.
- [7] Máquina de tracción.<<http://www.adsur.com.ar/index.php>>.Argentina. Consultado el 15/10/2011.
- [8] Ascensores a cargo de Indas 111 C.A
- [9] Máquinas de tracción
< http://www.accionamientos.net/2012_03_01_archive.html>Consultado el 20/01/2012.
- [10] Contactores <
<http://www.sapiensman.net/ESDictionary/docs/d4.htm>>.Consultado el 12/10/2011.
- [11]Unid. de frecuencia variable VFD<<http://www.liftcontrols.com.mx/control4.php>>. Consultado el 12/10/2011.
- [12] Reles
<<http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/dge/legislacion/norsimter/terminologia/T-Seccion15.pdf>> Consultado el 12/10/2011.
- [13] < <http://85.10.208.14/es/solutions/lift.php>> Consultado el 12/10/2011.
- [14] CEA36
<<http://www.controles.com.uy/divascensores/esp/Controladores/cea36.pdf>>.

Consultado el 12/10/2011.

[15] Rapascen Tablero de Control para ascensores (manual) Depto de documentación técnica Caracas. Venezuela. Abril de 2006

[16] Fusibles

<<http://www.cooperbusmann.com/pdf/b1c04ab4-7be6-49b6-8f31-60960c687d4b.pdf>>. Consultado el 12/09/2011.

[17] Fusibles < <http://www.tltimmermann.cl/productos.php?cat=403>>. Consultado el 12/10/2011.

[18] Relés térmicos

<http://www.monterosa.com.ar/mproducto/Apendice1_ProteccionMotores.htm>.

Consultado el 12/09/2011.

[19] Relés térmicos para contactores Serie 3SR8 (catalogo) TBCIN

[20] Coservicios

<<http://bdigital.eafit.edu.co/PROYECTO/P620.0042CDA174D/marcoTeorico.pdf>>

Consultado el 24/09/2011.

[21] Interruptores Cutler Hammer

<<http://natyo.co.ve/breaker-cutler-hammer-fi-225.htm>>. Consultado el 12/05/2011.

[22] Interruptores Weg

<<http://www.weg.net/files/products/WEG-interruptores-mdw-dwp-rdw-siw-spw-50022713-catalogo-espanol.pdf>>. Consultado el 12/05/2011.

[23] Mario Guillermo Macri, Control de velocidad de motores de corriente continua, Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ingeniería Depto. de Ingeniería Eléctrica Rosario, Argentina. Agosto de 1.998

[24] Revista Puntos de vista, Sistemas Motrices Eléctricos en Ascensores, Carlos Lagos A, Heavenward Ascensores S. A. Chile. 1980

[25] Adsur. Motores <<http://www.adsur.com.ar/manuales/M-137.pdf>>. Consultado el 12/10/2011.

[26] Alexander B. Montilla, Máquinas Eléctricas, Universidad Simon Bolivar, Depto de Tecnología Industrial, Caracas, Venezuela. Agosto 2007

[27] Vittorio Mazzoni, *Calcoli, consumi e risparmi energetici in un ascensore*, SMS

- Sistemi e Microsistemi Srl - Crespellano, Bologna – Italy. Febbraio 2007.
- [28] G. Legnani, M. Tiboni, R. Adamini, D. Tosi, *Meccanica degli Azionamenti Vol. I*, Universit A Degli Studi Di Brescia, Brescia, Italia. 2008.
- [29] Richard White, Electromechanical Elevator, Michigan Street USA. march 2007.
- [30] Víctor M. Gordillo Pérez. *Automatización de tres ascensores*, (Tesis). Universitat Rovira I Virgili. Tarragona. Barcelona. España 2002.
- [31] Massimo Callegari, *Dimensionamento di massima della trasmissione di un ascensore elettrico per il trasporto di persone*, Corso di Meccanica delle macchine automatiche A. A. 2008-2009, Università Politecnica delle Marche Facoltà di Ingegneria Ancona. Italia.
- [32] Arthur E.Fitzgerald Electric Machinery Sixth Edition 2003 Mc Graw Hill (libro)
- [33] Roberto Chientaro, Motori Asincroni per L' Automazione Industriale, (Tesis). Universita A Degli sturdy di Padova, Facolta di Ingegneria, Dipartimento di Innovazione Meccanica e Gestionale, Padova, Italy. 2009.
- [34] Permagsa Home Elevator Traction Lift Solutions (Separata) Navarra. España. 2007.
- [35] L Taponecco, Mecatronica Azionamenti asincroni, Università di Pisa - Facoltà di Ingegneria Dipartimento di Sistemi Elettrici e Automazione, Italia 2009
- [36] Resistencias de frenado <<http://es.scribd.com/doc/47979011/dynamic-braking-resistors>> Consultado el 25/05/2011.
- [37] A. Bathia, Building Elevator Systems, Continuing Education and Development, Inc. 9 Greyridge Farm Court Stony Point.New York USA. september 2004.
- [38] Janovsky Ludomir *Elevator Mechanical Design: Principles and concepts*. Ellis Horwood Limited. University of Chichester 1987 Reino Unido
- [39] Allen Bradley, Comprehensive Guide to Understanding Motor Fundamentals, Rockwell Automation USA. December 1998.
- [40] Duan Su Zhen, Application Solution Collection of INVT CHV190 Series Frequency Inverters in the Crane Industry, Light Industry, Shenzhen, Guangdong.China. September 26 2009

[41] El Masri Sharif, Desarrollo de un Sistema de Control para mantener la velocidad tangencial de un carrete de enrollado de textiles. Tesis Universidad Central de Venezuela. Caracas Venezuela 2007

BIBLIOGRAFÍA

Tesis

Garrido Girón Ignacio. *Maqueta de ascensor para la realización de prácticas por internet*, (Tesis).---Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. España 2003.

Víctor M. Gordillo Pérez. *Automatización de tres ascensores*, (Tesis).--- Universitat Rovira I Virgili. Tarragona. Barcelona. España 2002.

Yenny Sharina Bustamante Puccini. *Sistema automatizado de soporte a la decisión en el mantenimiento correctivo y preventivo de ascensores eléctricos y oleodinámicos*, (Tesis).---Universidad de los andes. Mérida. Venezuela 2008.

Juan Guillermo Cruz de León. *Consideraciones en el mantenimiento de un edificio de apartamentos para su funcionamiento*, (Tesis).--- Universidad de san Carlos de Guatemala. Managua. Guatemala.2004.

José Andrés Galiano Hernández. *Instalación de un transporte vertical (ascensor de tracción)*, (Tesis).---Escuela Politécnica Nacional. Quito. Ecuador 2010.

Rafael Aguilera Sánchez. *Diseño de la maniobra y el control de un sistema elevador*, (Tesis).---Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. España 2007.

Cesáreo Pérez Otero. *Realización de un entorno didáctico de simulación de procesos discretos. Control por medio de autómatas Siemens S7-300 y simulador siemens S7 PLCSIM*, (Tesis).---Universidade de Vigo. Vigo, España 2003.

Barahona Zarco A. *Sistema de elevación para edificios de espacio reducido*, (Tesis).- Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona. España 2011.

Normas

1. IEC 60947-2 *Interruptores automaticos para CA con tensión nominal no superior a 1000 V CA y para corriente directa no mayores a 1500 V CD*.2008.

2. IEC 60947-4 *Aparatos de baja tensión-Parte 4 contactores y arrancadores.*2005.
3. NTP-IEC 60898-1 2004 *Interruptores automáticos para protección en instalaciones domésticas y similares Parte I* Lima Perú 2004
4. COVENIN 621.1: 2002. *Código Nacional para ascensores de pasajeros. Parte I: requisitos de seguridad para la construcción e instalación de ascensores eléctricos de pasajeros.* Venezuela 2002.
5. COVENIN 2294-85 *Máquina de tracción con engranajes para ascensores.*1985.
6. COVENIN 2241-90 *Sistema de llamada preferencial en ascensores para uso de bomberos.* Venezuela 1990.
7. UNE-EN-81-1 *Normas de seguridad para la construcción e instalación de los ascensores. Parte 1. Ascensores eléctricos.* AENOR, España 1998.
- 8.- NOM-Norma Oficial Mexicana 053-SCF1-2000-Elevadores Eléctricos de tracción para pasajeros y carga-Especificaciones de seguridad.2000.

Libros

Irving L Kosow Control de máquinas eléctricas revert. 1977.

Antonio Miravete Transporte Vertical Servicio de Publicaciones Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza. 1996.

Antonio Miravete Elevadores Principios e Innovaciones Servicio de Publicaciones Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza. 2007.

Alexander Bueno, Controladores de Potencia Universidad Simón Bolívar. 2011

Elwe Technick Automatizaciòn, Màquina eléctricas Electronica de Potencia, Schandelah, Alemania 2005.

Agustín Gutierrez P. Teoría y Análisis de máquinas eléctricas Universidad Nacional de Ingeniería Lima Perú Ediciòn 2002

Arthur E.Fitzgerald Electric Machinery Sixth Mc Graw Hill Edition 2003.

Artículos

Facara Federación de Asociaciones y Cámaras de Ascensores de la República Argentina *I Congreso de Tráfico Vertical.* Argentina 2009.

Revista del ascensor N°. 102, Publicación internacional independiente Argentina. Octubre 2009.